UNIVERSIDAD DE PIURA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL PIRHUA

ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE, TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES-DV. SULLANA

Giomar Erick Romero Rojas

Piura, 12 de Marzo de 2012

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Marzo 2012

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

U N I V E R S I D A D D E P I U R A

F A C U L T A D D E I N G E N I E R Í A



“Estudio del ahuellamiento en la Carretera IIRSA NORTE, Tramo 6, Sector óvalo Cáceres – Dv. Sullana”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Giomar Erick Romero Rojas

Asesor: Ing. Jorge Timaná Rojas

Piura, Enero 2012

A Dios,
a la Virgen María Auxiliadora,
y a mis padres.

Prólogo

El ahuellamiento de los pavimentos asfálticos consiste en el deterioro gradual de la superficie y se manifiesta como una depresión bajo las bandas de circulación vehicular.

El presente estudio nace como iniciativa de investigar las causantes del problema del ahuellamiento específico que se ha presentado en parte de la Carretera IIRSA Norte, Tramo 6, Sector Óvalo Cáceres – Desvío Sullana; de tal manera de identificar los factores que pudieron haber influido en la generación de la deformación permanente en el asfalto en dicha zona específica.

Como parte del estudio, se ha puesto en práctica una metodología para encontrar las causas y/o condicionantes. Así, se ha podido evaluar los factores relacionados con el tráfico y el clima, así como las propiedades de los suelos y materiales; determinar si las causas obedecen a un fenómeno localizado en la superficie de rodadura o si son una consecuencia de la consolidación del suelo de fundación; determinar si el origen es constructivo, de diseño y/o asociado a las condiciones del sector. Todo esto es importante porque permitirá mostrar y evidenciar el comportamiento de pavimentos flexibles en carreteras con características semejantes al Sector "Óvalo Cáceres – Desvío Sullana", así como proponer alternativas de solución para corregir el problema presentando en el sector en estudio y para otros proyectos viales de similares características.

Agradezco a mi asesor Ing. Jorge Timaná Rojas, Director del Programa Máster Civil de la UDEP y Catedrático de esta misma casa de estudios, por el apoyo e información proporcionada. Asimismo, un agradecimiento muy especial al Ing. Ronny Loor y Ing. Antonio Reyes, Director de Inversiones y Gerente de Operación y Mantenimiento en la Concesionaria IIRSA NORTE, respectivamente, por el acceso a la información proporcionada por la empresa, y por el incentivo constante durante el periodo de investigación y elaboración de esta tesis.

Finalmente, también agradezco de manera personal a los ingenieros quienes me han liderado durante el desarrollo de la tesis, Rodrigo Lovato, Cristian Jaña y Miguelangel Canturin, pues fueron quienes me impulsaron y apoyaron incondicionalmente durante este proyecto; asimismo, agradecimientos a los profesionales que laboran en ODEBRECHT (proyecto IIRSA NORTE), que de alguna manera aportaron al desarrollo de esta investigación.

Índice general

Prólogo

Resumen

Índice general

Índice de Tablas

Índice de Figuras

Introducción

Capítulo 1: Marco Teórico 3

1.1. Ahuellamiento 3

1.1.1. Definición de ahuellamiento 3

1.1.2. Tipos de ahuellamiento 3

1.1.3. Causas del ahuellamiento 4

1.2. Metodología SUPERPAVE 8

1.2.1. Generalidades 8

1.2.2. Diseño de Mezclas SUPERPAVE 10

1.3. Método de Evaluación Superficial de pavimentos asfálticos (*PAVEMENT CONDITION INDEX* – PCI) 11

1.3.1. Condición del pavimento 12

1.3.2. Causas de fallas 14

1.4. Conceptos de la teoría de Flujo Vehicular 14

1.4.1. Modelos de flujo vehicular 15

1.4.2. Método del Observador Móvil 20

Capitulo 2: Problema en estudio: Ahuellamiento 25

2.1. Antecedentes del proyecto 25

2.2. Antecedentes del tramo en estudio 27

2.3. Ubicación del tramo 28
2.4. Características climatológicas del tramo 32
2.5. Características del Tráfico Vehicular de Diseño (2006) 32
2.6. Caracterización de Suelos y pavimentos - Etapa de Diseño de refuerzo (2006) 33
2.7. Estado actual y problemática 34
2.8. Hipótesis de trabajo 35

Capitulo 3: Evaluación del pavimento 37
3.1. Alcances generales 37
3.2. Determinación del Índice de Condición del Pavimento 38
3.3. Estudio de Tráfico 38
3.3.1. Volumen de tráfico 39
3.3.2. Número de Ejes Equivalentes de Carga (EAL's) 40
3.3.2.1 Corrección por presiones de inflado 41
3.3.2.2. Cálculo de EAL's 43
3.3.3. Censo de cargas vehiculares 43
3.3.4. Medición de Velocidad de tráfico 44
3.3.5. Medición del flujo vehicular. Método del Observador Móvil. 44
3.3.6. Encuestas Origen - Destino 45
3.4. Monitoreo de la temperatura 47
3.4.1. Temperatura ambiente 47
3.4.2. Temperatura del pavimento 47

Capitulo 4: Análisis de datos y resultados 49
4.1. Alcances generales 49
4.2. Evaluación Funcional del pavimento (Febrero, 2009) 49
4.3. Evaluación Estructural del pavimento(Febrero, 2009) 56
4.4. Determinación del Índice de Condición del Pavimento (Setiembre, 2010) 61
4.4.1. Medición de ahuellamientos 61
4.4.2. Determinación del PCI 74
4.5. Estudio de Tráfico (Setiembre, 2010) 82
4.5.1. Determinación de volúmenes de tráfico 82
4.5.2. Determinación del Índice medio diario anual (IMDA) 84

4.5.3. Clasificación vehicular 90
4.5.4. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes (EAL's) 99
4.5.4.1. Corrección por presiones de inflado 99
4.5.4.2. Cálculo de EAL's 101
4.5.5. Determinación de los espectros de carga 106
4.5.6. Determinación de la velocidad de tráfico (medición directa) 109
4.5.6.1. Estación de Ex-peaje (Km -0+370) 109
4.5.6.2. Estación de Terminal Pesquero (Km -2+120) 111
4.5.6.3. Estación Av. Chulucanas (Km -3+040) 113
4.5.7. Análisis del problema de congestión vehicular 115
4.5.7.1. Primer tramo de análisis: Ex-Peaje – Avenida Chulucanas 116
4.5.7.2. Segundo tramo de análisis: Óvalo Cáceres - Avenida Chulucanas 119
4.5.8. Estudio de capacidad y nivel de servicio 122
4.6. Evaluación de las temperaturas (Setiembre, 2010) 126
4.6.1. Análisis histórico de temperaturas ambiente 126
4.6.2. Temperaturas en el pavimento 126
4.7. Evaluación de los materiales (Octubre, 2010) 132
4.7.1. Mezcla asfáltica en caliente (MAC) 132
4.7.1.1. Evaluación del tipo de asfalto requerido 132
4.7.1.2. Ensayos a muestras asfálticas 143
4.7.1.3. Granulometría de la mezcla asfáltica 147
4.7.2. Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) 148

Conclusiones 149
Recomendaciones 151
Bibliografía 161
Anexos 165

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Tipos de Grado asfáltico según especificación SUPERPAVE..... 9
Tabla 1.2. Clasificación de estado del pavimento – Método PCI..... 12
Tabla 1.3. Tipo de Fallas consideradas según Método PCI 13
Tabla 1.4. Tipo de fallas en pavimentos flexibles..... 14
Tabla 2.1 Tramos de la Carretera IIRSA Norte..... 26
Tabla 2.2. Sub-tramos individuales de la Carretera IIRSA Norte..... 28
Tabla 3.1. Formato de Encuesta Origen - Destino 46
Tabla 4.1. Valores de IRI MD y PSI, Pista 1..... 50
Tabla 4.2. Valores de IRI MD y PSI, Pista 2..... 51
Tabla 4.3. Valores de IRI MD y PSI, Pista 3..... 52
Tabla 4.4. Valores de IRI MD y PSI, Pista 4..... 53
Tabla 4.5. Cálculo del Refuerzo Requerido para un Tráfico de 10 Millones de EAL'S..... 61
Tabla 4.6. Mediciones parciales en el carril derecho, entre km -1+850 y km -2+950 Abril 2010 64
Tabla 4.7. Medición de los ahuellamientos en el tramo de estudio. Setiembre, 2010..... 65
Tabla 4.8. Tipo de intervenciones según el Método de PCI..... 75
Tabla 4.9. Resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el Sector en estudio. 76
Tabla 4.11. Resumen de volúmenes de tráfico en Estaciones 03 y 04. 82
Tabla 4.12. Porcentaje de vehículos pesados en Estaciones 01 y 02..... 83
Tabla 4.13. Porcentaje de vehículos pesados en Estaciones 03 y 04..... 83
Tabla 4.14. Porcentajes promedio de vehículos pesados (%HV) en cada estación..... 83
Tabla 4.15. Índice diario medio Anual (IMDA)..... 84
Tabla 4.16. Resumen de IMD proyectado para el año 2005– Proyección MTC..... 84

Tabla 4.17. Resumen de IMD proyectado para el año 2010 – Proyección MTC 85
Tabla 4.18. IMDA y porcentaje de vehículos pesados (HV) para cada estación..... 85
Tabla 4.19. Detalle de conteo vehicular. Estación de ex-peaje..... 86
Tabla 4.20. Detalle de conteo vehicular. Estación fábrica textil..... 87
Tabla 4.21. Detalle de conteo vehicular. Estación Proyecto Chira - Piura 88
Tabla 4.22. Detalle de conteo vehicular. Estación Club de Tiro..... 89
Tabla 4.23. Relación entre la Clasificación vehicular del FHWA y..... 90
la clasificación vehicular peruana (DS N° 058-2003-MTC)..... 90
Tabla 4.24. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 01 91
Tabla 4.25. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 02 92
Tabla 4.26. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 03 93
Tabla 4.27. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 04 94
Tabla 4.28. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 01 95
Tabla 4.29. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 02 96
Tabla 4.30. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 03 97
Tabla 4.31. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 04 98
Tabla 4.32. Clasificación predominante en las cuatro estaciones de conteo..... 99
Tabla 4.33. Presión de inflado promedio, presión de contacto y Factor de ajuste por eje 100
Tabla 4.34. LEF promedio por eje y Factor Camión (TF) 101
Tabla 4.35. Ejes equivalentes en estación Ex peaje 102
Tabla 4.36. Ejes equivalentes en estación Fábrica Textil 103
Tabla 4.37 Ejes equivalentes en estación Proyecto Chira Piura 104
Tabla 4.38. Ejes equivalentes en estación Club de Tiro..... 105
Tabla 4.39. Cuadro resumen carga media por eje por cada tipo de vehículo pesado 107
Tabla 4.40. Resumen de las características del flujo vehicular en los tramos analizados 122
Tabla 4.41. Nivel de Servicio para vías Urbanas. 123
Tabla 4.42. Categoría funcional de la vía..... 124
Tabla 4.42. Categorías funcionales y de diseño 124
Tabla 4.44. Niveles de servicio para el tramo analizado..... 125
Tabla 4.45. Especificaciones para la selección del tipo de cemento asfáltico asfalto..... 132
Tabla 4.46. Temperaturas Ambiente Máxima y mínima desde el año 1999 al 2009, según
metodología *Superpave* 134
Tabla 4.47. Resumen cálculo de PG del cemento asfáltico en el sector en estudio. 142
Tabla 4.48. Granulometría de la Combinación de Agregados 147

Índice de Figuras

Figura 1.1. Modelo reológico del comportamiento de materiales viscoelásticos 4
Figura 1.2. Granulometría para tráfico pesado y moderado. Banda Superpave TM 19 6
Figura 1.3. Variación de densidad y contenido de vacíos en la mezcla asfáltica 7
Figura 1.4. Esquema de relación lineal entre la densidad y la velocidad 16
Figura 1.5. Relación lineal velocidad – densidad 17
Figura 1.6. Relación densidad – flujo 18
Figura 1.7.Relación Velocidad Flujo 19
Figura 1.8. Relación tridimensional de variables básicas del flujo vehicular 20
Figura 1.9. Esquema del método del observador móvil 21
Figura 2.1. Esquema de los tramos del Eje Multimodal del Amazonas Norte 26
Figura 2.2. Ubicación del tramo en estudio 30
Figura 2.3. Características del tramo en estudio 31
Figura 3.1. Formato típico con datos de conteo y clasificación vehicular 41
Figura 3.2. Factores de ajuste para el cálculo de EAL 42
Figura 4.1. Numeración de Pistas según APSA 53
Figura 4.2. Niveles del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del pavimento 53
Figura 4.3. Valores de IRI_{100} promedio, Febrero 2009 54
Figura 4.4. . Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento. Febrero 2009 55
Figura 4.5. Gráfico de las deflexiones máximas (sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana) 57
Figura 4.6. Módulo Resiliente del suelo de fundación (Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana) 58
Figura 4.7. Número Estructural Efectivo del Pavimento (Método AASHTO 1993) 59
Figura 4.8. Correlación MR AASHTO 1993 (APSA) versus MR YONAPAVE 60
Figura 4.9. Mediciones para el monitoreo de ahuellamientos. Febrero, 2009. 62
Figura 4.10. Mediciones para el monitoreo de ahuellamientos. Abril, 2010 63

Figura 4.11. Medición para el Monitoreo de Ahuellamientos en el sector en estudio, Carril Izquierdo..... 70
Figura 4.12. Medición para el Monitoreo de Ahuellamientos en el sector en estudio, Carril Derecho. 71
Figura 4.13. Comparación de Ahuellamientos en Carril Izquierdo-H, Abr'10 vs.Set'10... 72
Figura 4.14. Comparación de Ahuellamientos en Carril Izquierdo-HI, Abr'10 vs.Set'10 . 73
Figura 4.15. Representación gráfica de los valores de PCI calculados..... 81
Figura 4.16. Porcentajes de cada tipo de vehículo pesado, Clasificación FHWA 106
Figura 4.17. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C3..... 108
Figura 4.18. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T2S1*..... 108
Figura 4.19. Histograma de Frecuencias de velocidades puntuales, estación Ex-Peaje. Sentido Oeste - Este 109
Figura 4.20. Curva de frecuencia acumulada de velocidades puntuales, estación Ex-peaje. Sentido Oeste – Este..... 110
Figura 4.21. Histograma de frecuencias de velocidades puntuales, estación Ex-peaje. Sentido Este - Oeste 110
Figura 4.22. Curva de frecuencia acumulada de velocidades puntuales, estación Ex-peaje. Sentido Este-Oeste. 111
Figura 4.23. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Oeste - Este..... 111
Figura 4.24. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Oeste – Este. 112
Figura 4.25. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Este a Oeste 112
Figura 4.26. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Este. - Oeste..... 113
Figura 4.27. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Oeste a Este..... 113
Figura 4.28. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Oeste - Este..... 114
Figura 4.29. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Este a Oeste..... 114
Figura 4.30. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Este a Oeste. 115

Figura 4.31. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida 116
Figura 4.32. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido ida 117
Figura 4.33. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido ida 117
Figura 4.34. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida..... 117
Figura 4.35. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta 118
Figura 4.36. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido ida 118
Figura 4.37. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido vuelta 118
Figura 4.38. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta..... 119
Figura 4.39. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida 119
Figura 4.40. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido ida 120
Figura 4.41. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido ida 120
Figura 4.42. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida..... 120
Figura 4.43. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta 121
Figura 4.44. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido vuelta 121
Figura 4.45. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido vuelta 121
Figura 4.46. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta..... 122
Figura 4.47. Correlación Temperatura Máxima del Pavimento (a 20 mm) vs. Temperatura Ambiente 127
Figura 4.48. Variación horaria de temperatura de ambiente, día 14/09/10 129
Figura 4.49. Variación horaria de temperaturas ambiente, día 15/09/10 130
Figura 4.50. Distribución de la temperatura del pavimento con respecto a la profundidad, día 15/09/2010 131
Figura 4.51.Confiabilidad de la temperatura máxima de diseño - Piura 135
Figura 4.52. Variaciones de las Temperaturas del Aire - Piura..... 135
Figura 4.53. Temperaturas Máximas Ambientales en Piura 136
Figura 4.54. Variación de las Temperaturas Altas y bajas del Pavimento 139
Figura 4.55. Grados de Performance para 50% y 98% de Confiabilidad..... 139
Figura 4.56. Croquis de ubicación de calicatas 144
Figura 4.57. Etapas del proceso de evolución del ahuellamiento..... 145
Figura 4.58. Relación Espesor de capa, Vacíos Post-construcción y ahuellamiento 146

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo es investigar las causas que puedan explicar las deformaciones permanentes que progresivamente se han producido sobre la capa asfáltica del pavimento del Tramo 6 de la Carretera IIRSA NORTE, específicamente en el sector Óvalo. Cáceres – Dv. Sullana.

Para hallar el origen del problema presentado, se realizó principalmente un estudio de temperaturas del asfalto y del medio ambiente, estudio de tráfico (conteo vehicular, congestión vehicular y cargas), análisis de los suelos y asfalto, cálculo del índice de condición del pavimento y una revisión de la data histórica del tramo (propiedades del pavimento); todo ello en un sector que presenta condiciones y entorno muy específicos.

Luego del análisis de resultados, se concluye que el problema del ahuellamiento ha tenido un incremento acelerado debido a tres factores externos: sobrecargas en ejes de vehículos pesados, velocidades bajas por elementos de control de tránsito y el cemento asfaltico que no satisface las condiciones climáticas del proyecto. Finalmente, se recomiendan criterios de diseño que deberían tomarse en cuenta para el diseño de un pavimento flexible en nuestro país.

Introducción

La mezcla asfáltica en el pavimento flexible está sujeta a múltiples acciones que disminuyen su vida útil a lo largo del tiempo. Estas acciones son entre otros el tráfico y el clima. Los daños producidos en las carpetas asfálticas que han sido identificados, son conocidos como deformaciones permanentes (ahuellamiento), grietas por fatiga y grietas por temperatura. Todos estos daños están *comúnmente* asociados en mayor escala a las características finales de la mezcla asfáltica y a las características constitutivas de la misma.

Resulta importante analizar, desde un punto de vista histórico y técnico, por qué el fenómeno del ahuellamiento se ha presentado en los últimos años y en proyectos con altos estándares de calidad de construcción y si realmente las deformaciones permanentes, son solamente efecto de problemas de diseño y construcción de una mezcla asfáltica

El presente trabajo se basa en la necesidad de estudiar, analizar y determinar las causas del problema del ahuellamiento en el pavimento asfáltico de la carretera Piura – Paita, sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana, tramo que es parte de la Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte– IIRSA NORTE, desde el año 2006. El presente trabajo se ha seccionado en seis capítulos, que se describen a continuación:

En el primer capítulo se desarrolla brevemente el concepto del ahuellamiento y sus posibles tipos y fallas. Asimismo, se desarrollan los términos referenciales de la Metodología SUPERPAVE, la metodología de Evaluación superficial de pavimentos asfálticos (Método PCI) y la teoría del flujo vehicular. El segundo, indica los antecedentes del proyecto, así como su ubicación y características del pavimento y del entorno. Además, se define el estado actual y problemática y se proponen las hipótesis de falla.

En el tercer capítulo se desarrolla la evaluación general del pavimento (método PCI), el estudio de tráfico y censo de cargas, monitoreo de temperaturas en el pavimento, entre otros. En el cuarto, muestra el análisis de datos y resultados de las actividades que hacen parte del estudio y los que son producto de la revisión bibliográfica del proyecto.

Por último, se formulan las conclusiones y recomendaciones del origen del ahuellamiento en el sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana, determinando las causas de la aparición de este fenómeno, evidenciando una metodología de evaluación que puede seguirse en el futuro en cualquier carretera. Finalmente se proponen criterios de evaluación que deberían ser tomados en cuenta para el diseño de un pavimento asfáltico en otros proyectos viales de similares características que el tramo evaluado. Como anexos se presenta el conjunto de información recopilada para la elaboración del presente trabajo.

Capítulo 1

Marco Teórico

1.1.Ahuellamiento

1.1.1.Definición de ahuellamiento

El ahuellamiento es un tipo de defecto o falla que se produce en pavimentos asfálticos, cual consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos. Se produce en pavimentos asfálticos sometidos a una combinación de elevados niveles de tránsito, tráfico pesado y/o lento y altas temperaturas de servicio[1].

Se desarrolla gradualmente y aparece como una depresión continua en las bandas de circulación de los neumáticos, dificultando la maniobrabilidad de los vehículos y ocasionando una disminución en la seguridad[2].

1.1.2.Tipos de ahuellamiento

El ahuellamiento se puede clasificar de acuerdo al origen de las deformaciones producidas: deformaciones de la mezcla asfáltica de superficie o deformaciones en capas subyacentes.

Ahuellamiento en la capa asfáltica.

El efecto se presenta en los primeros 7 a 10 cm de mezcla más cercanos a la superficie (Brown, Cross, 1992). La mezcla asfáltica bajo esta profundidad se encuentra aislada térmicamente y además está sometida a esfuerzos menores que las capas superiores. Este tipo de ahuellamiento es independiente del diseño estructural del pavimento.

Ahuellamiento producido en capas subyacentes.

En este caso las causas pueden ser, principalmente, una mala compactación de las bases granulares o tensiones de trabajo mayores a las tensiones admisibles en la subrasante. Es decir, las causas en este caso son de tipo constructivo o de diseño estructural del pavimento.

---

[1] Thenoux Z., Guillermo; Carrillo O., Héctor. Análisis de casos de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas chilenas.Santiago, Chile. 2002

[2] Páez, Diego; Pereira, Henry. Estudio de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas. Universidad. De los Andes. Bogotá, Colombia 2001.

El perfil transversal de la deformación es diferente en cada caso (ahuellamiento de la mezcla o de capas inferiores) y es relativamente fácil de distinguir para un profesional con experiencia. En cierta bibliografía se suele utilizar la palabra “ahuellamiento” (*rutting* en inglés) para referirse a la deformación plástica de la mezcla asfáltica y la palabra “deformación” para referirse a las deformaciones por tensiones de las capas subyacentes.

El ahuellamiento de la capa asfáltica ocurre por la acumulación de pequeñas deformaciones plásticas de la mezcla que ocurren cada vez que se aplica una carga sobre el pavimento. El asfalto (y por ende la mezcla) exhibe un comportamiento viscoelástico a temperaturas de servicio, es decir, las deformaciones que presenta ante cargas corresponden a una combinación entre deformación plástica (o viscosa) y elástica. La componente elástica de la deformación se recupera, mientras que la componente plástica se acumula. Este efecto se muestra en la Figura 1.1, que muestra el modelo reológico de un material viscoelástico desarrollado por Maxwell[3] y las componentes de deformación ante un ciclo carga - descarga.

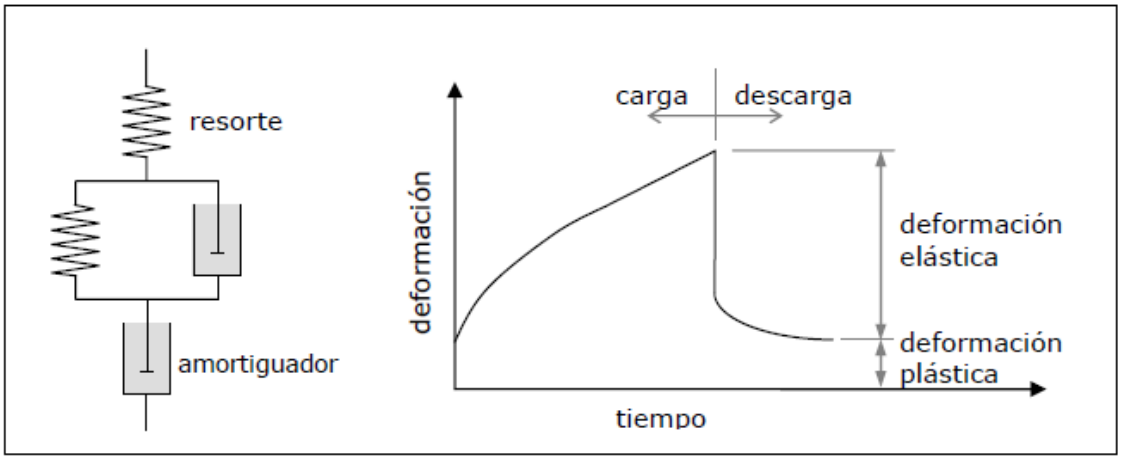


Figura 1.1. Modelo reológico del comportamiento de materiales viscoelásticos

En la metodología del diseño racional, el análisis se enfoca al deterioro que sufre la estructura de pavimento a causa de la fatiga, dejando de lado la deformación vertical permanente que se produce en las capas asfálticas. Por esta razón, es importante investigar los parámetros que generan el ahuellamiento, estableciendo una tendencia de deformación irrecuperable para los materiales que componen el pavimento y en especial para la capa de rodadura.

1.1.3.Causas del ahuellamiento

En condiciones normales de operación, las deformaciones producidas por el tránsito son reducidas; ninguna deformación es despreciable, por más pequeñas que sean siempre se van acumulando y al final se traduce en deformaciones observables. Sin embargo existen factores que tienden a aumentar la magnitud de deformación de la mezcla asfáltica y eventualmente producen ahuellamiento. Estos factores, que normalmente actúan en conjunto, están relacionados al clima (altas temperaturas), al tráfico (cargas pesadas y velocidades de circulación bajas), la susceptibilidad térmica del asfalto, entre otros.

[3] El modelo de Maxwell representa el comportamiento de las sustancias viscoelásticas como una combinación en serie de un muelle y un pistón.

Altas temperaturas

El ahuellamiento generalmente se produce en verano, dado que las temperaturas altas aumentan el componente plástico de deformación de la mezcla asfáltica, por lo tanto aumentan las deformaciones remanentes. En ocasiones el ahuellamiento se puede producir en forma parcial en dos o tres estaciones de verano consecutivos (definir claramente los intervalos de tiempo que se consideran para dicha estación).

Cargas pesadas

Las cargas pesadas aumentan la magnitud de las deformaciones y por lo tanto aumentan la velocidad de deformación de la mezcla.

Circulación a bajas velocidades

El tráfico lento disminuye la rigidez del asfalto, por lo que aumenta la componente plástica de deformaciones, es decir, se produce un efecto equivalente a un aumento de la temperatura de servicio. Por otro lado, la circulación a bajas velocidades incrementa el tiempo de aplicación de la carga, haciendo con que el pavimento asfáltico trabaje bajo condiciones de operación extremas.

Por otra parte una mezcla asfáltica puede ser más o menos resistente a las deformaciones, en función de una serie de factores de diseño, como tipo de asfalto, propiedades del agregado y parámetros de dosificación. A continuación también se explican brevemente cada uno de estos factores.

Efecto del Tipo de Asfalto

La selección del ligante asfáltico debe hacerse principalmente en base al clima, sin embargo también influyen factores de proyecto, como el nivel de tránsito y las velocidades de circulación. Es por ello que en la actualidad se considera que las especificaciones de los cementos asfálticos por penetración *no son suficientes para garantizar un buen desempeño del asfalto*. El sistema SUPERPAVE ha propuesto una solución al tema de la selección del grado asfáltico mediante una especificación basada en el comportamiento. Así es posible seleccionar un asfalto de acuerdo a las condiciones específicas del proyecto, de acuerdo al grado “PG XX YY”, que determina el rango de temperaturas de desempeño adecuado del asfalto.

Efecto del agregado

Granulometría

Las mezclas tradicionales se producen en base a granulometrías continuas o densas. Estas mezclas, en condiciones extremas de servicio, pueden ser susceptibles de ahuellarse o deformarse.

Recientes investigaciones indican que para que una mezcla sea resistente al ahuellamiento, debe existir un contacto íntimo entre las partículas gruesas, más resistentes y de mayor

fricción interna. El mismo concepto es aplicado en las Mezclas SMA[4] (*Stone Mastic Asphalt* o *Stone Matrix Asphalt*). La cantidad de agregado de menor tamaño debe ser tal que pueda ser colocado en el espacio que dejan los agregados más gruesos, sin interferir en su contacto interpartícula y así sucesivamente con los tamaños más finos.

La Figura 1.2 muestra la banda SUPERPAVE TM 19 (tamaño máximo 19 mm, en formato SUPERPAVE). La recomendación de diseño es que a medida que el tráfico aumenta, la granulometría se acerque al límite inferior de la banda en los tamaños finos (partículas pasantes a partir de la malla 4,75 o 2,36 mm). Cuando hay un exceso de arenas de tamaño medio, la mezcla puede ser inestable en condiciones extremas de servicio. Esto produce una deformación paulatina de la mezcla y un reacomodo interno de las partículas, acercándose unas a otras. Cuando las partículas gruesas quedan en contacto, de modo que proveen suficiente fricción interna, las deformaciones unitarias de compresión se hacen muy pequeñas.

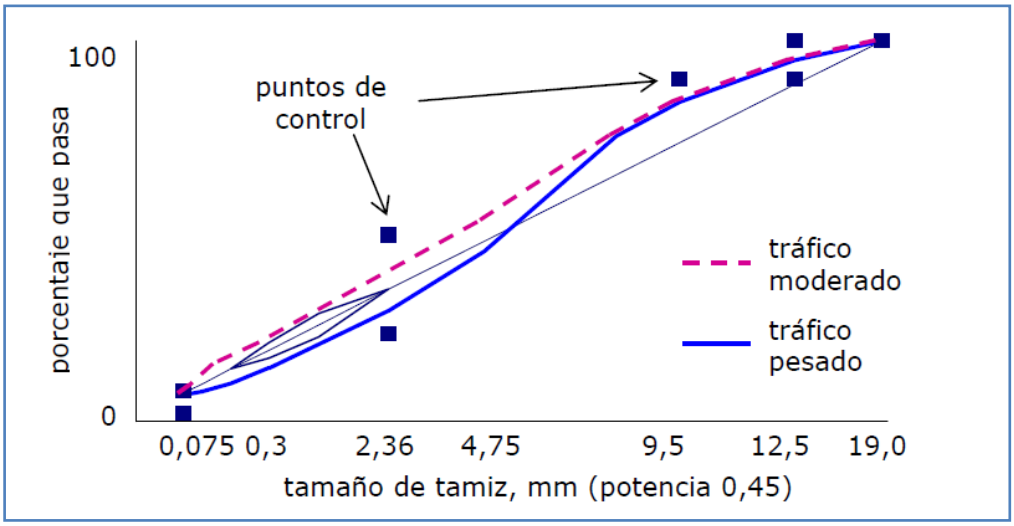


Figura 1.2. Granulometría para tráfico pesado y moderado. Banda Superpave TM 19
Fuente: Análisis de casos de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas Chilenas.Santiago, Chile. 2002

Forma y Textura

Tanto la forma como la textura son propiedades que tienen que ver con el origen del agregado. Las partículas rodadas obtenidas de depósitos fluviales normalmente tienen una textura lisa y una forma redondeada, por lo que no son adecuadas para producir mezclas asfálticas, puesto que no proveen suficiente fricción interna para resistir las cargas. Las partículas que se obtienen en plantas de chancado tienen forma angulosa y textura rugosa, producto de la trituración mecánica. Estas partículas proveen grandes fricciones internas que las hacen adecuadas para producir mezclas asfálticas resistentes al ahuellamiento.

[4] *Stone Mastic Asphalt* (SMA): mezcla de asfalto en caliente que consiste de dos partes: un esqueleto de árido grueso y un mortero aglutinante. Se compone de una mezcla de agregados triturados grueso y fino, relleno mineral, cemento asfáltico y un estabilizador de la carpeta, como los polímeros y fibras.

Propiedades Volumétricas de la mezcla

Numerosos informes de investigación, así como textos de estudio, concuerdan que el contenido de vacíos es, por sí solo, uno de los parámetros de desempeño más importante de una mezcla asfáltica.

Existe acuerdo en que el rango adecuado de desempeño de una mezcla se consigue para contenidos de vacíos de 3 a 8 %[5]. Para contenidos de vacíos bajo 3 %, la mezcla es muy propensa a exudar y/o ahuellarse. Por otro lado, para contenidos de vacíos superiores al 8 %, la mezcla puede sufrir excesiva oxidación, agrietamiento prematuro y desintegración. Para determinar el contenido asfáltico óptimo, el criterio de diseño del método Marshall especifica un contenido de vacíos de 3 a 5 %, mientras que el método SUPERPAVE especifica un 4 %. Estos valores se refieren a la condición de la mezcla tras dos a tres años de servicio, una vez que ha sido compactada por el tráfico, como se aprecia a continuación.

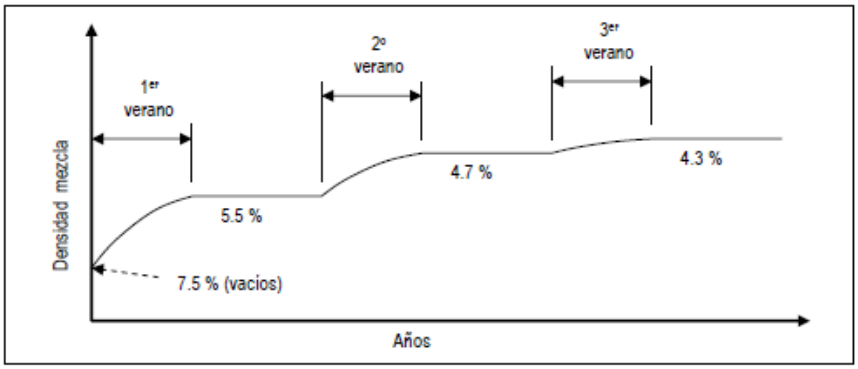


Figura 1.3. Variación de densidad y contenido de vacíos en la mezcla asfáltica
Fuente: Análisis de casos de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas Chilenas. Santiago, Chile. 2002

Por lo tanto, para alcanzar esta condición en terreno, es necesario compactar la mezcla hasta un nivel de vacíos cercano al 8 %, debido a que el tráfico densificará la mezcla hasta su nivel final, en el rango de 3 a 5 %. De este modo, una sobre-compactación de la mezcla, ya sea por error de diseño, exceso de compactación durante la colocación, o por un tráfico pesado no considerado durante el diseño, producirá una disminución en el contenido de vacíos que puede producir el ahuellamiento y/o la exudación de la mezcla.

Otros parámetros volumétricos relacionados con el ahuellamiento y exudación, que involucran al contenido de vacíos, son el VMA (*Voids Mineral Aggregate*) y contenido asfáltico. El VMA, o contenido de vacíos del agregado mineral, es una propiedad que depende del agregado (forma y granulometría) y del contenido asfáltico. Valores de VMA muy bajos pueden indicar que en terreno el asfalto no tendrá suficiente espacio y que por lo tanto podría ahuellarse y/o exudar. Valores de VMA muy altos también se han asociado con el ahuellamiento, ya que se requerirá un mayor contenido asfáltico para cumplir las especificaciones de diseño (FHWA, 2001).

Por otro lado, el contenido asfáltico está relacionado con el contenido de vacíos. La estabilidad Marshall, a pesar de no ser un parámetro relevante en el comportamiento de las mezclas frente al ahuellamiento, muestra cómo afecta el contenido asfáltico al comportamiento mecánico de las mezclas.

[5] Brown, E. R., Cross, S. *A Study of In-Place Rutting of Asphalt Pavements*. Alabama, EE.UU.1989

Hasta cierto valor, la estabilidad aumenta con incrementos en el contenido asfáltico. A partir de dicho valor, la estabilidad de la mezcla disminuye con nuevos incrementos en el contenido asfáltico. Esto se debe al "efecto lubricante" que produce un exceso de asfalto, que reduce el contacto entre las partículas de agregado y por lo tanto disminuye la fricción interna de la mezcla.

En cuanto al efecto del contenido asfáltico sobre la resistencia al ahuellamiento, los estudios realizados en USA indican que el "contenido asfáltico es más incidente en la susceptibilidad al ahuellamiento que el grado asfáltico", aunque es menos importante que el contenido de vacíos (Brown, Cross, 1992).

1.2.Metodología SUPERPAVE

1.2.1.Generalidades

Con un presupuesto que alcanzó los 150 millones de dólares (fondos provenientes de Estados Unidos, Canadá, México y algunos países de Europa), se desarrolló entre octubre de 1987 y marzo de 1993 el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, más conocido por sus siglas en inglés **SHRP** (*Strategic Highway Research Program*). El resultado final de estas investigaciones es un nuevo sistema para la especificación de materiales asfálticos: **el m étodo SUPERPAVE** (***SU****perior* ***PER****forming A sphalt* ***PAVE****ments).*

El sistema SUPERPAVE entrega:

- Nuevas especificaciones para asfaltos
- Nuevas especificaciones para agregados
- Nuevos métodos de diseño de mezclas asfálticas
- Nuevos modelos de predicción del comportamiento

Las nuevas especificaciones para asfaltos y asfaltos modificados desarrolladas por el Programa Estratégico de investigaciones en Caminos SHRP de los EEUU, permiten establecer un sistema de clasificación y selección del ligante en *función de las condiciones climáticas del lugar.* Dichas condiciones expresadas en rangos de tem*p*eraturas de diseño del pavimento permiten calcular las propiedades de flujo y deformación de los ligantes para unas condiciones de carga y temperatura adecuadas al proyecto en cuestión.

Estas especificaciones relacionan las propiedades físicas de los asfaltos con principios ingenieriles de manera que por primera vez se está en condiciones de relacionar características reológicas del ligante con el comportamiento del mismo en servicio, propiedad de suma trascendencia a fin de prever la durabilidad del asfalto.

Las especificaciones tradicionales basadas en ensayos de base empírica (penetración, ductilidad, punto de ablandamiento, viscosidad capilar, etc.) se basan en ensayos realizados a una sola y determinada temperatura cuyo resultado es comparado con un rango determinado por una especificación. Los resultados de los ensayos se comparan con criterios especificados, lo cual tiene como principal desventaja la necesidad de requerir experiencia previa de camino para poder relacionar el ensayo con el comportamiento en servicio. Ello no solo no es posible en muchos casos sino que además puede conducir a serios errores cuando se extrapolan resultados de una región a otra.

En las especificaciones SHRP para ligantes el valor del parámetro es siempre constante pero medido a distintas temperaturas. Con ello se logra que se establezca un valor crítico constante de la propiedad a analizar variando la temperatura del ensayo para la cual el valor es alcanzado. Se especifican así diferentes ligantes para diferentes climas a fin de alcanzar un comportamiento adecuado en todos los climas.

Los ensayos que se realizan en cumplimiento con las nuevas especificaciones SHRP contenidas en el SUPERPAVE se basan en la medición de propiedades fundamentales de los asfaltos, esto es aquellas que pueden relacionar tensiones deformaciones en el material. Los Módulos Complejo y *Stiffness* del asfalto se miden (no se estiman) a las temperaturas de ensayo. Asimismo la deformación a baja temperatura y la viscosidad rotacional a alta temperatura son parte del conjunto de ensayos utilizados.

Con la información de viscosidad rotacional, Módulo Complejo, Módulo *Stiffness* y deformación a la rotura medidas a temperaturas críticas de servicio, se tiene un espectro de características del ligante que permite confiar en ensayos realizados bajo condiciones que simulan tres etapas críticas por las que pasa el asfalto en servicio: deformaciones permanentes, fatiga y fisuración térmica.

Las temperaturas de diseño del sistema de clasificación de asfaltos *Superpave* han sido elegidas en función de los tres mecanismos de falla más importantes ya mencionados. Así se comprobó que las temperaturas más críticas en el rango de altas temperaturas son aquellas máximas temperaturas que se producen en el año durante 7 días corridos. En el caso de las bajas temperaturas se considera como crítica la menor temperatura alcanzada durante el año. En relación con los fenómenos de fatiga se calculan los parámetros a temperaturas intermedias.

Las temperaturas mencionadas son las del aire y se computan para un promedio no menor de 20 años de datos acumulados en las estaciones meteorológicas. Mediante un algoritmo se traducen en temperaturas del pavimento a 20 mm de la superficie, con lo cual se está en condiciones de determinar las propiedades de los asfaltos a dichas temperaturas y para el tránsito estimado.

Los grados asfálticos contenidos en la especificación SUPERPAVE indican las temperaturas superiores e inferiores que los mismos resisten adecuadamente a fin de maximizar la resistencia a deformación permanente, fisuras por fatiga y fisuramiento térmico. Ellos pueden sintetizarse en el siguiente cuadro:

Tabla 1.1. Tipos de Grado asfáltico según especificación SUPERPAVE

Grado Asfáltico	Grado Asfáltico, bajas temperaturas
PG 46	-34,-40,-46
PG 52	-10,-16,-22,-28,-34,-40,-46
PG 58	-10,-16,-22,-28,-34,-40
PG 64	-10,-16,-22,-28,-34,-40
PG 70	-10,-16,-22,-28,-34,-40
PG 76	-10,-16,-22,-28,-34
PG 82	-10,-16,-22,-28,-34

Como puede verse en la Tabla 1.1, para cada temperatura alta existen varias temperaturas bajas que conforman a un grado asfáltico determinado. Así por ejemplo: un PG 46 puede ser PG 46-34, PG 46-40 ó PG 46-46 que significa que resiste hasta los 7 días corridos de 46ºC de temperatura promedio del periodo considerado (mayor que 20 años) y hasta una temperatura mínima de –34ºC, ó –40ºC, ó –46ºC.

Retornando al cuadro de grados asfalticos puede también observarse que los intervalos de temperaturas en el rango de las altas van en incrementos de 6ºC. Ello responde a un cuidadoso estudio realizado por el SHRP en función de las distintas regiones climáticas de los EE.UU. y el Canadá. Se quiso obtener tantos grados como regiones pero al mismo tiempo no incrementar tanto los grados tal que pudiera resultar su fabricación económicamente no conveniente.

Finalmente, la selección del grado de ligante asfáltico en el sistema de clasificación SUPERPAVE se realiza de tres maneras: por área geográfica a través del uso de mapas de temperaturas especialmente diseñados, por temperaturas del aire que luego se convierten en temperaturas del pavimento o bien por temperaturas del pavimento de diseño determinadas por el proyectista. Existe una corrección por tipo de tránsito contemplada dentro del sistema SUPERPAVE con lo cual el asfalto es seleccionado según el clima y el tránsito de la región.

Cabe mencionar que algunos estados de Norteamérica ya han reemplazado el viejo sistema basado en viscosidades por el nuevo desarrollado por el SHRP, tal es el caso del estado de Michigan (EE.UU.) cuyo Departamento de Transporte editará sus especificaciones para caminos reemplazando la tradicional especificación de asfaltos por la nueva creada por SHRP. A manera de ejemplo se cita que han encontrado que el asfalto 85-100 cumple con un grado PG 58-28 del SUPERPAVE.

1.2.2.Diseño de Mezclas SUPERPAVE

El sistema SUPERPAVE presenta 3 diferentes niveles de diseño de mezcla, en todos los cuales se incluye el diseño volumétrico, los niveles son:

- En el nivel 1, basta con aplicar especificaciones granulométricas y controles de tipo volumétrico.

- En el nivel 2, se realizan pruebas basadas en el comportamiento mecánico de las mezclas, para permitir la optimización del diseño de la mezcla para que resista a la deformación permanente y al agrietamiento por fatiga y/o bajas temperaturas. Las pruebas que se ejecutan en este nivel, se enfocan principalmente en proveer una estimación de la cantidad de deformación permanente y agrietamiento que puede ocurrir durante la vida del pavimento.

- En el nivel 3, se emplean pruebas adicionales que permiten una estimación más precisa de la deformación permanente, el agrietamiento por fatiga y baja temperatura.

Para seleccionar el nivel a emplearse en el diseño de mezcla, el tráfico de diseño es el factor que determina el procedimiento de evaluación de las características mecánicas a

seguir para el estudio de la mezcla. Así, en términos de *EAL'S*[6] los criterios para definir el nivel de diseño son:

- Nivel 1, para los tráficos más ligeros (menor o igual a 10^6 EAL's)
- Nivel 2, para tráficos medios (entre 10^6 y 10^7 EAL's.
- Nivel 3, para tráficos pesados (mayor o igual a 10^7 EAL's)

Estadísticamente los niveles 1 y 2 son los mayoritarios en el caso de las carreteras peruanas. Cada uno de los niveles superiores implica la realización de la evaluación correspondiente a los niveles inferiores. De esta forma en todos los niveles existe una parte común que comprende:

- Selección del tipo de asfalto según las especificaciones.
- Comprobación de la calidad de los áridos elegidos
- Definición de la granulometría.
- Análisis de la sensibilidad del agua.

En el caso del Nivel 2 se completa esta primera información con ensayos relativos a:

- Formación de ahuellamiento por deformación plástica
- Fisuración por fatiga
- Fisuración de origen térmico.

En el nivel 3 se amplían los análisis del Nivel 2 realizándolos a varias temperaturas y también mediante otros ensayos complementarios.

Para mayor profundización en este tema, ver el Apéndice A donde se muestra mayor detalle de la Metodología SUPERPAVE.

1.3.Método de Evaluación Superficial de pavimentos asfálticos (*PAVEMENT CONDITION INDEX* – PCI)[7]

El método de evaluación de pavimentos "*Pavement C ondition I ndex - PCI*", fue desarrollado por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado por el cuerpo de Ingenieros de la armada de Estados Unidos en 1978.
El objetivo de este estudio fue desarrollar un Índice de Condición de Pavimentos (PCI) para carreteras y calles para proveer al ingeniero de un método estándar para evaluación de la condición estructural y de la superficie de una sección de pavimento y de un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición de pavimentos.

Entre las características del método de evaluación del PCI, se pueden citar las siguientes:

- Es fácil de emplear
- No requiere de ningún equipo especial de evaluación, el procedimiento es enteramente visual.
- Ofrece buena confiabilidad estadística de los resultados.

---

[6] *Equivalent Single Axle Load*, Eje Equivalente Simple de Carga 80 KN (18,000 lb)
[7] ASTM D6433 – 07 *(Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index)*

- Suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y área afectada.

Los pasos requeridos para la evaluación típica de cada tramo o sección de vía están orientados a:

- Seleccionar un sub-tramo dentro del tramo que represente la condición promedio del pavimento en todo el tramo.
- Determinar el valor del PCI en una sección del sub-tramo. Es importante que la sección seleccionada sea lo más representativa posible de la condición promedio del pavimento en todo el tramo.

El grado de deterioro de un pavimento estará dado en función del tipo de falla, su severidad y de su densidad (% del área afectada)

1.3.1.Condición del pavimento

El PCI califica la condición "integral" del pavimento en base a una escala que varía desde 0 hasta 100. A continuación se muestran los puntos para la calificación del PCI:

100 ⟶ Pavimento en "perfecto" estado.
70 ⟶ Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor.
55 ⟶ Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Condición para corregir fallas fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo "buena" pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje comienza a aumentar.
40 ⟶ Punto en el que pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como "regular" o "aceptable", el deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto "óptimo" de rehabilitación.
0 ⟶ El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera "fallado" y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

La Tabla 1.2 resume la acción a tener en cuenta de acuerdo al valor del PCI calculado para cada vía. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Tabla 1.2. Clasificación de estado del pavimento – Método PCI

PCI	Estado	Intervención
0 - 30	Malo	Construcción
31 - 70	Regular	Rehabilitación
71 - 100	Bueno	Mantenimiento

Los trabajos de Mantenimiento (PCI>70) están referidos a la actividad de "aumentar" la vida útil de la estructura de pavimento, en términos de comodidad y seguridad. Puede constituir una práctica preventiva y/o correctiva.

Los trabajos de Rehabilitación (70>PCI>30) se refiere a la actividad necesaria para "devolver" a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad.

Finalmente los trabajos de Construcción (PCI<30) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas.
Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

Tabla 1.3. Tipo de Fallas consideradas según Método PCI

No.	Descripción Unidades	Und.
1.	Grieta Piel de cocodrilo	m2
2.	Exudación de Asfalto	m2
3.	Grietas de contracción (en bloque)	m2
4.	Elevaciones y Hundimiento	m
5.	Corrugaciones (encalaminado)	m2
6.	Depresiones	m2
7.	Grieta de borde	m
8.	Grietas de reflexión de juntas	m
9.	Desnivel calzada-Hombrillo	m
10.	Grietas longitudinales y transversales	m
11.	Baches y zanjas reparadas	m2
12.	Agregado Pulidos	m2
13.	Huecos	N°
14.	Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas	m2
15.	Ahuellamientos	m2
16.	Deformación por empuje	m2
17.	Grietas de deslizamientos	m2
18.	Hinchamiento	m2
19.	Disgregación y desintegración	m2

Es importante que el evaluador del pavimento esté familiarizado con estos tipos de falla, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de fallas más comunes en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas, longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos y desintegración o disgregación superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método son encontrados menos frecuentemente.

En algunos casos se requiere entender cómo es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de falla a fin de determinar su severidad.

- ***BAJO:*** Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.

- ***MEDIO***: Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

- ***ALTO***: Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. Saltos individuales que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular.

1.3.2.Causas de fallas

Los daños en los pavimentos flexibles se deben a múltiples causas:

Tabla 1.4. Tipo de fallas en pavimentos flexibles

FALLAS	CAUSAS
Tráfico de Diseño	Cargas mayores a las de diseño
	Incremento del tráfico
Proceso Constructivo	Deficiencias en los procesos constructivos
Deficiencias de Proyecto	Diseños inadecuados
	Mala calidad y dosificación de los materiales
	Mala valoración en la subrasante
Factores Ambientales	Elevación de la napa freática, Inundaciones
	Lluvias, congelamiento, sales
Deficiente Mantenimiento	Técnicas inadecuadas de mantenimiento
	Falta de conservación

Tráfico de Diseño: en muchos casos se tiene un tráfico de diseño del pavimento incorrecto, las cargas son bastante mayores a las previstas. Se debe a errores en la aproximación de cargas o también al incremento en el tráfico con los años.

Proceso Constructivo: deficiencias en los procesos constructivos originan una estructura débil del pavimento. Esto se debe a inadecuados espesores y mezclas, así como una deficiencia en la distribución y compactación de las capas.

Deficiencias de Proyecto: Diseños inadecuados y una mala valoración de la subrasante. Por otro lado, a veces se tiene una mala calidad y dosificación de las mezclas asfálticas y mala calidad de materiales usados en la producción.

Factores Ambientales: Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, variación térmica, congelamiento, sales nocivas. Así como una insuficiencia en el drenaje superficial o profundo.

Deficiente Mantenimiento: Falta de mantenimiento y conservación.

El desarrollo completo del método se encuentra en el Apéndice B.

1.4.Conceptos de la teoría de Flujo Vehicular

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para la planificación, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema

de transporte. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de funcionalidad.

Uno de los resultados de mayor utilidad en el análisis de flujo vehicular es el desarrollo de modelos, macroscópicos y microscópicos, que relacionan diferentes variables. Las tres variables principales son el *flujo* (q), la *velocidad* (v) y la *densidad* (k). Mediante la deducción de relaciones entre ellas, se puede determinar las características de las corrientes de tráfico y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto.

Considerando un grupo de vehículos que se mueven a una velocidad V_e aproximadamente constante, podemos relacionar el intervalo promedio entre vehículos $\bar{h}$ y el espaciamiento promedio *S* de la siguiente manera:

$$Espacio = Velocidad * Tiempo$$

$$\boldsymbol{S = Ve * \bar{h}} \qquad \textbf{(Ec.1.1)}$$

Tenemos entonces que para un determinado grupo de vehículos, el intervalo promedio y el espaciamiento promedio se relacionan a través de la velocidad media espacial. Luego, reemplazando las expresiones correspondientes al espaciamiento y al intervalo se encuentra la ecuación fundamental que describe el flujo de tránsito:

$$\boldsymbol{(1 / K) = V * (1 / q)} \qquad \textbf{(Ec.1.2)}$$

donde:

$$\boldsymbol{q = K * V} \qquad \textbf{(Ec.1.3)}$$

Esta ecuación balancea vehículos por hora en ambos lados de la expresión, lo que representa una relación tridimensional entre las tres variables básicas del flujo vehicular. Es importante mencionar que las tres variables varían en forma simultánea. Por ejemplo, cuando la velocidad aumenta, el espaciamiento adecuado y seguro que pueda existir entre vehículos también aumenta, causando una disminución en la concentración o densidad de vehículos. Así, el flujo puede aumentar, disminuir o mantenerse invariable, dependiendo de las magnitudes relativas de los dos efectos opuestos. A continuación se explican en qué consisten los modelos de flujo y se mostrará gráficamente esta situación.

1.4.1.Modelos de flujo vehicular

Se puede resolver la ecuación fundamental del flujo vehicular estableciendo una relación entre dos de las tres variables que la componen. Las posibles combinaciones son velocidad – densidad (v, k); flujo – densidad (q, k) y velocidad – flujo (v, q). La variable más fácil de medir es el flujo, siguiéndole en orden la velocidad y luego la densidad.

En general, los modelos de flujo vehicular se pueden clasificar en dos grandes clases: microscópicos y macroscópicos. Los primeros consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos, con base en la teoría del seguimiento vehicular. Los modelos macroscópicos describen la operación vehicular en términos de sus variables de flujo, generalmente tomadas como promedios.

Los esfuerzos en tratar de relacionar las diferentes variables principales del flujo vehicular (q, v y k) se han basado principalmente en toma de datos y en ajustes simples a curvas o regresiones lineales, teniendo como resultado el desarrollo de modelos macroscópicos, los cuales suponen un movimiento homogéneo o condiciones de flujo estacionario y describen las características generales o globales del flujo vehicular. El Modelo Lineal, por su facilidad en la aplicación, es el más utilizado por la ingeniería de tránsito.

B.D. G reenshields llevó a cabo una de las primeras investigaciones sobre el comportamiento del flujo vehicular, en la cual estudió la relación existente entre la velocidad y la densidad. Utilizando un conjunto de datos (k, v) para diferentes condiciones de tránsito, como se muestra en la Figura 1.4, propuso una relación lineal entre la velocidad y la densidad que mediante el ajuste por el método de los mínimos cuadrados.

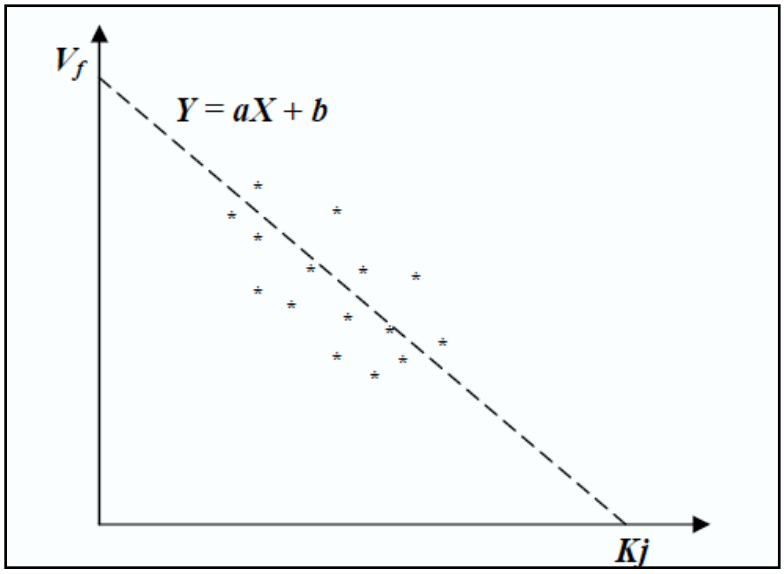


Figura 1.4. Esquema de relación lineal entre la densidad y la velocidad

Para X = 0 $V_f = b$
Para Y = 00 = $aK_j + V_f$ entonces, $a = -(V_f / K_j)$

Llegando al modelo lineal siguiente (ver Figura 1.5):

$$v_e = v_f - \left(\frac{v_f}{K_j}\right)K \qquad \textbf{(Ec.1.4)}$$

Donde:
$\boldsymbol{V_e}$: velocidad media espacial (km/hr)
$\boldsymbol{K}$: densidad (veh/km/carril)
$\boldsymbol{V_f}$: velocidad media espacial a flujo libre (km/hr)
$\boldsymbol{K_j}$: densidad de congestión (veh/km/carril)

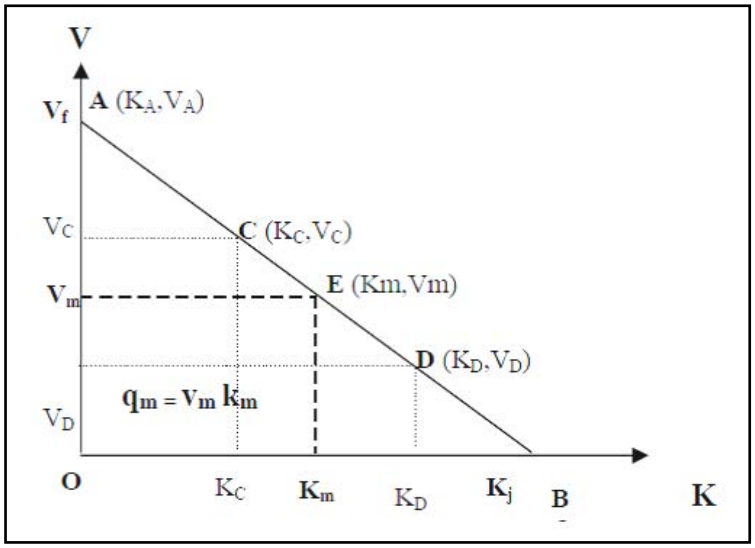


Figura 1.5. Relación lineal velocidad – densidad

En general, la velocidad disminuye a medida que aumenta la densidad, desde un valor máximo o velocidad a flujo libre V_f (punto ***A*** de la Figura 1.5) hasta un valor mínimo igual a cero (punto ***B***) donde la densidad alcanza su máximo valor de congestión, K_j.

Obviamente en la realidad la densidad nunca tomará el valor cero, lo cual nos indica que para que exista una velocidad de flujo libre, debe presentarse por lo menos un vehículo circulando sobre la vía. En esta condición, la densidad es muy baja, ya que la circulación es libre a la velocidad máxima o límite establecido para la vía. Por otro lado, cuando se presenta congestionamiento los vehículos estarán detenidos unos tras otros, lo que quiere decir que para máxima densidad o densidad de congestión, significa la detención total del sistema.

Para cualquier punto sobre la recta de coordenadas (k,v), el producto $K*V$ será el área de un rectángulo que tiene la densidad como base y la velocidad como altura. Asi, para los puntos ***C*** y ***D*** por ejemplo, los flujos asociados a las densidades y velocidades correspondientes son:

$$qC = VC * KC \quad y \quad qD = VD * KD$$

El rectángulo de área máxima corresponde al punto ubicado exactamente a la mitad de la recta. El área representa el flujo máximo q_m, el cual se obtiene de los valores siguientes:

$$V_m = \frac{V_f}{2} \; K_m = \frac{K_j}{2}$$

Por tanto el flujo máximo es $q_m = V_m K_m$ ó también: $q_m = \frac{V_f K_j}{4}$

Por otro lado, la relación entre el flujo q y la densidad K se obtiene reemplazando la $v_e = v_f - \left(\frac{v_f}{K_j}\right)K$ (Ec.1.4) en la ecuación fundamental:

$$v_e = v_f - \left(\frac{v_f}{K_j}\right)K$$

$$q = VK = \left[V_f - \left(\frac{V_f}{K_J}\right)K\right]K = V_f K - \left(\frac{V_f}{K_j}\right)K^2 \qquad \textbf{(Ec.1.5)}$$

Esta ecuación expresa el flujo ***q*** como una función parabólica de la densidad ***K***, por lo tanto la forma de la curva es una parábola, tal como se muestra en la Figura 1.6.

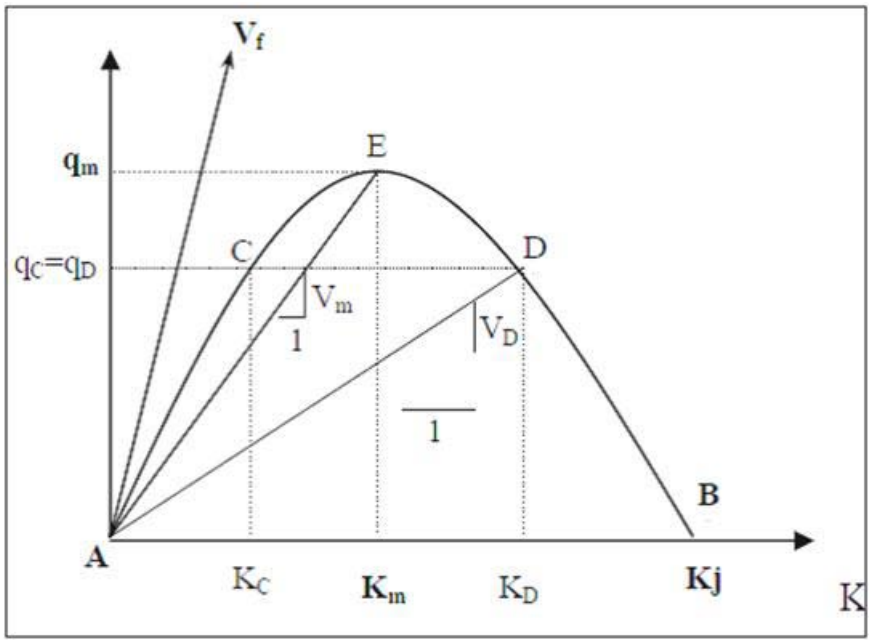


Figura 1.6. Relación densidad – flujo

Por definición se requiere que cuando la densidad se aproxime a cero (0), el flujo también se aproxime a cero, lo cual presenta las condiciones de operación a flujo libre (punto A). Igualmente cuando la densidad es la máxima (***Kj***), los vehículos se detienen uno tras otro, de tal forma que no avanzan y por consiguiente el flujo también es cero (punto B).

Entre los puntos extremos mencionados anteriormente, existe una diversidad de condiciones del flujo vehicular, identificadas por los puntos C, D y E, reflejando éste último punto las características de operación a flujo máximo o a la capacidad, ***qm***.

La velocidad también se puede representar en el diagrama flujo – densidad, despejándola de la ecuación fundamental:

$$V = q / K$$

La expresión anterior es la pendiente del vector dirigido desde el origen ***A*** hacia cualquier punto sobre la curva.

La relación entre la velocidad y el flujo se obtiene despejando la densidad de la $v_e = v_f - \left(\frac{v_f}{K_j}\right)K$ (Ec.1.4) y reemplazando su valor en la ecuación fundamental (ver Figura 1.7):

$$K = K_j - \left(\frac{K_j}{V_f}\right)V_e$$

$$q = V_e\left[K_j - \left(\frac{K_j}{V_f}\right)V_e\right] = V_e K_j - \left(\frac{K_j}{V_f}\right)V_e^2 \qquad \textbf{(Ec.1.6)}$$

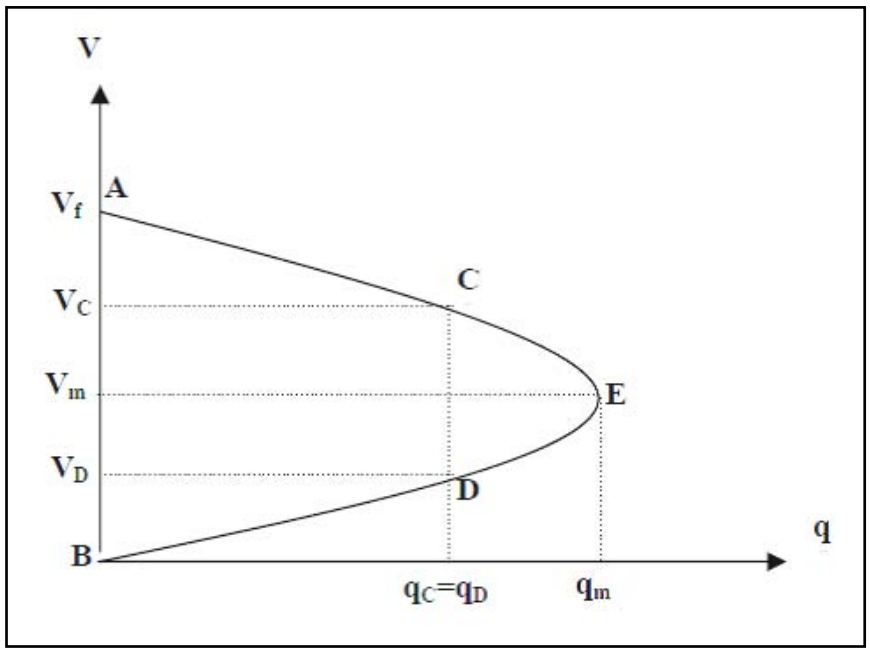


Figura 1.7.Relación Velocidad Flujo

Como puede verse en la Figura 1.7, entre la velocidad y el flujo existe una relación parabólica donde para un valor determinado del flujo, hay asociados valores de la velocidad. En la medida que el flujo aumenta, desde el punto ***A*** con velocidad de flujo libre, la velocidad progresivamente disminuye. De manera que si para una determinada vía el flujo de entrada ***q*** (demanda) se aproxima a la capacidad q_m (oferta de servicio), la dinámica del flujo vehicular puede causar que éste se reduzca por debajo de la capacidad, con velocidades correspondientes a la parte inferior de la curva, desde el punto ***E*** al punto ***B***, indicando que la operación ocurre a nivel de congestión.

A continuación, en la Figura 1.8 aparecen dibujadas las tres relaciones básicas en un solo diagrama fundamental, así como la proyección tridimensional, lo cual permite observar la interrelación entre cada una de ellas. Se puede observar que las regiones correspondientes a flujos de tránsito no congestionado están limitadas por:

$$0 \le q \le q_m \qquad V_m \le V \le V_f \qquad 0 \le K \le K_m$$

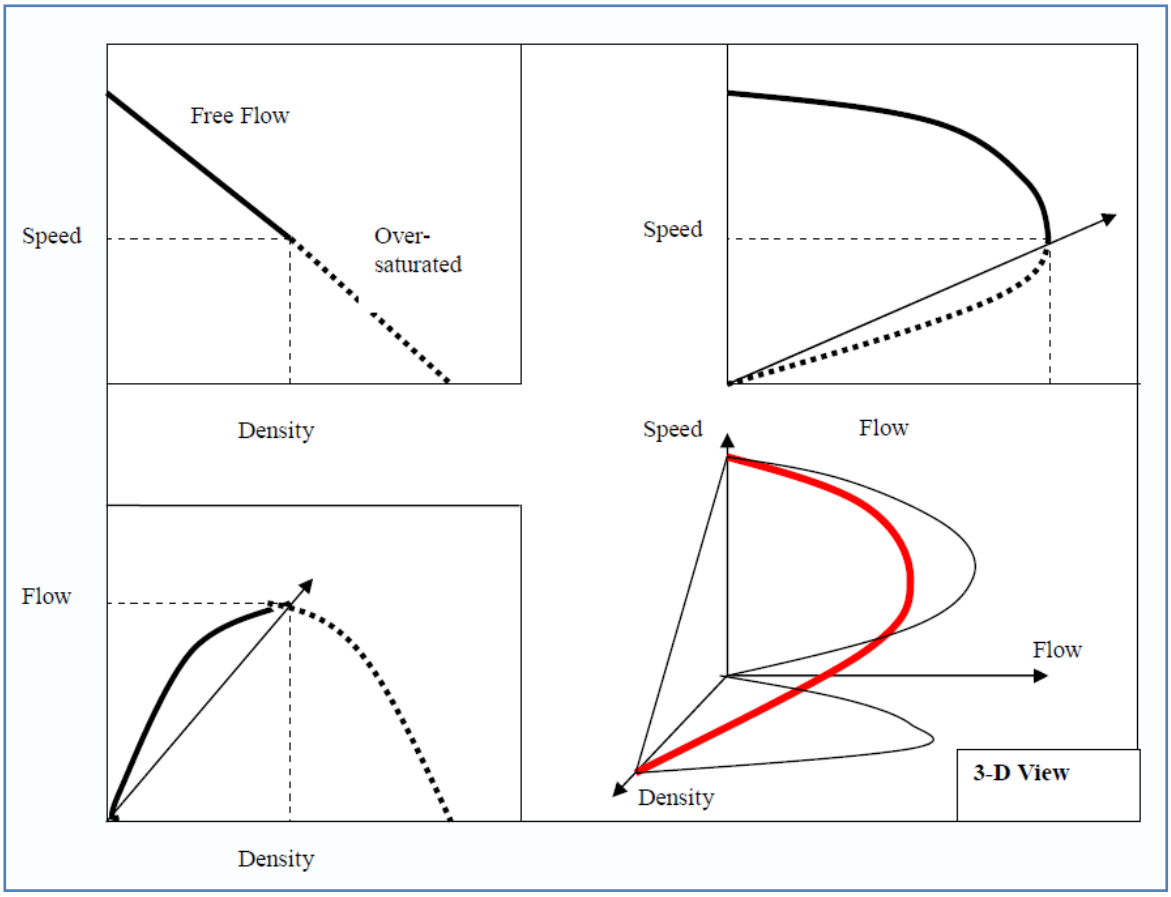


Figura 1.8. Relación tridimensional de variables básicas del flujo vehicular

1.4.2.Método del Observador Móvil

El método del Observador Móvil ha sido desarrollado para obtener de manera simultánea la medición de las variables del flujo vehicular para poder construir un modelo lineal. El método involucra a uno o más observadores, quienes realizan ciertas mediciones mientras se mueven con relación al flujo de tráfico que está siendo medido.

Tomando como referencia la vía de dos carriles que se muestra en la Figura 1.9, se asume que el problema de medición del flujo vehicular se concentra en la condición prevaleciente del carril de la derecha.

Para desarrollar las ecuaciones, se asumen dos casos correspondientes al movimiento relativo entre el observador y la corriente de tráfico que es medida:

Primer caso: Se asume un observador estacionario y una corriente de tráfico en movimiento.

Si y_1 vehículos pasan al observador en un periodo de tiempo t, el flujo ser puede expresar como:

$$q = y_1 / t \quad \text{, ó también:}$$

$$\boldsymbol{y1 = q \cdot t} \qquad \textbf{(Ec.1.7)}$$

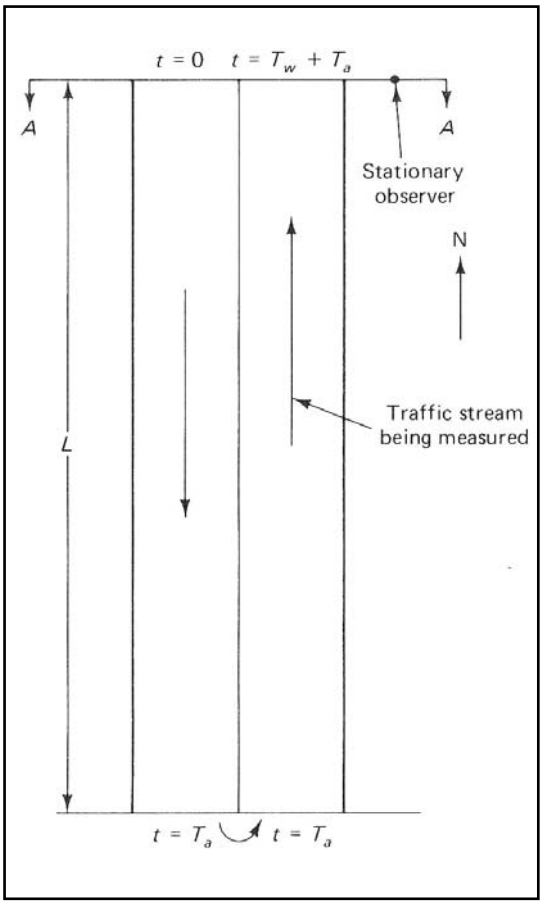


Figura 1.9. Esquema del método del observador móvil

Segundo caso: Se asume que el observador se mueve y que el tráfico es estacionario.

Viajando una distancia L, el observador sobrepasa y_2 vehículos, por tanto la densidad del tráfico será:

$$k = y_2 / L \quad \text{, ó también:}$$

$$\boldsymbol{y2 = k \cdot v_o \cdot t} \qquad \textbf{(Ec.1.8)}$$

Donde v_o es la velocidad del vehículo de prueba y *t* el tiempo para recorrer la distancia L. Ahora, considerando que el observador se mueve dentro de una corriente de tráfico:

- Algunos vehículos y_1, pasarán al vehículo de prueba
- Otros vehículos y_2, serán sobrepasados

Entonces, el efecto combinado del conteo relativo es

$$Y = y_1 - y_2 \text{ , Entonces,}$$

$$\boldsymbol{Y = q \cdot t - k \cdot v_o \cdot t} \qquad \textbf{(Ec.1.9)}$$

Esta primera ecuación se considera como la relación básica del modelo. Es una relación de variables macroscópicas (flujo – densidad) con datos obtenidos por el vehículo de prueba. Determinando dos variables, la tercera se deduce de la ecuación fundamental, por tanto, se necesitan dos ecuaciones independientes, las cuales se logran haciendo dos pruebas en campo: una a favor y otra en contra de la dirección estudiada

Circulando a favor:

$$\mathbf{Y = q \cdot t_f - k \cdot v_f \cdot t_f} \qquad \textbf{(Ec.1.10)}$$

Circulando en contra, el vehículo no sobrepasa a otros: Sólo encuentra X vehículos viajando en el sentido contrario:

$$\boldsymbol{X = q.\ tc + k.vc.tc} \qquad \textbf{(Ec.1.11)}$$

Donde:
El signo positivo refleja el hecho de ir en la dirección contraria.

Luego, ordenando

$\mathbf{Y = q \cdot t_f - k \cdot v_f \cdot t_f}$ (Ec.1.10)
$\boldsymbol{X = q.\ tc + k.vc.tc}$ (Ec.1.11)

$$Y = q \cdot tf - k \cdot L \qquad L = vf \cdot tf$$
$$X = q \cdot tc + k \cdot L \qquad L = vc \cdot tc$$

Sumando ambos lados de la ecuación: f

$$X + Y = q \cdot tc + k \cdot L + v \cdot t_f - k.L$$
$$X + Y = q \cdot t_c + q \cdot t_f$$

De donde se despeja el flujo:

$$q = \frac{(X+Y)}{(t_c + t_f)} \qquad \textbf{(Ec.1.12)}$$

Dividiendo entre t_f la Ecuación 1.10,

$\mathbf{Y = q \cdot t_f - k \cdot v_f \cdot t_f}$ (Ec.1.10)

$$Y/t_f = q - k \cdot v_f$$

Luego: k = q / v y $v_f = (L / t_f)$

Entonces:

$$\frac{Y}{t_f} = q - \left(\frac{q}{v}\right)\left(\frac{L}{t_f}\right) \qquad \textbf{(Ec.1.13)}$$

Si (L / v) se define como el tiempo promedio t, de viaje de los vehículos recorriendo la distancia L a una velocidad media *v*:
La ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{Y}{t_f} = q - \bar{t}.\frac{q}{t_f} \qquad \textbf{(Ec.1.14)}$$

Despejando el tiempo promedio:

$$\bar{t} = t_f - \frac{Y}{q} \qquad \textbf{(Ec.1.15)}$$

Luego, la velocidad media espacial:

$$v = \frac{L}{\bar{t}} \qquad \textbf{(Ec.1.16)}$$

Finalmente, de la ecuación fundamental:

$$k = \frac{q}{v} \qquad \textbf{(Ec.1.17)}$$

Una vez realizados todos estos cálculos con los datos de campo, se obtendrán el flujo (q), la velocidad (v) y la densidad de flujo (k), con las ecuaciones 1.12, 1.16 y 1.17, respectivamente.

A manera de resumen del método, se indican a continuación las principales variables/consideraciones que deben tenerse en cuenta para utilizar el método mencionado:

- Definir tramo de estudio, ***d***
- Vehículos encontrados cuando el auto de prueba viaja en contra de la dirección del tránsito estudiado, ***X***
- Vehículos que sobrepasaron al auto de prueba, viajando en la dirección del tránsito, $\boldsymbol{y_1}$
- Vehículos sobrepasados por el auto de prueba, viajando en la dirección del tránsito, $\boldsymbol{y_2}$
- Tiempo de viaje en la dirección estudiada, $\boldsymbol{t_f}$
- Tiempo de viaje en contra de la dirección estudiada, $\boldsymbol{t_c}$
- Repetir por lo menos seis veces cada circuito.

Capitulo 2

Problema en estudio: Ahuellamiento

2.1.Antecedentes del proyecto

El Perú forma parte de la "Iniciativa para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana – IIRSA", que emana de la Cumbre de Jefes de Estado y Gobierno realizada en Brasilia en el año 2000, la misma que involucra a los doce países de América del Sur. IIRSA ha proyectado diez Ejes de Integración y Desarrollo en el ámbito sudamericano. El Perú participa en cuatro de estos ejes:

- Eje Multimodal del Amazonas Norte (Perú, Ecuador, Colombia, Brasil)
- Eje Perú – Brasil –Bolivia
- Eje Interoceánico (Brasil, Paraguay, Bolivia, Perú, Chile)
- Eje Andino (Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Bolivia)

El Eje Multimodal Amazonas Norte incluye los tramos viales comprendidos entre Yurimaguas y Paita, así como los Puertos Fluviales de Yurimaguas e Iquitos y las hidrovías conformadas por los ríos Huallaga y Marañón, que conectan a la gran cuenca del Río Amazonas y al Océano Atlántico. La otra parte del eje corresponde al Corredor Amazonas Centro que conecta Lima con la hidrovía del Huallaga enlazando en el puerto de Pucallpa.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones representando la República del Perú, a través de la Agencia de Promoción de la Inversión Privada, Pro Inversión, convocó al Concurso para la Concesión de las Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte del Plan de Acción para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA).

Como resultado de dicho concurso, se otorgó la "Buena Pro" al Consorcio IIRSA Norte conformado por las empresas: Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción S.A.C., Constructora Andrade Gutierrez S.A y Graña & Montero S.A. y con fecha del 17 de junio del 2005 se suscribió el Contrato de Concesión con la Concesionaria IIRSA Norte S.A.

A partir del 12 de abril del año 2006, fecha en la cual se realizó la Toma de Posesión por parte de la Concesionaria IIRSA NORTE y se dio vigencia a las obligaciones contractuales del Contrato de Concesión de IIRSA Norte, se han venido ejecutando las actividades de Conservación, Operación y Mejoramiento establecidos en el Contrato de Concesión, a lo

largo de los 955 Km (desde Paita, departamento de Piura, hasta la Provincia de Yurimaguas, Departamento de Loreto).

Por el contrato antes descrito, el Concedente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC), otorgó en concesión a la Concesionaria IIRSA Norte, la construcción, rehabilitación, mejoramiento, conservación, mantenimiento y explotación de la infraestructura de servicio público de los 6 tramos del Eje Multimodal Amazonas Norte, los cuales se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2.1 Tramos de la Carretera IIRSA Norte

Tramo	Ruta Nacional		Localidad		Progresiva	Long.
		Desde	Hasta	Inicio	Fin	(km)
1	08A y 05N	Yurimaguas	Tarapoto	125+600	0+000	127.20
2	05N	Tarapoto	Rioja	3+507	135+035	133.00
3	05N	Rioja	Corral Quemado	470+229	194+688	274.00
4	04, 03N	Corral Quemado	Dv. Olmos	194+688	0+000	196.20
5	01B	Dv. Olmos	Piura	86+392	254+271	168.90
6	02 y 01N	Piura	Paita	0+000	48+800	53.80*
				Total Longitud (km)		955.10

**La longitud de este tramo mide 53.8 km, debido a que está conformado por el tramo: Dv. Sullana (0+000) – Puerto de Paita (49+080) y el tramo que va desde el Desvío Sullana (km 0+000) hasta el Óvalo Cáceres (-4+731); estos dos últimos puntos están ubicados en Piura.*



Figura 2.1. Esquema de los tramos del Eje Multimodal del Amazonas Norte

Las actividades de Conservación que se ejecutan desde la Toma de Posesión tienen los alcances establecidos en el Contrato de Concesión. Dichas actividades son realizadas en estricto cumplimiento al Plan de Conservación y Mantenimiento elaborado por el Concesionario según lo determina la cláusula 3.1 del Anexo 1 del Contrato de Concesión y se originan de evaluaciones visuales continuas que se hacen a lo largo de toda la carretera; identificando el estado en que se encuentran los diferentes componentes de la infraestructura, con el objetivo de actuar de manera preventiva ante posibles fallas que la

carretera puede tener en sus niveles individuales de servicio, parámetros que nunca pueden estar por debajo de los mínimos establecidos en el Anexo I del Contrato.

El acompañamiento de las condiciones de toda la extensión de infraestructura concesionada, además de la información estadística generada por los resultados obtenidos a partir de las labores de conservación realizadas y sus reincidencias, permiten identificar fenómenos que causan el deterioro prematuro de la infraestructura vial. Dichos fenómenos que tiene lugar por las condiciones propias de cada sector, dadas las características climatológicas, pluviales, geotécnicas, de tráfico, etc., requieren ser tratados con trabajos de *mantenimiento periódico*[8] para lograr elevar los niveles de servicio de la vía concesionada.

2.2.Antecedentes del tramo en estudio

Según la Sección VI del Contrato de Concesión, "Obras de Rehabilitación y mejoramiento inicial", el Concesionario estuvo obligado a ejecutar estas actividades en dos etapas. En la primera etapa de las obras, se construirían y rehabilitarían los tramos 1, 5 y 6; mientras que la segunda etapa contemplaba los trabajos en los tramos 2, 3 y 4.

El Proyecto de Ingeniería de Detalle para la Rehabilitación del Tramo 6 (Paita – Piura) correspondiente a la 1ª Etapa de Obras de Rehabilitación, fue aprobado mediante Resolución Directoral N° 668-2006-MTC/20. Este proyecto previó para el Diseño del Pavimento del Tramo 6, un refuerzo de concreto asfáltico en caliente, en espesores que varían de 3 a 7 cm. Específicamente, en el sector Km 0+000 al Km -4+731[9], la carpeta asfáltica existente presentaba 6 cm de espesor y se calculó un refuerzo de 7 cm sobre la misma, totalizando aproximadamente 13 cm.

El Tramo 6 de la carretera ya fue concluido y a través del documento enviado por la Supervisión, Carta N° 242-2009/CONS.SUP. NOR ORIENTAL, de fecha 30 de Junio del 2009, el Consorcio Supervisor Nor-Oriental, indica que todas las observaciones respecto a la entrega de las obras de 1 ª Etapa "*han sido levantadas, habiéndose desarrollado de acuerdo a los estándares y parámetros técnicos de construcción de carreteras y puentes del MTC, así como de acuerdo a las disposiciones del Proyecto de Ingeniería de Detalle referidas a las Cláusulas 6.6, 6.7 y 6.8 del Contrato de Concesión"*.

De este modo, con el Oficio N° 1596-2009-MTC/25, de fecha 04 de Diciembre del 2009, el Concedente emitió el Certificado de Correcta Ejecución de las Obras de 1ª Etapa (Certificado N° 01-2009-MTC/25), referente a los tramos Paita – Piura, Piura – Olmos y Tarapoto – Yurimaguas.

Cabe mencionar que, aunque el certificado fuera emitido por el Concedente en el mes de Diciembre del 2009, en el mes de febrero del mismo año, la Concesionaria IIRSA Norte, a través de la empresa consultora chilena "APSA - Gestión de Infraestructura", realizó una

[8] ***Mantenimiento periódico***: Básicamente los términos precisados en el Volumen 1 del Manual de Conservación de Carreteras AIPCR/PIARC, Edición 1994, así como en el AASHTO y el Instituto del Asfalto, los mismos que hacen referencia a tareas de "mantenimiento mayor" preventivas que se efectúen con el propósito de asegurar la funcionalidad e integralidad del camino tal como fue diseñado. Son tareas previsibles en el tiempo, cuya ejecución es determinada por la inadecuación de algún índice que establece las capacidades estructurales de la vía. (Contrato de Concesión)

[9] En el tramo 6 de la carretera existen progresivas "negativas"; éstas fueron adoptadas de esta forma debido a que ya existía un sector que va desde el Km 0+000 (Desvío Sullana) hasta el 49+080 (Puerto de Paita). Por ello se determinó que desde el Desvío Sullana las progresivas "aumentarían negativamente" en dirección al Óvalo Cáceres.

evaluación integral del pavimento con equipos de alto desempeño en el Tramo Paita – Piura y Piura - Olmos. Entre otros ensayos, fue realizada una evaluación de las deformaciones plásticas en la estructura de pavimento, con el equipo *Transverse Profile Logger* (TPL), con el cual fue posible obtener la condición transversal de la vía, es decir, identificar la existencia de ahuellamiento y su magnitud.

El valor de ahuellamiento máximo medido fue de **4mm**, entre el km -1+000 y km -2+000, revela que después de 2 años de haberse construido el refuerzo de pavimento en el sector (2007), el ahuellamiento en el pavimento aún se encontraba en estado leve. Dado ese contexto, se evaluó la posibilidad de realizar una nueva verificación después de 2 años (es decir, en febrero del 2011) previendo un comportamiento similar durante los años del 2009 y 2010.

2.3.Ubicación del tramo

El sector que actualmente presenta problemas de ahuellamiento se encuentra en el Tramo 6, equivalente al sub-tramo individual N° 01 (Piura – Paita). El fenómeno se presenta más específicamente entre el Desvío Sullana (km 0+000) y el Óvalo Cáceres (km -4+731).

Tabla 2.2. Sub-tramos individuales de la Carretera IIRSA Norte

Tramo	Ruta	Localidad		Progresiva (Km)		Longitud
		Desde	Hasta	Inicio	Fin	(Km)
1	002 y 001 N	Ovalo Caceres	Paita (Puerto muelle)		048+800	55,800
2	001B	Piura (cruce Av. Caceres)	Noria zapata	254+271	172+000	82,771
3	001B	Noria zapata	Dv. Olmos	172+000	086+392	86,108
4	004 A	Dv. Olmos	El Chinche	000+000	032+000	32,000
5	004 A	El Chinche	El tambo	032+000	065+400	33,400
6	003 N	El tambo	Km. 79	065+400	079+000	13,600
7	003 N	Km. 79	El arenal	079+000	091+750	12,750
8	003 N	El arenal	Pucara	091+750	117+000	26,250
9	003 N	Pucara	Cavico	117+000	150+600	34,112
10	004 B	Cavico	Pte, Chamaya II	150+600	166+000	15,400
11	004 B	Pte, Chamaya II	Chamaya	166+000	182+320	16,320
12	005 N	Chamaya	Corral Quemado	182+320	194+688	12,368
13	005 N	Corral Quemado	Bagua	194+688	227+000	32,312
14	005 N	Bagua	Naranjitos	227+000	249+000	22,000
15	005 N	Naranjitos	El tingo	249+000	278+000	28,700
16	005 N	El tingo	Corontachaca	278+000	288+500	10,500
17	005 N	Corontachaca	Pedro Ruiz	288+500	294+500	6,000
18	005 N	Pedro Ruiz	Pte. Vilcaniza (Balsapata)	294+500	342+000	47,000
19	005 N	Pte. Vilcaniza (Balsapata)	Pte. Nieva	342+000	371+500	29,260
20	005 N	Pte. Nieva	Aguas Verdes	371+500	405+000	33,500
21	005 N	Aguas Verdes	Nvo. Cajamarca	405+000	425+000	20,000
22	005 N	Nvo. Cajamarca	Rioja	425+000	470+229	44,729
23	005 N	Rioja	Dv. Moyobamba	470+500	494+500	24,000
24	005 N	Dv. Moyobamba	Pte. Bolivia	494+500	574+510	80,010
25	005 N	Pte. Bolivia	Tarapoto (Pte. Cumbazal)	574+510	603+500	28,990
26	008 Y 005 N	Tarapoto (ovalo marginal)	Pongo Cainarachi	000+000	064+750	66,350
27	008	Pongo Cainarachi	Km. 115	064+750	114+590	49,840
28	008	Km. 115	Yurimaguas	114+590	125+590	11,000
						955,070

Fuente: Contrato de Concesión

El tramo en estudio se encuentra ubicado en el límite norte colindante con la zona urbana de la ciudad de Piura, siendo una vía arterial que concentra el tráfico que se dirige y procede del Norte, a través de la Ruta 01N o Carretera Panamericana, el tráfico que se dirige y procede del puerto de Paita por la Ruta 02, el tráfico que se dirige y procede del Este, a través de la Ruta 01B o Carretera Panamericana Ruta de Olmos y el tráfico que se dirige y procede del Sur, también a través de la Ruta 01N o Carretera Panamericana, además del tráfico local de la ciudad (Ver Figura 2.1).

Respecto a la ubicación geográfica, al punto de inicio de la sección en estudio en el Ovalo Cáceres (km –4+731), le corresponde las coordenadas 5°11’05” Latitud Sur y 80°38’57”

Longitud Oeste, mientras que al punto final en el Desvío Sullana (km 0+000) le corresponde las coordenadas 5°10’17” Latitud Sur y 80°41’14” Longitud Oeste.

El tramo básicamente se divide en dos partes, una primera desde el inicio en el Ovalo Cáceres (Km -4+731) hasta la Av. Chulucanas (Km -3+080); esta sección se caracteriza por estar propiamente en una zona urbana, con predios construidos a ambos lados, tráfico compuesto eminentemente por vehículos ligeros de los cuales aproximadamente la mitad son motocicletas lineales y vehículos motorizados de 3 ruedas (moto-taxi) y existencia de elementos de control de velocidad (gibas y semáforo).

A partir de la Av. Chulucanas (km -3+080) hasta el Km 0+000, las características de la carretera cambian drásticamente, puesto que de ser una arteria urbana se transforma en una vía con un alto componente de tráfico vehicular pesado, debido a que por regulaciones municipales, la mayor parte del tránsito de buses y camiones (que se dirigen hacia el sur del país) entra y sale del tramo a través de la mencionada avenida (Ver Figura 2.1.). Además, en este segmento los predios ubicados a ambos lados de la carretera son de tipo rural-industrial. También existen gibas colocadas para controlar la velocidad de los vehículos en las zonas de alto tránsito peatonal.

A pesar de ser propiamente una sección de carretera existen elementos de control de velocidad (gibas) en las progresivas del km -2+000 y km -1+600, las mismas que condicionan el libre flujo vehicular, causando congestionamiento en diversas horas del día y, debido al tamaño y peso de los vehículos, son puntos obligados de parada. Asimismo, las áreas de aproximación e ingreso a los Servicentros VIGMA (km -1+600) y PETROPERÚ (km -1+000) y la estación de pesaje móvil ubicado en el km -0+350, ocasionan también los problemas antes mencionados.

En resumen, se tiene que el tramo Ovalo Cáceres – Dv. Sullana, en teoría un tramo de carretera “Panamericana” que conforma un Eje de Transporte Multimodal, se caracteriza en la práctica por tener severas limitaciones para el libre flujo vehicular, debido a la existencia de elementos urbanos de control de velocidad. Además, debido a un cambio en el régimen del tránsito, producido después de iniciado el período de servicio de 8 años, el tramo se ha seccionado en dos sub-tramos con volumen y composición vehicular completamente diferentes; esto y el cambio de un régimen de flujo vehicular libre por un régimen de flujo con detenciones (semáforos y gibas), definitivamente invalidan las condiciones de diseño inicialmente asumidas para la elaboración del Proyecto de Ingeniería de Detalle en el año 2006.



Figura 2.2. Ubicación del tramo en estudio



Figura 2.3. Características del tramo en estudio

2.4.Características climatológicas del tramo

La ciudad de Piura en donde se ubica el proyecto debido a su proximidad con la línea ecuatorial (5°11' Latitud Sur) y por estar ubicada al norte del desierto de Sechura, tiene un clima cálido durante todo el año, el cual corresponde a un piso ecológico de sabana tropical a nivel del mar; este clima se denomina también como seco tropical o bosque seco ecuatorial. La temperatura ambiental promedio anual es de 24°C, pero durante el verano la temperatura máxima supera los 36°C, pudiendo llegar hasta 40°C cuando se presenta el Fenómeno El Niño. La época de lluvias se da en el verano, entre los meses de Diciembre y Abril.

La humedad promedio anual es de 66%, mientras que la presión atmosférica media anual es de 108,5 kPa; en tanto que los vientos que siguen una dirección al sur tienen una velocidad promedio de 3 m/s.

Las precipitaciones pluviales en la costa son generalmente bajas, entre 10 y 200 mm al año. La baja humedad de la región la configura como un territorio mayormente seco. Las precipitaciones se concentran en su mayoría en las zonas alto-andinas, mientras que en la gran llanura costera las únicas fuentes importantes de agua son los ríos estacionales del norte (el Chira y el Piura). En la mitad sur de la amplia llanura piurana se emplaza el extenso desierto de Sechura que está cubierto de vegetación herbácea.

La hidrografía piurana se encuentra definida principalmente por el volumen de las precipitaciones provenientes del océano Pacífico, éstas a su vez determinadas por el encuentro de dos corrientes marinas: la fría "Corriente de Humboldt" de 13 a 19 °C, con la corriente cálida de "El Niño" de 21 a 27 °C, encuentro que ocurre en la costa sur del departamento, a la altura de la bahía de Sechura. Este fenómeno hace que la temperatura del mar en Piura sea variable y fluctúe entre los 18 y 23 °C, durante los meses de invierno y primavera y entre los 23 y 27°C durante el verano (a veces en el otoño con la extensión del verano).

El departamento de Piura es la región del mundo más afectada por este fenómeno debido a su frágil situación geo-climática, que se caracteriza por lo siguiente: la presencia de una cadena Andina relativamente baja que permite la presencia de nubes calientes amazónicas, mar caliente durante la primavera y el verano, mar frío durante el invierno-otoño y una Yunga Costera extensa en comparación al resto de regiones costeñas impidiendo la condensación nubosa. Estos factores hacen que Piura tenga que cambiar de cosechas y tipo de pesca cada cierto tiempo e inclusive durante el transcurso del año.

2.5.Características del Tráfico Vehicular de Diseño (2006)

De acuerdo a los estudios efectuados para el diseño del pavimento por la empresa consultora *Copavel*, encargada de elaborar el Proyecto de Ingeniería de Detalle del Tramo 6, los resultados del conteo de vehículos expresados en términos de Índice Medio Diario Anual (IMDA), fueron:

a)Según el Estudio de Tráfico de Cargas de las empresas BCOM-OIST (Enero 2000)[10]:

[10] Estudio de tráfico realizado por cuenta del Ministerio de Trasportes y Comunicaciones en el año 2000

- Tramo:Paita-Dv. Paita
- Estación: EP-1 Peaje Piura
- IMDA = 4706 vehículos
- Vehículos Livianos= 70.5%
- Vehículos Pesados= 29.5%

b)Según los Conteos Vehiculares efectuados por el Concesionario (Febrero 2006):

- Tramo: Ovalo Cáceres-Peaje Piura
- Estación: Ingreso a Piura
- IMDA = 2617 vehículos
- Vehículos Livianos = 68.6%
- Vehículos Pesados = 31.4%

En la etapa de diseño se verificó que los conteos, realizados en el mes de Febrero del 2006 por el Concesionario, representaban la mitad de los conteos efectuados en el mes de Enero del año 2000 por las empresas BCOM-OIST. Entonces, para garantizar un margen de seguridad, el Proyecto de Ingeniería de Detalle (PID) se desarrolló con los volúmenes de tráfico de Enero de 2000 con una tasa de crecimiento de 3.4%.

Así, considerando un periodo de servicio de 8 años, en base a los criterios de la AASHTO para el cálculo de los factores destructivos por cargas vehiculares, se determinó un Numero Total de Ejes Equivalentes igual a 5.88×10^6 con el cual se procedió al diseño del pavimento (período de servicio 2006-2014).

2.6.Caracterización de Suelos y pavimentos - Etapa de Diseño de refuerzo (2006)

De acuerdo al estudio efectuado por las empresas *BCOM-OIST Asociados* en el año 2000, se observó que la estratigrafía del tramo es mayormente homogénea y está gobernada principalmente por suelos arenosos conteniendo finos de naturaleza limosa no plástica, intercalándose en algunos lugares con gravas limosas bien o mal graduadas. En la mayoría de los casos los suelos han sido clasificados como A-2-4 de acuerdo al sistema de clasificación AASHTO.

Asimismo, en dicho estudio se muestra que los resultados de los Ensayos de Capacidad de Soporte, California Bearing Ratio (CBR), para los suelos de tipo arenoso, corresponden a un valor promedio de 12%. Cabe señalar que no se detectó nivel freático durante los trabajos de exploración de campo en dicha época (2000).

En cuanto a la estructura del pavimento, según ensayos realizados en Febrero del año 2006, *estaba compuesta por dos capas granulares de fronteras indefinidas, con un espesor total promedio de 35 cm, conformadas por arenas gravosas – arenas limosas o ligeramente limosas, clasificadas como A-2-4 o A-1-b*, de acuerdo al sistema de clasificación de suelos AASHTO.

Por encima de las capas granulares se apoya una capa asfáltica antigua de 6 cm de espesor, presentando un nivel de deterioro variable en severidad y extensión. Posteriormente, en el mes de Junio del año 2006, como parte de los trabajos de rehabilitación efectuados por el concesionario, se efectuó un recapeado colocando una capa asfáltica de 7 cm de espesor,

con lo que en la actualidad se tiene que, en valores promedio, la estructura del pavimento está conformada por:

- Espesor Recapado asfáltico: 7 cm
- Espesor Carpeta asfáltica antigua: = 6 cm
- Espesor Capas granulares: = 35 cm
- *Espesor total promedio del pavimento: 48 cm*

Con el respaldo de la documentación encontrada y de los resultados de los controles efectuados en obra, se supone que la carpeta asfáltica construida por el Concesionario para la rehabilitación del pavimento, cumplió en su momento con todos los requerimientos solicitados por las Especificaciones Técnicas EG-2000, en cuanto a las propiedades y calidad de materiales, diseño de mezclas y requisitos para la capa construida. En el Anexo I de este trabajo se presenta el Informe de Control de Calidad de Mezcla Asfáltica (Marzo, 2010); allí se presentan los resultados referidos a los parámetros Marshall y otros controles de campo que se ejecutaron el año de la rehabilitación (2006) y el año 2010.

2.7.Estado actual y problemática

En la actualidad el pavimento del tramo en estudio viene presentando deformaciones plásticas en forma de canalizaciones coincidentes con las sendas que siguen los neumáticos de los vehículos, con grados de severidad variables y distribuidos por zonas, siguiendo patrones definidos. Estas deformaciones plásticas[11], también denominadas ahuellamientos, se han ido presentando y evolucionado progresivamente en su magnitud a lo largo del tiempo de servicio transcurrido, desde el año 2007, evolución que se ha acelerado en el año 2010.

Las primeras mediciones de control fueron reportadas luego de dos años y medio de concluida la construcción, en el mes de Febrero del año 2009. Los ahuellamientos en general demostraron una severidad leve, es decir, presentaron una profundidad menor a 5 mm. El detalle de las mediciones que realizó la empresa consultora APSA (2009) se muestra en el Anexo II

Un año después, durante el mes de Marzo del año 2010 se efectuaron mediciones de verificación parciales en el carril derecho, entre las progresivas km -1+850 y -2+950 (zona crítica según inspección visual), indicando los resultados que la severidad de los ahuellamientos, en este sub-sector, se incrementó rápidamente en el lapso transcurrido.

En general, se ha observado que los ahuellamientos se presentan en forma más extensa y con mayor severidad, en la “zona de tráfico pesado” comprendida entre las progresivas km -3+080 (Av. Chulucanas) y km 0+000 (Desvío Sullana) y, en forma localizada y crítica, en las zonas de tráfico lento y de parada (Áreas de ubicación de gibas, semáforos, paraderos de buses, accesos a estaciones de servicio, acceso de balanza de pesado de vehículos), lo cual se ilustra claramente en el panel Fotográfico. (Ver Anexo III)

[11] **Deformación plástica o irreversible**. Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

En síntesis se tiene una problemática que tiene dos aspectos principales, la ocurrencia de las deformaciones en sí y el proceso de aceleración progresiva del grado de severidad de las mismas. El tema de la ocurrencia de los ahuellamientos será materia del planteamiento de las hipótesis de falla en el ítem siguiente.

2.8.Hipótesis de trabajo

Según lo revisado en estudios anteriores a este trabajo, experiencias con problemas de este mismo género y según las condiciones identificadas en el Sector Óvalo Cáceres – Desvío Sullana, las posibles causas y factores que se correlacionan con la deformación permanente son las siguientes:

a) Tráfico pesado, velocidades bajas, zonas de parada, sobrecargas.

b) Clima del área del proyecto extremadamente cálido en las estaciones de verano con temperatura ambiente con un máximo de hasta 38°C.

c) Mezcla asfáltica con matriz de agregados de granulometría arenosa.

d) Cemento asfáltico empleado de acuerdo a lo especificado, con grado de penetración PEN 60-70.

e) Calentamiento de la capa asfáltica por encima de los 56°C, temperatura superior al Punto de Ablandamiento del Cemento Asfáltico PEN 60-70, cuyo valor reportado en los controles es 50°C.

De lo antes expuesto se pueden plantear las siguientes hipótesis referentes al origen de los ahuellamientos en el pavimento asfáltico del sector en estudio:

1. El origen del problema está asociado a condiciones específicas actuales del entorno (tráfico, clima, sobrecargas, etc.), mas no asociado a un tema de diseño.

2. El ahuellamiento es consecuencia de un fenómeno solamente localizado en la carpeta de rodadura, mas no resultado de algún problema en los materiales de fundación.

3. En un proyecto de características similares al sector en estudio, cumplir con las especificaciones de la EG-2000 no garantiza un adecuado y exitoso performance del pavimento asfáltico.

Capitulo 3

Evaluación del pavimento

3.1.Alcances generales

Como parte de los servicios contratados por la empresa Concesionaria IIRSA NORTE con la empresa consultora CAMINEROS S.A.C., con la finalidad de elaborar un estudio técnico para determinar las causas de las deformaciones permanentes que comenzó a experimentar la carpeta asfáltica del pavimento en el sector Óvalo Cáceres – Desvío Sullana (km 0+000 al km 4+731), estuvo la ejecución de un programa de trabajos de campo cuyo objeto fue obtener la información básica requerida para efectuar una evaluación completa de los deterioros, los factores que inciden en ellos y un diagnóstico sobre el mecanismo de falla que los explique.

Para tal fin, se realizaron los trabajos entre los días 08 y 25 de Septiembre del 2010, días en los cuales se procedió a efectuar un programa intensivo de actividades en función a los objetivos indicados.

Los trabajos se desarrollaron en dos (2) etapas: la 1° Etapa: evaluación del pavimento en campo, incluyó la evaluación superficial del pavimento (Método PCI), el estudio de la velocidad de recorrido mediante la metodología del Observador Móvil, conteos para la determinación del volumen y la clasificación vehicular, encuestas origen – destino, censo de cargas, control de la presión de inflado de los neumáticos y la medición de la temperatura del pavimento. Luego, la 2° Etapa: evaluación de los materiales, incluyó la realización de un estudio de las temperaturas del pavimento, así como su influencia en el cemento asfáltico. Asimismo, esta etapa contempló un estudio de mecánica de suelos (EMS).

Como actividad inicial se efectuó un reconocimiento general a lo largo del tramo mediante un recorrido pormenorizado, en el cual se fue levantando información con la finalidad de reconocer los principales tipos de fallas existentes en la vía e identificar sectores homogéneos en función al tipo y severidad del deterioro del pavimento. Asimismo, se identificaron los elementos existentes que de alguna forma podrían ser generadores de alguna tipología de falla, como por ejemplo: la ubicación de las gibas, semáforos, intersecciones viales, paraderos informales, desvíos para el tráfico pesado, etc. Los resultados de esta actividad se han plasmado en los puntos que vienen a continuación:

3.2.Determinación del Índice de Condición del Pavimento

De acuerdo a la programación de los trabajos, la evaluación superficial del pavimento se ejecutó los días 10 y 11 de setiembre del 2010. Como parte de esta actividad se realizó un inventario general de la fallas existentes sobre la superficie del pavimento, desarrollando para ello la metodología para la determinación del Índice de Condición de Pavimento – PCI (*Pavement Condition Index*) en cada uno de los lotes en que se subdividió inicialmente el sector en estudio (del km 0+000 al km - 4+731), tomando como referencia: la norma de ensayo **ASTM D 6433 – 07** *(Standard P ractice for R oads and P arking L ots P avement Condition Index)* y la traducción/ interpretación en español presentada en el libro: "Curso de Actualización de Pavimentos[12] "

Para la aplicación de la metodología, se consideró evaluar en forma continua y completa la totalidad del sector, es decir, el 100 % de la superficie del pavimento, dividiendo para tal fin los 4.7 km de longitud del tramo evaluado, en 253 lotes de 20 metros de longitud (ancho promedio existente de la calzada: 7.20 metros). Se evaluaron todos los lotes pese a que la metodología de la norma antes citada establece como premisa inicial que para determinar el PCI de un tramo, no es necesario evaluar toda la longitud del tramo sino un número determinado de lotes. La cantidad y la designación de los lotes a evaluar se estiman mediante una formulación detallada en el método[13].

Luego, mediante un recorrido minucioso se efectúo la inspección y auscultación de cada uno de los lotes, donde se calificó la severidad y extensión de cada falla, considerando también la superposición de ellas, para finalmente determinar un valor estadístico representativo de la condición de conservación que presenta el pavimento.

Así, de la inspección visual realizada en las mencionadas fechas, se constató que solamente existen daños del tipo "ahuellamiento" en el pavimento en ambos carriles y en ambas huellas de los neumáticos. Los registros específicos, en el formato sugerido por el Método PCI, se encuentran en el Anexo IV.

3.3.Estudio de Tráfico

Entre los días 13 y 24 del mes de Setiembre del 2010 se llevaron a cabo los trabajos de campo correspondientes a un estudio de tráfico cuyos alcances son:

a) Determinación del volumen de tráfico mediante la ejecución de conteos de vehículos durante 7 días continuos, por 24 horas al día, y considerando la tipología vehicular de acuerdo a la nueva Guía AASHTO 2008 compatibilizada con la clasificación peruana, pero considerando en este caso la totalidad de vehículos (Ligeros y Pesados).

b) Determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA) en base a los resultados de los conteos y considerando factores de corrección semanal, mensual y anual de ser el caso. Comparación entre el IMDA anual y el IMDA del proyecto precedente elaborado en el año 2006.

---

[12] Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela, 2002.

[13] Véase el Apéndice A. *"Pavement C ondition I ndex, p ara pav imentos as fálticos y de c oncreto e n carreteras"*; documento preparado por el Ing. Luis Vásquez V., en base a la Norma ASTM D6433-07

c) Determinación de la Clasificación Vehicular, considerando Vehículos Livianos y Pesados (Tipos 1 a 13) y considerando únicamente Vehículos Pesados (Tipos 4 a 13).

d) Cálculo del Número de Ejes Equivalentes de acuerdo a la normativa del la Guía para Diseño Estructural de Pavimentos AASHTO 1993, previo cálculo de los Factores de Equivalencia de Carga y Factores de Corrección por Presión de Inflado, en base a los resultados del censo de cargas.

e) Determinación de los Espectros de Cargas por eje *(Axle-Load Spectra*)

f) Determinación de la asignación de viajes de acuerdo a los resultados. Elaboración de la matriz Origen- Destino.

g) Análisis de problemas de congestión y nivel de servicio en el tramo en estudio y sus probables efectos en el deterioro del pavimento. Determinación de la velocidad del tráfico, mediante un muestreo para diversas horas del día, considerando por lo menos la hora de mayor congestión y la hora de flujo libre.

h) Ejecución de un censo de cargas de los vehículos pesados en forma continua, durante 10 días, 24 horas por día.

   Para el censo de cargas se ha considerado los tipos de vehículos pesados establecidos por la normativa AASHTO (NCHRP 1-37A, 2004), basada en la clasificación de la *Federal H ighway A dministration* (FHWA) que considera 13 tipos de vehículos, de los cuales se consideran solamente desde la clase 4 a la clase 13 para fines de diseño de pavimentos (Vehículos Pesados); esta clasificación ha sido compatibilizada con la establecida por el D.S.Nº 058-2003-MTC (Reglamento Nacional de Vehículos).

i) Medición de la presión de neumáticos de los vehículos; esto con el fin de realizar las corrección por presión de inflado en el cálculo de los EAL's.

3.3.1.Volumen de tráfico

El trabajo consistió en la realización de conteos de vehículos durante siete días continuos, por 24 horas al día, considerando la totalidad de vehículos. El conteo fue realizado entre los días 13 y 20 de setiembre en el tramo mencionado. Con la finalidad de obtener información que permita analizar el problema del tráfico en el tramo de estudio, el conteo se realizó en cuatro estaciones ubicadas en los siguientes lugares:

Estación 1
Ex Peaje (km -0+475)

Estación 2
Frente a Fábrica Textil (altura de la intersección de Carretera Panamericana con la Av. Chulucanas, km -3+080)

Estación 3
Frente al Proyecto Chira – Piura (Altura de la intersección de Carretera Panamericana con Av. Marcavelica, km -4+090)

Estación 4
Frente al Club de Tiro (Altura del Ovalo Cáceres, km -4+731).

En todas las estaciones se contó el tráfico de manera continua (24 hrs), tanto vehículos ligeros como pesados. También se realizó la clasificación de todos los vehículos, detallando el tipo de vehículos ligeros y pesados. En este último caso se registró el detalle de la configuración de ejes, según la establecida por el Reglamento Nacional de Vehículos y posteriormente se hará parangón con la clasificación establecida por la *Federal Highway Association* (FHWA). Esta información servirá para la determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA) y posterior cálculo del número de Ejes equivalentes de carga (EAL's). El IMDA actual será comparado con el IMDA del proyecto de ingeniería de detalle (PID) elaborado en el año 2006.

El flujo vehicular en una sección puede medirse situando un observador que cuente todos los vehículos que pasan por ella durante un periodo determinado. Para facilitar el conteo, suelen utilizarse formatos preparados y contadores manuales que el operador acciona cada vez que pasa un vehículo. Estos aforos tiene la ventaja que permiten distinguir entre los distintos tipos de vehículos, lo que puede resultar difícil con contadores automáticos. Para lograr identificar los vehículos de acuerdo a su clasificación vehicular, el personal fue debidamente capacitado.

En el caso de vehículos pesados, se aplicó un método sencillo para registrar el detalle de la configuración de ejes, según la establecida por el Reglamento Nacional de Vehículos, utilizando una codificación sencilla según la disposición de ejes: (1) para eje simple, (2) eje doble y (3) eje triple.

Con la finalidad de evitar confundir vehículos con un mismo ordenamiento de ejes pero de distinta clasificación, se colocaba una barra inclinada (/) donde correspondía el acoplamiento. En la Figura 3.1. se puede apreciar el formato utilizado para el conteo en campo.

3.3.2.Número de Ejes Equivalentes de Carga (EAL's)

El cálculo del Número de Ejes Equivalentes se ha realizado de acuerdo a la normativa de la Guía para Diseño Estructural de Pavimentos AASHTO 1993, previo cálculo de los Factores Equivalentes de Carga (LEF[14]) y Factores de corrección por presión de inflado.
De acuerdo con la Guía AASHTO 93, para calcular los factores equivalentes de carga, se debe asumir un valor de Número Estructural (SN), así como la serviciabilidad final (ρt). En este caso, se ha trabajado con un SN = 4 y ρt = 2.5 (carreteras de alto tránsito).

[14] De sus siglas en inglés: *Load Equivalent Factors (LEF)*

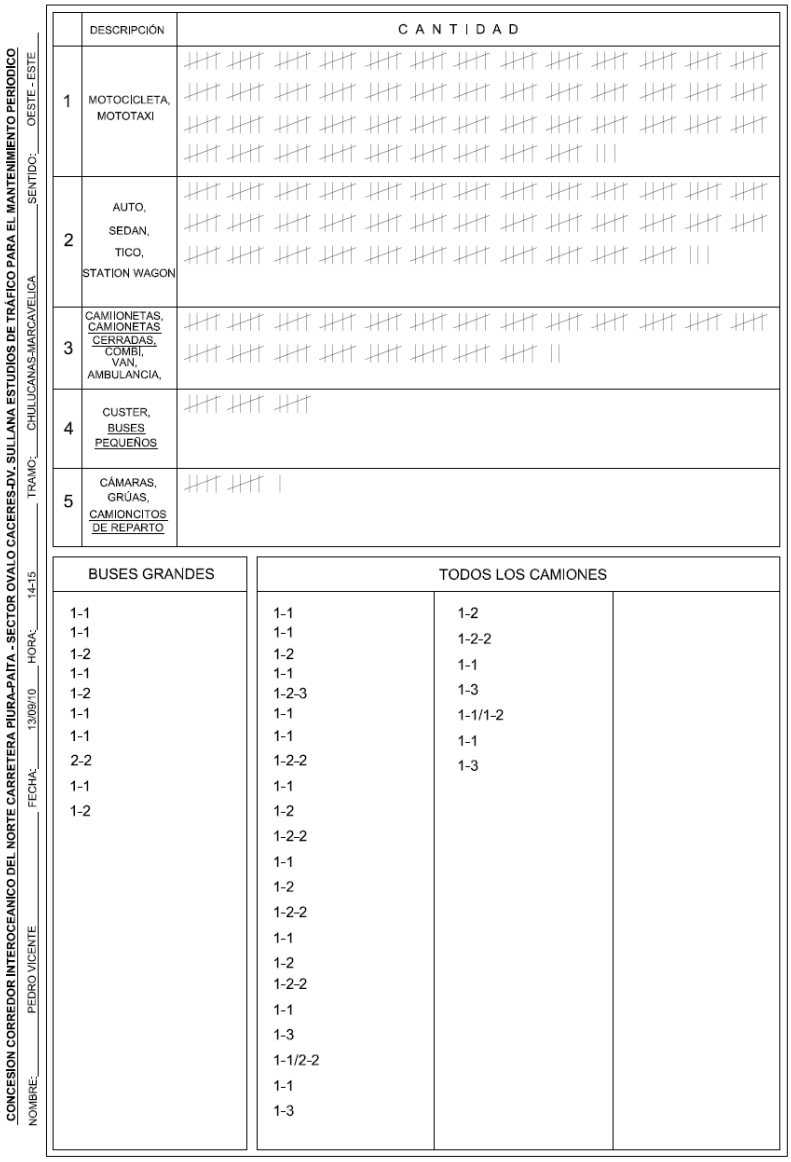


Figura 3.1. Formato típico con datos de conteo y clasificación vehicular

3.3.2.1. Corrección por presiones de inflado

Para determinar el factor de ajuste que se aplicará al factor equivalente de carga por vehículo, se ha utilizado la Figura 3.2, el cual está en función del espesor de concreto asfáltico y la presión de contacto (ambos valores conocidos).

La corrección por presión de inflado se ha realizado utilizando parte de la muestra (vehículos) que fueron pesados en la balanza móvil. Se ha realizado esta corrección para cada tipo de eje y para cada tipo de camión, con lo cual se halla un factor equivalente de carga (LEF) ajustado por tipo de eje y en consecuencia un Factor camión ajustado (TF); es con este valor con que se han calculado los ejes equivalentes de carga (EAL's).

Debido a que las mediciones de presión de inflado no pudieron ser realizadas a todos los vehículos que ingresaron a la balanza, se ha considerado aplicar su corrección utilizando un valor promedio para cada camión.

El proceso de cálculo se puede resumir de la siguiente manera:

1) Se calcula el valor de la presión de inflado promedio (por cada eje) de la recopilación de datos tomados en la balanza

2) Luego, a cada presión promedio de inflado se multiplica por un factor de 0,9 para hallar la presión de contacto

3) Con la Figura 3.2 se calcula el factor de ajuste para cada tipo de eje.

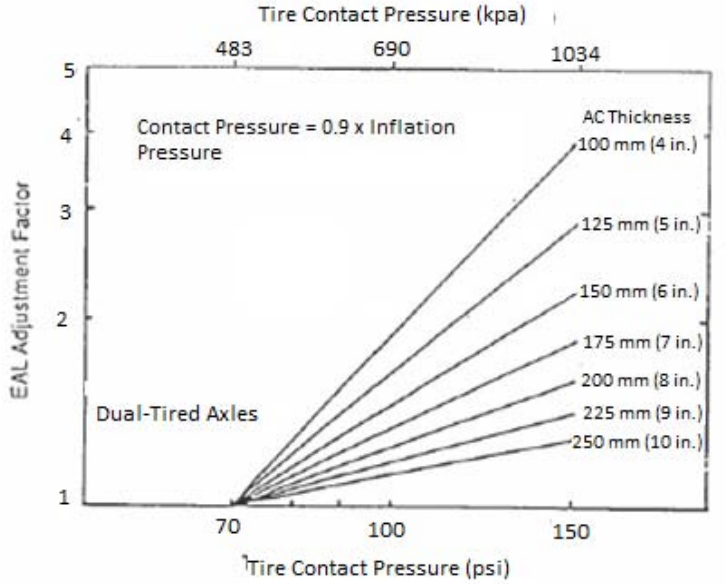


Figura 3.2. Factores de ajuste para el cálculo de EAL
Fuente: Manual MS-1

A manera de comprobación, el Manual *MS-1*[15] calcula también el factor de ajuste por presión de inflado de forma matemática, lo que resulta en una curva logarítmica que se ajusta de manera muy apropiada a la gráfica real. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$F_{EAL_{adjustement\ factor}} = \log_{10}\left(0.02371 \cdot 10^{0.375 \cdot P_c}\right) \qquad \textbf{(Ec. 3.1)}$$

Donde:
Pc = Presión de contacto
F_{EAL}: Factor de ajuste por presión de contacto

Se hace notar que aunque se tienen datos de pesos en la balanza, faltan datos de presión de inflado para algunos tipos de camiones. Por tal motivo, en aquellos camiones que no se tiene datos, se ha asumido *un factor de corrección igual a 1* .Como el rango de presiones oscila entre 80-110 psi y el factor de ajuste que se espera es mayor que uno, se producirá una amplificación de los factores camión, por lo cual se espera también una amplificación de los ejes equivalentes.

[15] *Manual MS-1: "Thickness Design-Highways & Streets"., Kentucky Transportation Research Program (1985)*

3.3.2.2. Cálculo de EAL's

El Número de Ejes Equivalentes de Carga (EAL's) se ha calculado en base a los resultados del IMDA (con datos de los 12 días de registro). El número de EAL's se ha calculado con la siguiente fórmula:

$$EAL_{año} = IMDA\ x\ HV\ x\ TF\ x\ 365x\ DD\ x\ LD\ x\ GF \qquad \textbf{(Ec.3.2)}$$

Donde:

% HV: porcentaje de vehículos pesados, según el tipo.
TF : Factor Camión. Promedio para cada tipo de camión (Tabla 4.34)
DD : Direccionalidad
LD : Factor de distribución de carril (LD=1, "1 carril en cada dirección")
GF : Factor de crecimiento (GF = 1, porque se desea hallar el tráfico actual)

3.3.3.Censo de cargas vehiculares

Como parte de las actividades programadas se desarrolló un censo de cargas por eje de vehículo (pesados) y la verificación de las distancias entre ejes de los vehículos pesados típicos que transitan por la vía, con el propósito de calcular los efectos destructivos que ejercen sobre el pavimento, y para ello se deberá:

- Calcular el número de ejes equivalentes al eje estándar del diseño
- Establecer las distribuciones de frecuencias de la magnitud de las cargas (espectros de cargas) por tipo de eje y por tipo de vehículo.
- Estimar los niveles de sobrecarga que actualmente producen en el tramo en estudio, los mismos que son causantes del incremento del daño prematuro de las estructuras viales y por ende la reducción de la vida útil de las vías, además del incremento de los costos de mantenimiento y la reducción del nivel de serviciabilidad.

La normativa vigente respecto al control de Pesos y Medidas vehiculares en el Perú se rige en función al **Decreto Supremo DS 058-2003-MTC** y sus modificatorias.

En relación a los trabajos efectuados en campo, para el inicio de las actividades se instalaron 02 balanzas móviles dentro del sector en estudio, localizadas ambas en la progresiva Km -0+475; una de ellas para censar a los camiones en la dirección Paita-Piura y la otra para pesar los vehículos que circulaban en la dirección contraria. Ambas balanzas fueron provistas del personal, elementos de seguridad e iluminación necesarios para operar las 24 horas del día con todas las medidas de seguridad que el caso requería. El periodo de evaluación fue a partir del día 13 hasta el 24 de setiembre del 2010.

El control del peso de los vehículos se desarrolló mediante un sistema dinámico de pesaje, lo que significa que los ejes de los vehículos se pesan en movimiento, a una velocidad sostenida de 6 a 10km/h, lo que permite cuantificar los pesos por eje y peso bruto vehicular de forma precisa.

El procedimiento necesario para levantar la información comprende los pasos que a continuación se describen:

a. Ingreso del camión a la rampa de acceso.
b. El vehículo debe reducir la velocidad del vehículo hasta alcanzar el rango especificado, para luego direccionarlo hacia las placas del sistema de pesaje.
c. Luego, al paso de cada eje del camión, el equipo mecánico captura los datos de las placas (PATH) y los transforma en información útil para alimentar el Sistema (Convertidor Daw 300). Cada una de las placas está unida por cableado al sistema portátil la cual procesa la información de los pesos y envía ésta a una laptop (PC) para visualizar los pesos registrados. Es importante destacar que el operador debe ingresar el tipo de vehículo y placa del camión en el software (laptop) antes o durante el pesaje del vehículo.
d. El camión procede a retirarse de las mallas o fajas niveladoras.
e. Finalmente, a la salida de los camiones de las balanzas móviles concluido el pesaje, se realizaron las Encuesta Origen Destino.

3.3.4.Medición de Velocidad de tráfico

Para evaluar la velocidad de los vehículos que transitaban en el Sector Óvalo Cáceres – Desvío Sullana, se realizaron mediciones de velocidad puntual en el tramo de mayor deformación permanente, el mismo que se caracteriza por presentar velocidades bajas sobre todo de vehículos pesados. Se han realizado mediciones de velocidad en tres puntos, dos de los cuales presentan elementos de control de tráfico (gibas o semáforos) Estos tres lugares son los siguientes:

1. Ex Peaje (Km -0+370)
2. Terminal Pesquero (Km -2+120, zona de gibas)
3. Av. Chulucanas (Km -3+040, zona de semáforo)

Las mediciones se realizaron con un dispositivo automático tipo radar (en forma de pistola), similar a la que usan los efectivos policiales para el respectivo control de velocidad en carreteras.

Cuando se trata del registro de velocidades de punto y donde solamente puede ser medido un porcentaje de los vehículos en una determinada sección, se deben recolectar datos con base en una muestra que permita caracterizar la población (volumen total de tránsito que pasa por dicha sección durante el periodo de estudio).

La estadística descriptiva y la inferencia estadística se utilizarán en el análisis de los datos de velocidad de punto, debido a la incertidumbre que existe en la caracterización de la población a partir de variables basadas en una muestra y debido a que no todos los vehículos en la corriente de tránsito viajan a la misma velocidad, sino que por el contrario siguen una distribución de velocidades dentro de un amplio intervalo de comparación.

3.3.5.Medición del flujo vehicular. Método del Observador Móvil.

Con la aplicación de esta metodología se busca obtener la información básica para construir un modelo de flujo vehicular, que considere las variables básicas relacionadas con la congestión: Velocidad (v), Densidad Vehicular (k) y Flujo (q).

El método del observador Móvil ha sido aplicado en dos segmentos del sector, teniendo en cuenta la diferencia observada *a pr iori* en el comportamiento del flujo vehicular y

velocidad; estos segmentos se ubican antes y después del semáforo ubicado en la intersección de la carretera Panamericana con la Av. Chulucanas; el segmento I: Ex peaje – Av. Chulucanas, y el segmento II: Av. Chulucanas – Óvalo Cáceres.

El conteo se realizó clasificando los tipos de vehículos observados de la siguiente manera: autos y camionetas, motos y mototaxis, combis y minibuses y finalmente vehículos pesados. Para realizar esta labor fue necesario emplear tres observadores ubicados en el vehículo de prueba.

Para asegurar una confiabilidad estadística aceptable, la prueba se realizó varias veces. Para cada uno de los tramos se realizaron 06 recorridos para cada hora de análisis, habiéndose seleccionado las horas punta de la mañana, de la tarde y de la noche para la toma de datos. Las mediciones se realizaron entre los días 14 y 20 de setiembre.

3.3.6.Encuestas Origen - Destino

Las encuestas Origen/Destino forman parte de un estudio básico que nos permite conocer la cantidad de viajes, los desplazamientos, los tiempos de viaje y las rutas que diariamente realizan los usuarios para desarrollar sus actividades cotidianas.

La metodología desarrollada en campo consistió básicamente en detener a los vehículos que pasan por un punto de la carretera en estudio, para obtener información sobre los viajes que realizan, principalmente sobre el origen y destino y frecuencia de viaje; asimismo, en este tipo de encuestas también se recoge información acerca de los tipos de vehículos, tipo y cantidad de carga o número de pasajeros.

El propósito fundamental de estos trabajos es registrar y procesar la información cuantitativa, confiable y actualizada, relativa a la demanda existente de transporte de la vía en estudio. La Tabla 3.1. muestra un formato similar al que se usó en campo para recolectar la información requerida.

Las encuestas Origen/destino se realizaron en el mismo período de los censo de cargas vehiculares, por lo que los encuestadores fueron localizados en el Km -0+475 (Ex Peaje Carretera Piura – Paita), lugar donde se ubicó la Balanza Móvil para los trabajos de pesaje de vehículos. Para contar con un registro de las encuestas completo se consideró conveniente ubicar encuestadores en ambos sentidos del recorrido (Paita-Piura y Piura-Paita).

Tabla 3.1. Formato de Encuesta Origen - Destino

ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO
ESTUDIO DE TRAFICO PARA EL MANTENIMIENTO PERIODICO

PROYECTO : **Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)**
SECTOR : **Piura-Paita**
TRAMO : Ovalo Cáceres - Desvío Sullana

ESTACION :
FECHA :
ENCUESTADOR :

Sentido	Hora	Placa	Tipo Vehiculo	Tipo de Combustible	Producto de Transporte	Origen	Destino	Motivo de Viaje	N° Asiento	N° Pasajer.	Marca	Modelo	Año	Peso Seco	Carga Util

3.4.Monitoreo de la temperatura

3.4.1.Temperatura ambiente

Como parte del estudio del pavimento, se llevaron a cabo mediciones de temperatura entre el 14 y 23 de setiembre del 2010. Es claro que la temperatura del pavimento es muy importante, sin embargo, también lo es conocer las temperaturas ambiente para poder compararlas. Cabe indicar que además del registro de temperaturas de ambiente entre los días mencionados, se solicitó a una estación meteorológica[16]:

a) Registro horario de temperaturas ambiente (máximas y mínima)
b) Registro diario temperaturas ambiente (máximas y mínima), entre el período de 1990 y 2010; esto con el fin de analizar la variabilidad de las mismas a lo largo de estos últimos 20 años.

3.4.2.Temperatura del pavimento

Con la finalidad de establecer las condiciones de servicio de la carpeta asfáltica, se realizaron mediciones de temperatura en el asfalto, comprendiendo registros de:

a) Temperatura superficial del pavimento
b) Temperatura a 20 mm de profundidad
c) Temperatura a la mitad de profundidad de las capas asfálticas (aprox. 65 mm)
d) Temperatura en la base de las capas asfálticas (aprox. 130 mm de profundidad)

La medición de la temperatura del pavimento se realizó con la finalidad de conocer las condiciones climáticas extremas a las que se solicita la estructura del pavimento durante el día (24 horas), específicamente la carpeta asfáltica, la misma que sufre cambios en su rigidez de acuerdo a la variación de temperatura diaria. Para el caso de aparición de deformaciones permanentes, la combinación de factores “pérdida de rigidez + aplicación de cargas pesadas” podrían explicar la generación de dichos deterioros, lo que justifica un estudio particular del caso.

Los instrumentos necesarios para realizar el control horario fueron básicamente: un termómetro de precisión (con termocupla[17]), una perforadora mecánica (taladro) y cinta métrica para controlar las profundidades de medición. Las mediciones se efectuaron en las huellas interna y externa de cada carril, para las ubicaciones determinadas a la largo del tramo en estudio, especialmente en las zonas que presentan los valores máximos de ahuellamiento. Los puntos donde se realizaron las mediciones fueron:

a) Estación de Ex-peaje (Km -0+370)
b) Terminal Pesquero (Km -2+120)
c) Cruce con Av. Chulucanas (Km -3+040)

El registro de las temperaturas de Ambiente y de Pavimento se muestra en el Anexo VII.

[16] Datos de temperatura entregados por la Estación Meteorológica de la Universidad de Piura (UDEP).
[17] Una termocupla es un sensor para medir temperatura. Consiste en dos cables de metales distintos, conectados en un extremo donde se produce un pequeño voltaje asociado a una temperatura. Ese voltaje es medido por un termómetro de termocupla.

Capitulo 4

Análisis de datos y resultados

4.1.Alcances generales

En este capítulo se mostrará el análisis con respecto a los datos y resultados obtenidos del procesamiento de información recogida en campo, antes y durante el estudio. Asimismo, se hará un breve análisis de la capacidad estructural y funcional del pavimento tomando los datos de la "evaluación del pavimento" realizada por la empresa consultora APSA en el año 2009 (dos años y medio después de la rehabilitación de la carretera, Sector Óvalo Cáceres – Desvío Sullana). Si bien es cierto, este último análisis se hará con información recopilada un año antes del presente estudio, sirve como referencia para evaluar el comportamiento funcional y estructural del pavimento e identificar si existían problemas de índole similar en aquellas fechas.

4.2.Evaluación Funcional del pavimento (Febrero, 2009)

Al comportamiento funcional de un pavimento le concierne cuán bien le sirve el pavimento al usuario de la carretera. El confort o la calidad de la transitabilidad es la característica dominante del comportamiento funcional. Para cuantificar el confort de la transitabilidad, se desarrolló el concepto de "serviciabilidad-comportamiento" por el personal de la Carretera Experimental AASHO en 1957[18]. En tal enfoque, la serviciabilidad de un pavimento es expresada en términos de una media de la Calificación de la Serviciabilidad Presente[19] por un panel de usuarios de carreteras.

El PSR fue correlacionado con mediciones de la condición del pavimento y se llamó Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI por sus siglas en inglés). El comportamiento de un pavimento fue representado por la historia de su serviciabilidad. El PSI se obtiene de medidas de la rugosidad y fallas (p.ej., agrietamiento, bacheo y *profundidad de la huella para pavimentos flexibles*) en un tiempo dado durante la vida de servicio del pavimento. El perfil longitudinal es el factor dominante en la estimación del PSI de un pavimento y es por lo tanto, el principal componente del comportamiento.

[18] Carey, W. y P. Irick (1962). *The Pavement Serviceability-Performance Concept*, Highway Research Board Special Report 61E, AASHO Road test

[19] De sus siglas en inglés *Present Serviceability Rating* (PSR).

A partir de los valores de IRI[20] (*International Roughness Index*) medidos por la empresa APSA en el mes de Marzo del 2009, se calculó el valor del Índice de Serviciabilidad del pavimento denominado PSI (*Present Serviceability Index*).

Los valores estándar del PSI varían entre 0 y 5, donde una índice de 0 significa que la vía es intransitable y un valor de 5 representa una superficie perfectamente plana. Para obtener el PSI se utilizarán la teoría y algoritmos producto del Experimento Internacional para la Rugosidad de Caminos[21], lo cual permitió establecer el estado de avance del deterioro del pavimento en función a los parámetros de diseño del método AASHTO 1993 y establecer el tipo de tratamiento para mantenimiento que debe ejecutarse. A continuación se muestra la ecuación de cálculo del PSI en función del IRI, que se dio a conocer en el mencionado experimento:

$$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}} \ldots\ldots\ldots \quad \textbf{(Ec.4.1)}$$

Donde:
PSI: Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento
IRI: Índice de Rugosidad Internacional

Para la medición de la rugosidad en el campo se empleó un Perfilómetro Láser, el cual fue montado en una vagoneta y conectado a una computadora portátil para la captura automática de los datos. Se registran datos cada 20 m, no obstante, luego se calcula el IRI para secciones de 100 m (IRI_{100}), tanto en el carril izquierdo (Pista 1) como en el derecho (Pista 2). El perfilómetro mide la rugosidad en la huella del pasajero (HP) y en la huella del conductor (HC) y posteriormente se calcula el promedio de los dos (IRI_{prom},) con el cual se calcula luego el valor de PSI).
En la siguiente sección se exponen las tablas con los valores de IRI Media Deslizante[22] (IRI_{MD}) y el valor de PSI para cada sub tramo de 100 metros del sector en estudio (Óvalo Cáceres – Desvío Sullana). En la primera parte del *Anexo V* se muestra el detalle de las mediciones de IRI realizadas por APSA en el 2009.

Tabla 4.1. Valores de IRI MD y PSI, Pista 1

PK Inicio (km)	PK Fracción Inicio (m)	PK Fin (km)	PK Fracción Fin (m)	Longitud (m)	IRI MD (m/km)	PSI
-4	730	-4	700	60	--	3.05
-4	700	-4	600	100	--	3.47
-4	600	-4	500	100	--	3.56
-4	500	-4	400	100	--	3.19
-4	400	-4	300	100	--	3.31
-4	300	-4	200	100	--	3.53
-4	200	-4	100	100	--	3.65
-4	100	-4	000	100	--	3.52
-4	000	-3	900	100	--	3.47
-3	900	-3	800	100	2.1	3.59
-3	800	-3	700	100	2.0	3.70
-3	700	-3	600	100	1.9	3.83

(…continúa a la siguiente página)

[20] *IRI*: definido principalmente por el perfil de la zona de las huellas en cada pista.
[21] Los resultados de este experimento fueron publicados en el *World Bank Technical Paper* N° 45 (1986),
[22] IRI_{MD}: Valor promedio de diez datos consecutivos de IRI promedio de ambas huellas.

PK Inicio (km)	PK Fracción Inicio (m)	PK Fin (km)	PK Fracción Fin (m)	Longitud (m)	IRI MD (m/km)	PSI
-3	600	-3	500	100	1.9	3.90
-3	500	-3	400	100	1.8	3.71
-3	400	-3	300	100	1.7	3.86
-3	300	-3	200	100	1.7	3.58
-3	200	-3	100	100	1.7	3.82
-3	100	-3	000	100	1.6	3.60
-3	000	-2	900	100	1.6	4.04
-2	900	-2	800	100	1.5	3.96
-2	800	-2	700	100	1.5	3.74
-2	700	-2	600	100	1.5	4.11
-2	600	-2	500	100	1.4	4.05
-2	500	-2	400	100	1.4	4.00
-2	400	-2	300	100	1.4	4.02
-2	300	-2	200	100	1.3	3.88
-2	200	-2	100	100	1.3	3.89
-2	100	-2	000	100	1.3	3.73
-2	000	-1	900	100	1.3	3.85
-1	900	-1	800	100	1.3	4.03
-1	800	-1	700	100	1.3	3.70
-1	700	-1	600	100	1.4	3.81
-1	600	-1	500	100	1.4	3.88
-1	500	-1	400	100	1.4	3.75
-1	400	-1	300	100	1.5	3.73
-1	300	-1	200	100	1.5	3.68
-1	200	-1	100	100	1.5	3.86
-1	100	-1	000	100	1.6	3.42
-1	000	0	900	100	1.6	3.78
0	900	0	800	100	1.6	3.71
0	800	0	700	100	1.6	3.61
0	700	0	600	100	1.7	3.49
0	600	0	500	100	1.7	3.47
0	500	0	400	100	1.8	3.48
0	400	0	300	100	1.8	3.46
0	300	0	200	100	1.9	3.41
0	200	0	100	100	1.8	4.18
0	100	0	000	100	1.8	3.69

Tabla 4.2. Valores de IRI MD y PSI, Pista 2

PK Inicio (km)	PK Fracción Inicio (m)	Fin (km)	PK Fracción Fin (m)	Longitud (m)	IRI MD (m/km)	PSI
0	000	0	100	100	--	3.69
0	100	0	200	100	--	3.25
0	200	0	300	100	--	3.67
0	300	0	400	100	--	3.71
0	400	0	500	100	--	3.62
0	500	0	600	100	--	3.71
0	600	0	700	100	--	3.65
0	700	0	800	100	--	3.93

(…continúa a la siguiente página)

PK Inicio (km)	PK Fracción Inicio (m)	Fin (km)	PK Fracción Fin (m)	Longitud (m)	IRI MD (m/km)	PSI
0	800	0	900	100	--	3.91
0	900	-1	000	100	1.7	3.89
-1	000	-1	100	100	1.7	3.75
-1	100	-1	200	100	1.6	3.88
-1	200	-1	300	100	1.5	3.79
-1	300	-1	400	100	1.5	3.97
-1	400	-1	500	100	1.5	3.83
-1	500	-1	600	100	1.5	3.68
-1	600	-1	700	100	1.5	3.48
-1	700	-1	800	100	1.6	3.47
-1	800	-1	900	100	1.6	3.57
-1	900	-2	000	100	1.7	3.20
-2	000	-2	100	100	1.7	3.87
-2	100	-2	200	100	1.8	3.38
-2	200	-2	300	100	1.8	3.75
-2	300	-2	400	100	1.8	3.91
-2	400	-2	500	100	1.8	3.86
-2	500	-2	600	100	1.8	3.93
-2	600	-2	700	100	1.7	4.08
-2	700	-2	800	100	1.6	3.78
-2	800	-2	900	100	1.6	3.84
-2	900	-3	000	100	1.5	3.88
-3	000	-3	100	100	1.5	3.67
-3	100	-3	200	100	1.4	3.98
-3	200	-3	300	100	1.4	3.70
-3	300	-3	400	100	1.4	3.88
-3	400	-3	500	100	1.4	3.77
-3	500	-3	600	100	1.4	3.98
-3	600	-3	700	100	1.5	3.79
-3	700	-3	800	100	1.5	3.86
-3	800	-3	900	100	1.5	3.57
-3	900	-4	000	100	1.5	3.76
-4	000	-4	100	100	1.5	3.77
-4	100	-4	200	100	1.6	3.37
-4	200	-4	300	100	1.6	3.69
-4	300	-4	400	100	1.7	3.30
-4	400	-4	500	100	1.8	3.29
-4	500	-4	600	100	1.8	3.59
-4	600	-4	700	100	1.9	3.25
-4	700	-4	760	60	2.0	2.96

Tabla 4.3. Valores de IRI MD y PSI, Pista 3

PK Inicio (km)	PK Fracción Inicio (m)	PK Fin (km)	PK Fracción Fin (m)	Longitud (m)	IRI MD (m/km)	PSI
-4	730	-4	700	60	--	3.02
-4	700	-4	600	100	--	3.10
-4	600	-4	500	100	--	3.60
-4	500	-4	400	100	--	3.04

Tabla 4.4. Valores de IRI MD y PSI, Pista 4

PK Inicio (km)	PK Fracción Inicio (m)	PK Fin (km)	PK Fracción Fin (m)	Longitud (m)	IRI MD (m/km)	PSI
-4	400	-4	500	100	--	3.06
-4	500	-4	600	100	--	3.28
-4	600	-4	700	100	--	2.86
-4	700	-4	740	40	--	2.47

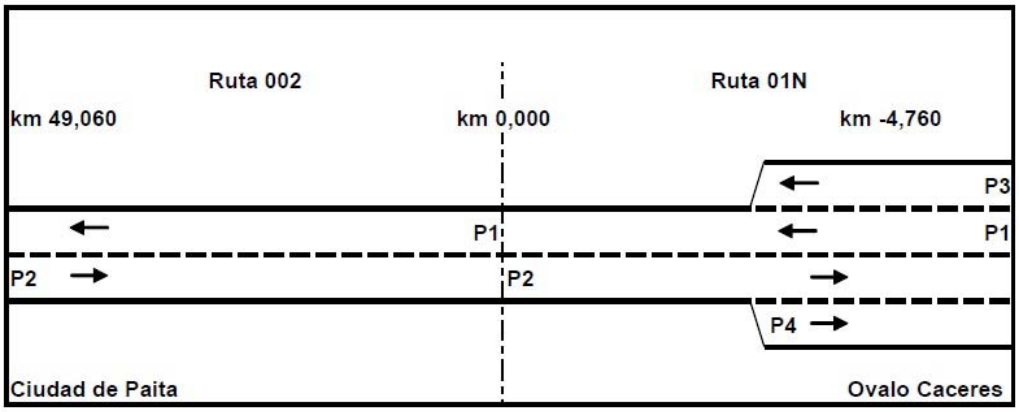


Figura 4.1. Numeración de Pistas según APSA
Fuente: Informe APSA, 2009.

En general se observa en la Figura 4.3, que la regularidad promedio (IRI_{100}=1.75 m/km) es inferior al límite de 2.0 m/km, estando un 100% de valores individuales por debajo a 2.5 m/km, a excepción del sector comprendido entre las progresivas km -4+400 y km -4+731 (tramo de inicio de doble vía), en donde los valores de la rugosidad superan los límites indicados. Por otro lado la media deslizante por kilómetro es, en todos los casos, inferior a 2.1 m/km. Respecto al Índice de Serviciabilidad Presente, el promedio de los valores calculados (PSI=3.65) es superior al límite para la Serviciabilidad Terminal (ρt) que fue asumido para el diseño del pavimento igual a 3.2, tal como se observa en la Figura 4.4.

De lo antes mencionado, verificamos que la Transitabilidad o Confort al transitar la vía, caracterizada en base a las mediciones analizadas, es en promedio "**buena**", según la clasificación establecida por el *AASHO Road Test,* tal como se muestra en la Figura 4.2.

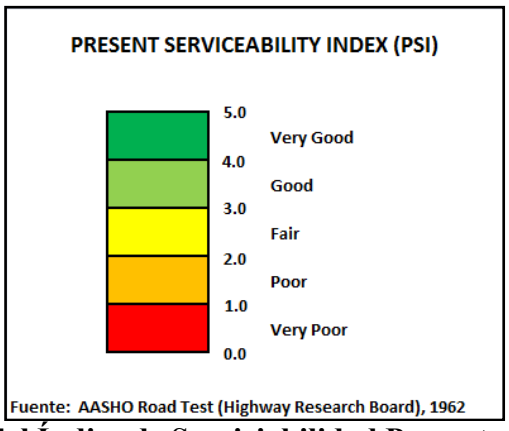


Figura 4.2. Niveles del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del pavimento

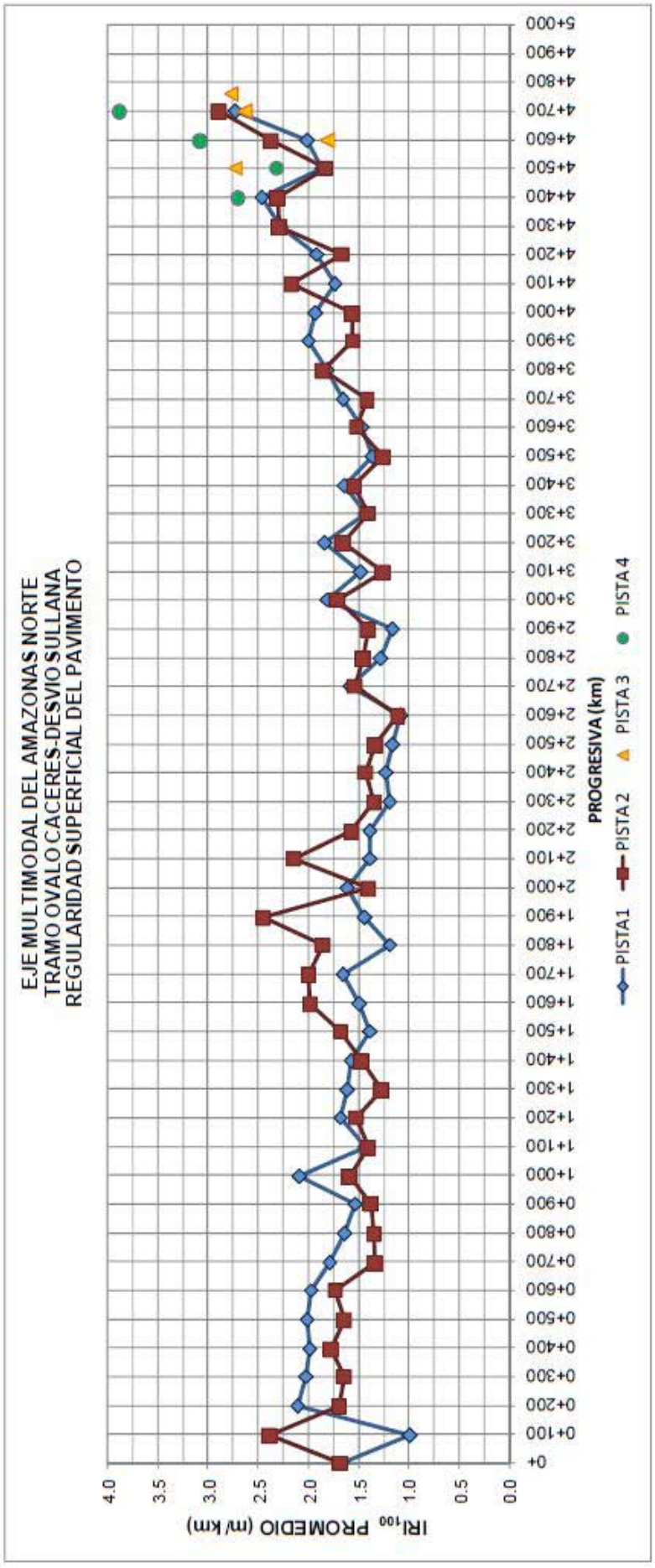


Figura 4.3. Valores de IRI_{100} promedio, Febrero 2009
Fuente: Informe Inicial de Camineros, Octubre 2010

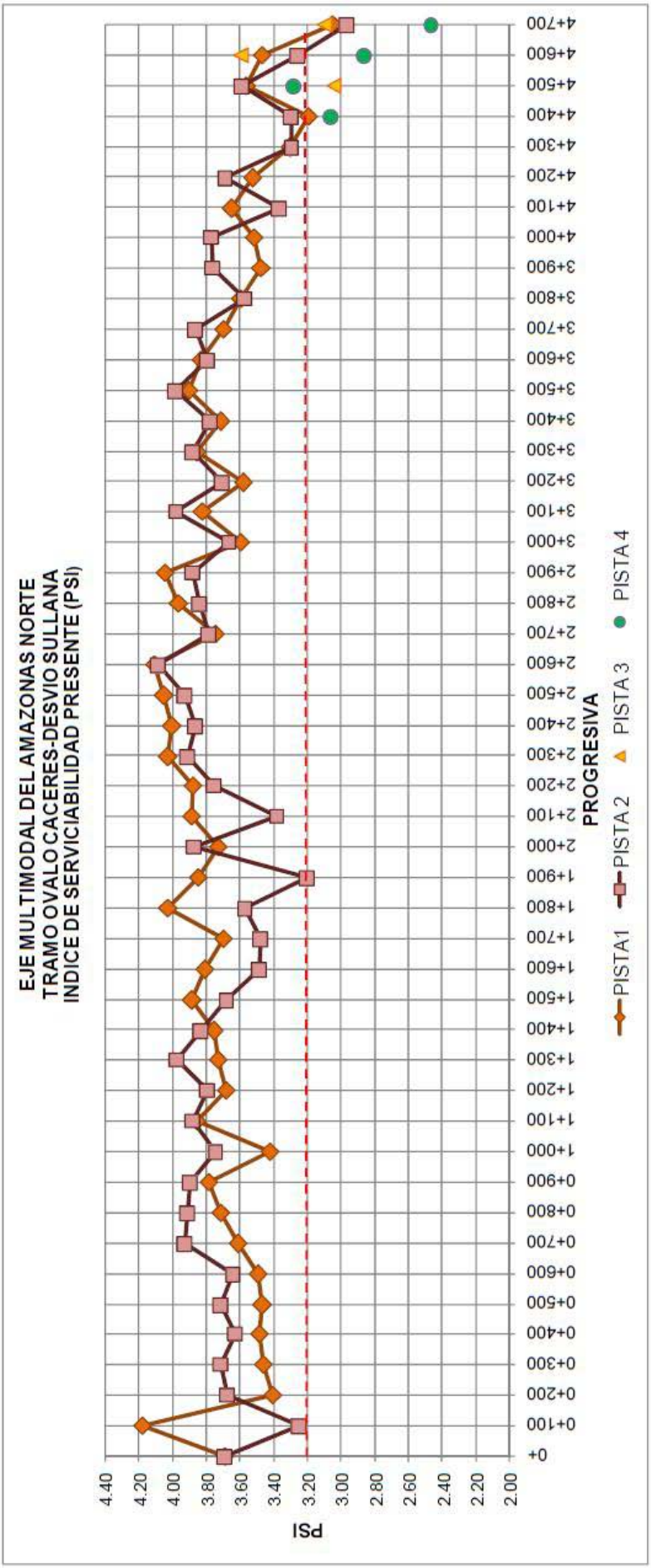


Figura 4.4. . Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento. Febrero 2009
Fuente: Informe Inicial de Camineros, Octubre 2010

4.3.Evaluación Estructural del pavimento[23](Febrero, 2009)

Durante los meses de febrero y marzo del 2009, la empresa consultora APSA también realizó un estudio para la evaluación estructural del pavimento a través la medición y el análisis de curvas de deflexiones. Para tal fin los ensayos de campo se efectuaron mediante el empleo de un deflectómetro de impacto pesado (*High Weight Deflectometer*, HWD), en puntos ubicados cada 200 m de longitud en forma alternada, tanto en el carril izquierdo como en el derecho, a lo largo de todo el tramo en estudio. En cada prueba el equipo aplicó una carga de 50 kN sobre la superficie de rodadura asfáltica, registrándose las deflexiones, además de la máxima en el centro del plato de carga, a 200, 300, 450, 600, 750, 900 y 1500 mm de distancia *off-set* (radio de acción). También se registró la temperatura superficial en forma automática y la temperatura media del pavimento asfáltico en forma manual.

Los valores medidos con el deflectómetro HWD se emplearon para determinar la caracterización de las capas según su rigidez y se obtuvo el parámetro de deflexión máxima (**D0**), Modulo Resiliente (**MR**) y Número Estructural (**NEeff**), los valores se muestran la Figura 4.5, Figura 4.6 y Figura 4.7, respectivamente. Estos parámetros se han obtenido mediante la aplicación de la metodología de la guía AASHTO 1993. Los alcances del estudio de deflectometría efectuado, se presentan en la segunda parte del Anexo V.

Con la finalidad de verificar los parámetros estructurales del sistema suelo pavimento obtenidos por APSA, los datos obtenidos en los ensayos de campo fueron procesados mediante la "Metodología YONAPAVE", la cual se basa en el empleo del Modelo de Hogg y en el concepto del área de cuenco de deflexión, llegando finalmente a la determinación del Módulo Resiliente del suelo (**E_{SG}**), el Módulo Equivalente del Pavimento (**EP**) y el Número Estructural Efectivo (**SN_{EFF}**). La ventaja que proporciona el método YONAPAVE es que los cálculos no dependen del valor del espesor del pavimento, el cual es un parámetro de alta variabilidad para el caso de una carretera que ha tenido múltiples intervenciones a lo largo de su vida de servicio. La exposición completa de la Metodología YONAPAVE, se presenta en el Apéndice C.

Para verificar los resultados obtenidos con el método AASHTO 1993 (APSA, 2009), se procedió a efectuar el análisis de los datos de deflexiones mediante el empleo del Método de retrocálculo YONAPAVE. Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo VI.

La Figura 4.8 presenta la correlación establecida entre los módulos de la subrasante calculada con el Método YONAPAVE y los calculados con el Método AASHTO 1993 (APSA 2009), observándose que los valores se agrupan alrededor de la línea de la igualdad, infiriéndose que la dispersión de los puntos para un MR > 200 MPa se debe a la influencia del espesor del pavimento en el módulo AASHTO 93. No obstante para MR < 200 MPa (CBR < 20%) la concentración de datos en la línea de la igualdad es bastante más significativa.

En general, se observa que los valores del módulo de subrasante (MR), calculados con el método AASHTO 1993 tienden a ser ligeramente más conservadores que los calculados (E_{SG}) con la metodología YONAPAVE. Sin embargo para efectos prácticos se asumirán similares, considerando los factores de seguridad del método AASHTO 1993.

[23] Camineros SAC. "*Informe inicial Estudio del pavimento asfáltico, tramo 6, Sector Óvalo Cáceres – Desvío Sullana".* Lima, Perú. Octubre 2010

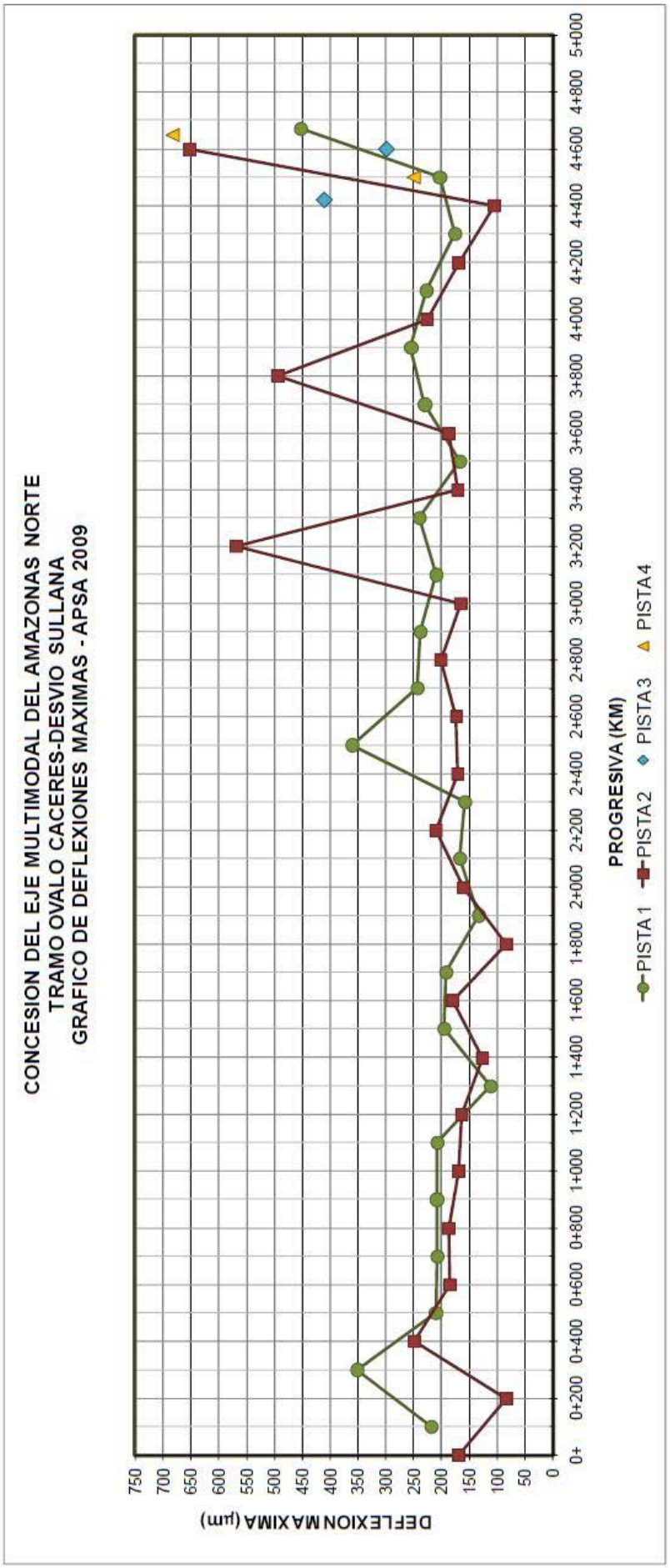


Figura 4.5. Gráfico de las deflexiones máximas (sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana)
Fuente: Informe Inicial Camineros. Octubre, 2010.

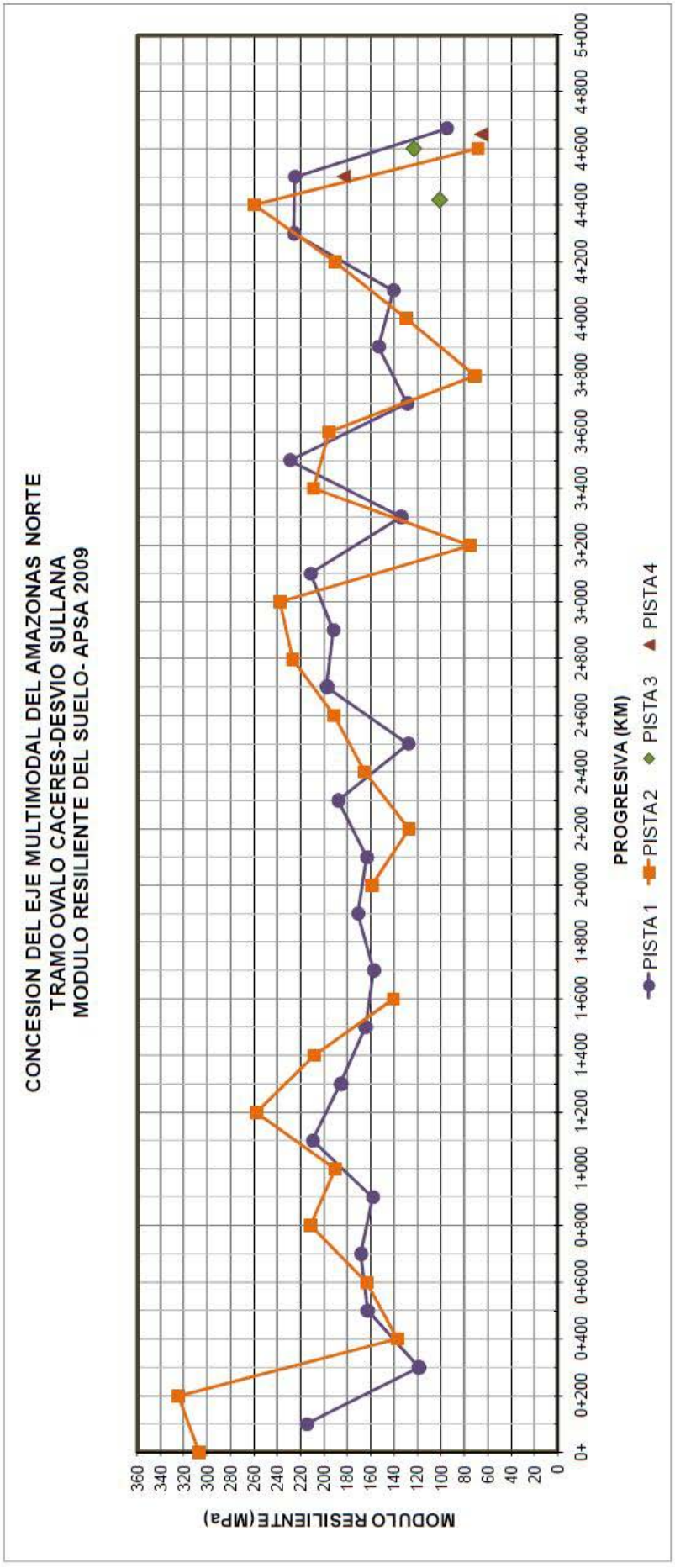


Figura 4.6. Módulo Resiliente del suelo de fundación (Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana)
Fuente: Informe Inicial Camineros. Octubre, 2010

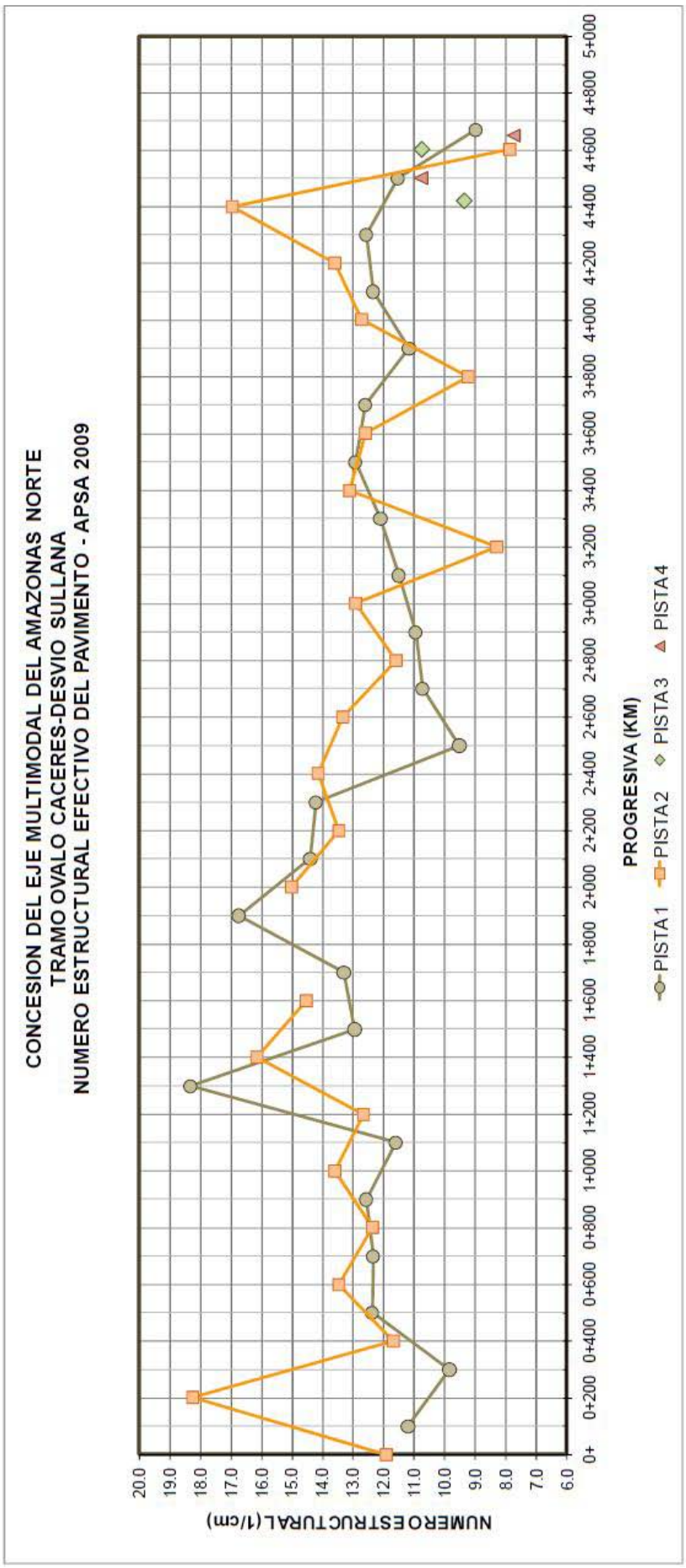


Figura 4.7. Número Estructural Efectivo del Pavimento (Método AASHTO 1993)
Fuente: Informe Inicial Camineros. Octubre, 2010

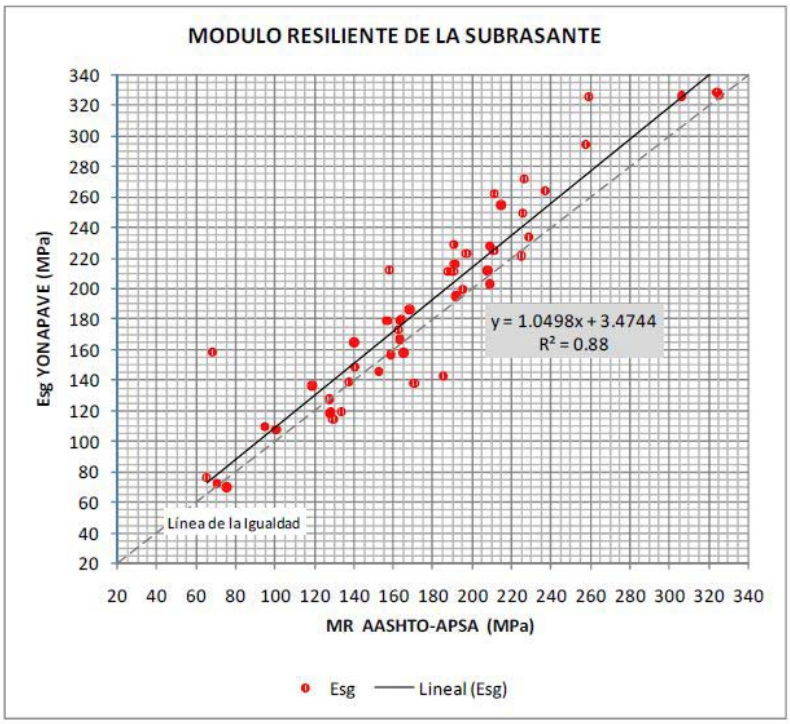


Figura 4.8. Correlación MR AASHTO 1993 (APSA) versus MR YONAPAVE

En la Tabla 4.5 se presenta el cálculo del refuerzo del pavimento requerido, considerando un tráfico adicional de 4 millones de ejes equivalentes (el tráfico para el período de diseño de 8 años es aprox. $6x10^6$) y los parámetros estructurales determinados mediante la Metodología YONAPAVE, correspondientes a cada una de las secciones homogéneas definidas en función al valor de la Deflexión Máxima, Rugosidad, Módulo Resiliente del suelo y Número Estructural efectivo. Para el cálculo del refuerzo se ha empleado la metodología de la Guía AASHTO 1993.

Según lo indicado en la tabla antes citada, los resultados de la evaluación estructural del sistema suelo-pavimento mediante la medición de deflexiones y el retrocálculo de Módulos de Resiliencia, muestran que la capacidad estructural – Número Estructural Efectivo – es adecuada y suficiente para solventar el periodo adicional de servicio que se requiere para alcanzar los 8 años inicialmente proyectados.

En el caso hipotético, que se requiera completar el periodo de servicio para el cual fue diseñado (2006-2014), se encuentra que no se requeriría refuerzo alguno, prácticamente para todo el tramo. No obstante, debe exceptuarse la sección comprendida entre el km -4+700 y el km -4+400 (300 m), que corresponde a la zona con doble vía, anexa al Ovalo Cáceres, en donde la evaluación estructural señala una baja capacidad portante del suelo y un pavimento poco competente y que, por lo tanto, requeriría un refuerzo con micropavimento de 3 cm de espesor. Sin embargo, esta zona aún no presenta niveles de ahuellamiento severos.

Tabla 4.5. Cálculo del refuerzo requerido para un tráfico de 10 Millones de EAL'S

PARÁMETROS GENERALES AASHTO				Confiabilidad, R (%)		95%	Serviciabilidad inicial, Po		4.5	Desviación Estándar, So		0.35
				Desviación normalizada, Zr		-1.645	Serviciabilidad final, Pt		3.2	Periodo de Diseño, [años]		8
SECCION	PROGRESIVA		TRAFICO (Esal)	M_R (psi)	R	Zr	S_0	ΔPSI	SN_{req}	SN_{eff}	ESPESOR REFUERZO	
	INICIO	FIN									MAC NORMAL (cm)	MAC MODIFICADO (cm)
SECCION 1	4+700	4+400	4.00E+06	15,552	95%	-1.645	0.35	1.3	3.48	2.72	4.4	2.6
SECCION 2	4+400	4+100	4.00E+06	33,859	95%	-1.645	0.35	1.3	2.50	4.94	0.0	0.0
SECCION 3	4+100	3+700	4.00E+06	15,886	95%	-1.645	0.35	1.3	3.45	4.13	0.0	0.0
SECCION 4	3+700	3+200	4.00E+06	19,540	95%	-1.645	0.35	1.3	3.15	5.14	0.0	0.0
SECCION 5	3+200	2+700	4.00E+06	29,112	95%	-1.645	0.35	1.3	2.66	3.48	0.0	0.0
SECCION 6	2+700	1+500	4.00E+06	21,830	95%	-1.645	0.35	1.3	3.01	4.61	0.0	0.0
SECCION 7	1+500	0+800	4.00E+06	29,702	95%	-1.645	0.35	1.3	2.64	4.38	0.0	0.0
SECCION 8	0+800	0+300	4.00E+06	25,173	95%	-1.645	0.35	1.3	2.83	4.61	0.0	0.0
SECCION 9	0+300	0+000	4.00E+06	35,162	95%	-1.645	0.35	1.3	2.46	3.43	0.0	0.0

4.4.Determinación del Índice de Condición del Pavimento (Setiembre, 2010)

4.4.1.Medición de ahuellamientos

Tal como se mencionó en el ítem 2.7, las primeras mediciones de ahuellamiento fueron reportadas en Febrero del 2009 (Figura 4.9). Los ahuellamientos en esa oportunidad tuvieron una severidad leve, en otras palabras, presentaron una profundidad máxima de 5 mm. En Abril del año 2010 se efectuaron mediciones parciales en el carril derecho entre las progresivas Km -1+850 y Km -2+950, indicando los resultados que la severidad de los ahuellamientos en la zona crítica evaluada, se incrementó considerablemente. (Ver Tabla 4.6 y Figura 4.10)

En el mes de septiembre del 2010, se llevó a cabo un levantamiento completo de los ahuellamientos que presenta el pavimento a lo largo de todo el tramo en ambos carriles; los resultados indican que la severidad se ha incrementado aún más, existiendo una significativa proporción de puntos que superan el límite establecido de 12 mm (Ver Tabla 4.7), a pesar del breve período transcurrido desde el último control.

Además, se distingue que los valores de ahuellamiento en el sector Óvalo Cáceres – Av. Chulucanas, son menores a los valores del sector Av. Chulucanas – Desvío Sullana; esto debido a que éste último sector tiene mayor concentración de tráfico pesado (proveniente de la Av. Chulucanas), y por ende ha desarrollado el mayor ahuellamiento.

De los valores antes indicados se procedió a realizar gráficos que representen la variabilidad del ahuellamiento a lo largo del tramo en ambos carriles y huellas. La línea punteada roja en la Figura 4.11 y Figura 4.12, representa el umbral máximo de los niveles de ahuellamiento que son permitidos en la carretera (12 mm).

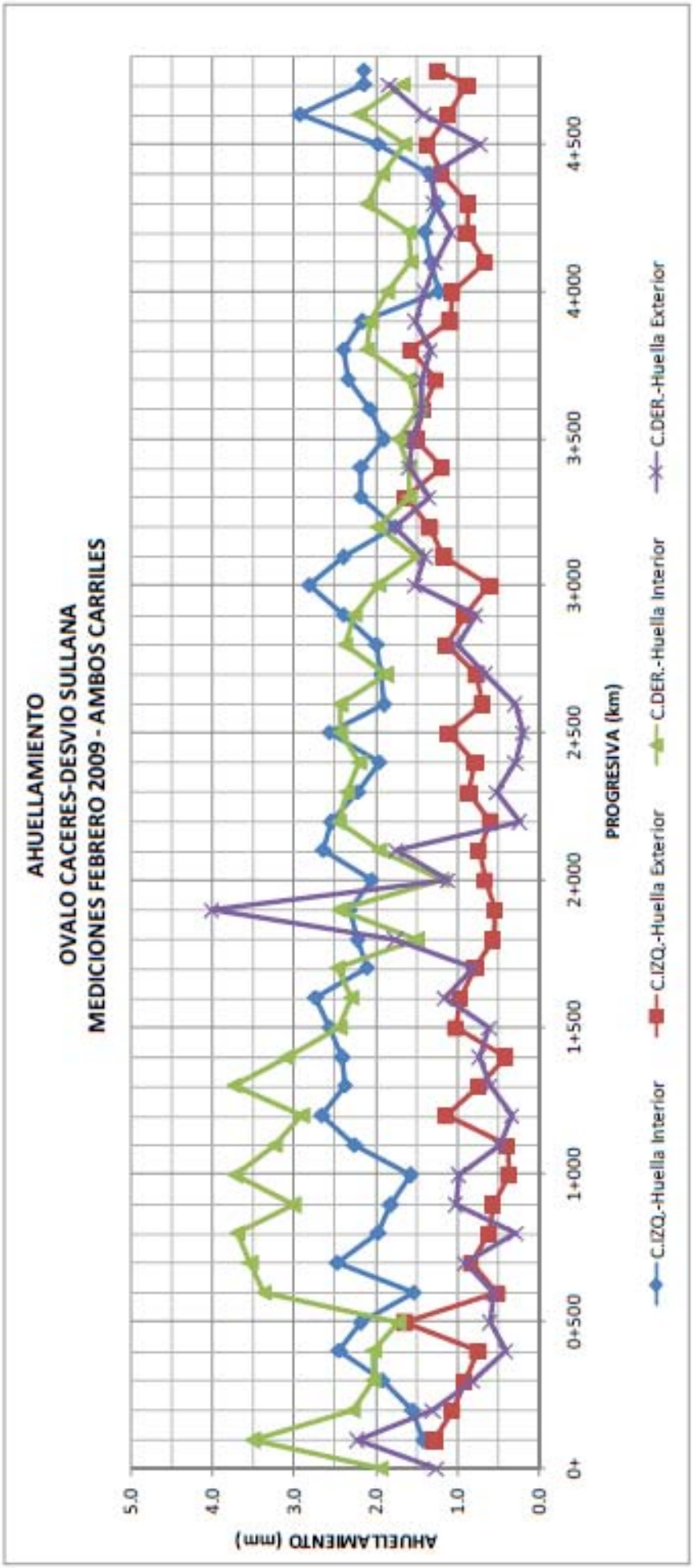


Figura 4.9. Mediciones para el monitoreo de ahuellamientos. Febrero, 2009.
Fuente: Informe 08-145-06. APSA, 2009

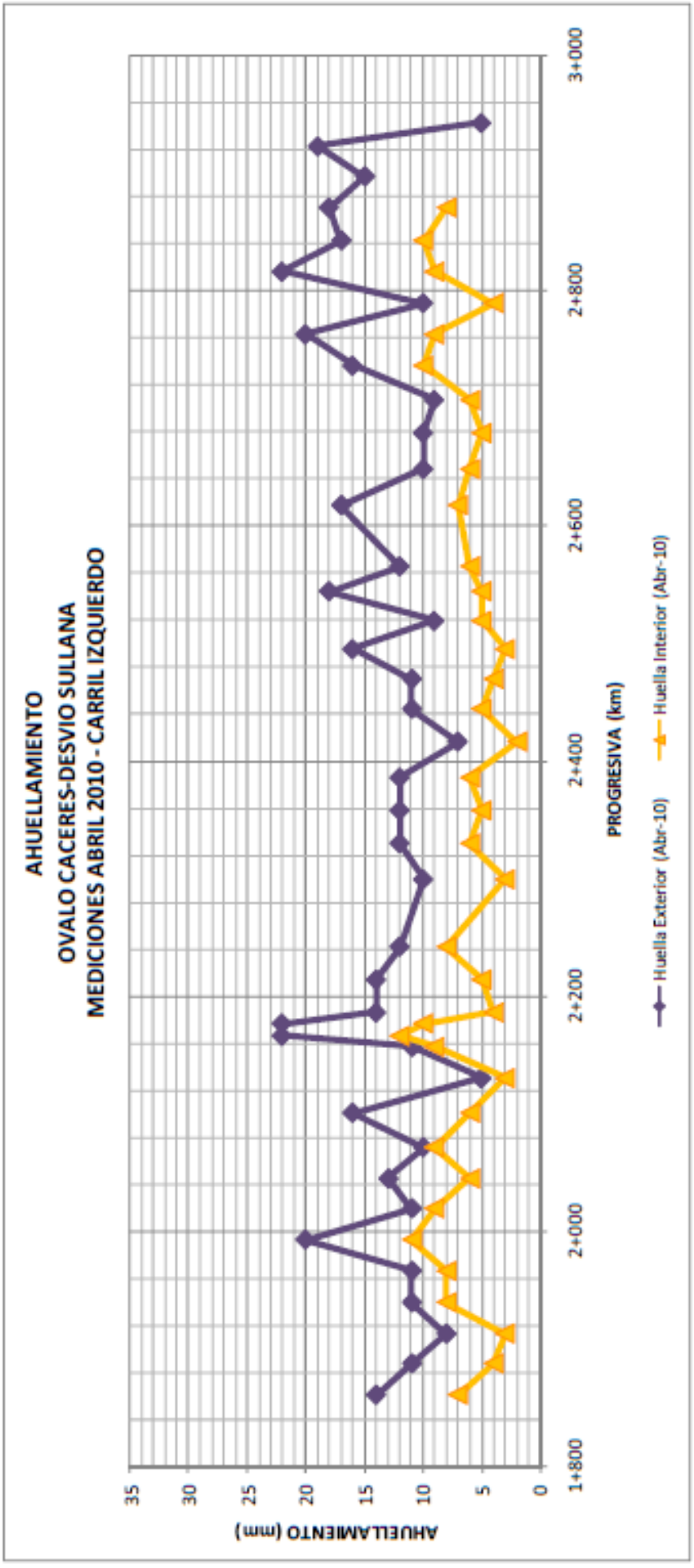


Figura 4.10. Mediciones para el monitoreo de ahuellamientos. Abril, 2010
Fuente: Informe Técnico N° 014-2010. Concesionaria IIRSA Norte, 2010

Tabla 4.6. Mediciones parciales en el carril derecho, entre km -1+850 y km -2+950
Abril 2010
(Óvalo Cáceres – Dv. Sullana)



PROGRESIVA	CALZADA			
	CARRIL DERECHO (mm)		CARRIL IZQUIERDO (mm)	
	HE	HI	HI	HE
02+943	5	-		
02+923	19	-		
02+897	15	-		
02+870	18	8		
02+842	17	10		
02+816	22	9		
02+789	10	4		
02+763	20	9		
02+736	16	10		
02+707	9	6		
02+679	10	5		
02+648	10	6		
02+617	17	7		
02+565	12	6		
02+544	18	5		
02+519	9	5		
02+495	16	3		
02+469	11	4		
02+444	11	5		
02+416	7	2		
02+386	12	6		
02+358	12	5		
02+329	12	6		
02+299	10	3		
02+241	12	8		
02+214	14	5		
02+186	14	4		
Pto. intermedio	22	10		
Pto. intermedio	22	12		
02+157	11	9		
02+130	5	3		
02+100	16	6		
02+071	10	9		
02+045	13	6		
02+019	11	9		
01+992	20	11		
01+966	11	8		
01+939	11	8		
01+912	8	3		
01+887	11	4		
01+860	14	7		

>12 mm
10<Ahuellamiento<12mm
5< Ahuellamiento <10mm
<5mm

Obs. Progresiva 0+000 en Dv. Sullana

Tabla 4.7. Medición de los ahuellamientos en el tramo de estudio. Setiembre, 2010. (Óvalo Cáceres – Dv. Sullana)

	CALZADA LADO IZQUIERDO					
PROGRESIVA	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO		OBSERVACIONES	
	Huella Exterior	Huella Interior	Huella Interior	Huella Exterior		
-4+731	9	6	7	8	Fin del tramo: Ovalo Caceres	ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS LIGEROS
-4+700	7	8	6	9	Doble calzada con separador central	
-4+680	7	5	7	9		
-4+660	6	9	8	7		
-4+640	7	8	10	9		
-4+620	9	12	12	11		
-4+600	7	9	8	10		
-4+580	7	9	8	12		
-4+560	5	6	9	8		
-4+540	14	7	8	12		
-4+520	3	4	10	5		
-4+500	3	3	8	11		
-4+480	3	4	6	9		
-4+460	2	3	8	6		
-4+440	3	3	2	3		
-4+420	5	4	4	4	Calzada Izquierda	
-4+400	4	5	4	5	Inicio de doble calzada - separador central	

	CALZADA LADO DERECHO					
PROGRESIVA	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO		OBSERVACIONES	
	Huella Exterior	Huella Interior	Huella Interior	Huella Exterior		
-4+731	5	5	7	6	Fin del tramo: Ovalo Caceres	ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS LIGEROS
-4+700	10	8	27	17	Paradero Informal	
-4+680	8	6	10	10	Doble calzada con separador central	
-4+660	6	8	4	5		
-4+640	7	8	5	7		
-4+620	8	8	6	7		
-4+600	7	6	6	7		
-4+580	4	4	4	3		
-4+560	5	5	5	3		
-4+540	2	4	4	3		
-4+520	2	3	3	3		
-4+500	3	3	3	5		
-4+480	2	3	3	2		
-4+460	3	4	3	4		
-4+440	4	4	4	3		
-4+420	5	5	5	6	Calzada Derecha	
-4+400	7	5	4	4	Inicio de doble calzada - separador central	

PROGRESIVA	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO		OBSERVACIONES	
	Huella Exterior	Huella Interior	Huella Interior	Huella Exterior		
-4+380	4	3	2	3	Inicio de doble calzada - separador central	ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS LIGEROS
-4+360	4	3	3	4		
-4+340	4	5	4	3		
-4+320	4	4	5	4		
-4+300	3	4	7	6		
-4+280	4	5	9	5		
-4+260	9	10	8	7		
-4+240	13	12	8	7		
-4+220	6	6	5	6		
-4+200	3	6	6	9	Cuarta giba	
-4+180	5	6	4	3	Cruce Av. Marcavelica	
-4+160	3	4	12	6	Tercera giba	
-4+140	4	3	5	7		
-4+120	6	7	9	8		
-4+100	8	6	17	13		
-4+080	9	10	13	12		ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS LIGEROS
-4+060	5	5	12	12		
-4+040	6	6	7	6		
-4+020	5	6	11	8		
-4+000	6	6	12	8		
-3+980	3	4	6	5		
-3+960	4	5	4	3		
-3+940	3	4	5	4		
-3+920	5	5	13	10		
-3+900	7	6	5	4		
-3+880	7	8	5	6		
-3+860	3	4	3	3		
-3+840	6	7	3	3		
-3+820	4	9	3	4	Cruce Av. Bellavista	
-3+800	5	5	4	4		
-3+780	3	4	4	4		
-3+760	4	3	3	3		
-3+740	3	4	4	3		
-3+720	5	6	3	4		
-3+700	6	8	5	5		
-3+680	5	6	3	4		
-3+660	6	8	5	4		
-3+640	6	6	3	3		
-3+620	5	5	4	5		
-3+600	5	4	3	4		
-3+580	3	2	3	4		
-3+560	4	2	4	3		
-3+540	4	4	2	3		
-3+520	3	3	3	2		
-3+500	3	2	2	3		
-3+480	2	3	2	4		
-3+460	3	5	3	3		
-3+440	4	4	3	4		
-3+420	5	3	4	4		
-3+400	5	4	3	4		
-3+380	3	4	3	6	Textil Piura (lado izquierdo)	
-3+360	3	4	2	4		
-3+340	3	3	2	4		
-3+320	3	3	2	3		
-3+300	4	2	3	2		
-3+280	5	3	3	4		
-3+260	4	4	4	6		
-3+240	3	6	3	5		
-3+220	2	2	3	4		
-3+200	5	5	4	3		
-3+180	3	4	3	5		
-3+160	7	6	4	5		
-3+140	4	5	6	6		
-3+120	5	7	5	6		
-3+100	12	9	7	8	Inicio de sector con tráfico ligero (Av Chulucanas hasta Óvalo cáceres	
-3+080	12	13	10	13		

PROGRESIVA	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO		OBSERVACIONES	
	Huella Exterior	Huella Interior	Huella Interior	Huella Exterior		
-3+060	12	11	10	11	Cruce Av. Chulucanas - Semáforo	ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS PESADOS/SOBRECARGAS/BAJAS VELOCIDADES
-3+040	12	13	11	12	Tráfico Pesado se desvía por Av. Chulucanas	
-3+020	17	13	12	12		
-3+000	18	14	11	10		
-2+980	21	16	10	9		
-2+960	18	10	12	14		
-2+940	18	15	18	15		
-2+920	19	8	10	15		
-2+900	21	16	15	18		
-2+880	21	14	9	7		
-2+860	12	11	14	16		
-2+840	19	12	12	12		
-2+820	19	12	11	13		
-2+800	16	11	12	11		
-2+780	11	11	14	10		
-2+760	9	5	9	9		
-2+740	14	8	13	19		
-2+720	14	5	12	12		
-2+700	15	4	13	12	Planta Industrial de distribución - Petroperú	
-2+680	15	12	14	19		
-2+660	11	8	14	15		
-2+640	14	8	14	19		
-2+620	12	7	14	14		
-2+600	14	6	15	12		
-2+580	9	6	12	12		
-2+560	16	8	14	14		
-2+540	8	6	15	17		
-2+520	16	9	14	15		
-2+500	12	12	18	19		
-2+480	12	6	16	18		
-2+460	16	10	15	16		
-2+440	14	7	16	12		
-2+420	15	8	18	21		
-2+400	10	7	16	16		
-2+380	16	12	12	11		
-2+360	15	6	12	18		
-2+340	16	12	12	14		
-2+320	13	14	15	16		
-2+300	14	12	16	16		
-2+280	14	18	18	19		
-2+260	18	13	18	19		
-2+240	12	9	14	17		
-2+220	19	14	16	12		
-2+200	16	12	19	24		
-2+180	16	17	25	24		
-2+160	20	25	25	25		
-2+140	28	26	30	28		
-2+120	32	24	14	18	Segunda giba	
-2+100	27	21	18	24		
-2+080	21	20	16	16		
-2+060	18	10	17	13		
-2+040	20	19	16	13	Mercado mayorista Capullanas	
-2+020	11	10	12	15		
-2+000	27	20	2	1	Fin de tramo rehabilitado (Agosto 2010)	
-1+980	16	18	3	2		
-1+960	13	13	2	2		
-1+940	18	15	2	1		
-1+920	17	10	5	2		
-1+900	16	11	1	2		
-1+880	16	15	2	1		
-1+860	30	19	1	2		
-1+840	20	23	2	2		
-1+820	30	25	2	1	Primera giba	
-1+800	26	21	2	1		

Continúa a la siguiente página…)

PROGRESIVA	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO		OBSERVACIONES	
	Huella Exterior	Huella Interior	Huella Interior	Huella Exterior		
-1+780	21	10	1	2		ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS PESADOS/SOBRECARGAS/BAJAS VELOCIDADES
-1+760	18	15	1	1		
-1+740	14	12	1	2		
-1+720	14	13	2	2		
-1+700	13	12	1	2		
-1+680	17	13	2	1		
-1+660	15	10	1	2		
-1+640	18	5	2	2		
-1+620	12	9	2	1		
-1+600	15	8	2	2		
-1+580	4	3	1	2		
-1+560	5	5	2	1		
-1+540	13	7	1	1		
-1+520	18	10	2	1		
-1+500	13	9	2	1		
-1+480	14	13	2	2		
-1+460	10	7	2	1		
-1+440	13	8	2	1		
-1+420	15	14	2	2		
-1+400	10	6	2	1		
-1+380	12	12	1	2		
-1+360	8	6	2	2		
-1+340	20	12	2	2		
-1+320	12	14	1	2		
-1+300	16	12	1	1		
-1+280	18	11	2	2		
-1+260	18	12	2	1		
-1+240	14	12	2	1		
-1+220	15	12	1	2		
-1+200	12	8	1	2		
-1+180	14	10	1	1		
-1+160	16	12	1	2		
-1+140	14	12	3	2		
-1+120	17	15	2	2		
-1+100	15	11	1	2		
-1+080	17	14	2	1		
-1+060	14	11	1	2		
-1+040	15	9	2	3		
-1+020	11	8	1	3		
-1+000	11	7	2	1	Grifo Petroperú, lado izquierdo	
-0+980	10	8	2	2		
-0+960	9	5	2	1		
-0+940	8	7	2	1		
-0+920	8	5	1	2		
-0+900	14	6	1	2		
-0+880	14	4	1	2		
-0+860	4	3	2	1		
-0+840	8	5	2	2		
-0+820	6	7	2	1		
-0+800	4	5	2	3		
-0+780	7	4	2	1		
-0+760	5	4	1	2		
-0+740	6	3	2	1		
-0+720	8	5	2	2		
-0+700	5	4	2	3		
-0+680	5	4	3	2		
-0+660	5	3	3	3		
-0+640	4	3	2	1		
-0+620	5	4	2	2		
-0+600	10	10	3	2		
-0+580	7	5	1	1		
-0+560	5	5	2	2		
-0+540	4	4	1	2		
-0+520	5	3	2	2		

(Continúa a la siguiente página…)

PROGRESIVA	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO		OBSERVACIONES	
	Huella Exterior	Huella Interior	Huella Interior	Huella Exterior		
-0+500	6	2	3	2		ZONA DE TRÁFICO VEHÍCULOS PESADOS/SOBRECARGAS/BAJAS VELOCIDADES
-0+480	13	5	2	2	Ubicación de balanza móvil, lado derecho	
-0+460	11	3	3	2		
-0+440	18	7	2	2		
-0+420	17	6	1	2		
-0+400	8	3	2	3		
-0+380	13	7	2	2		
-0+360	7	7	5	12	Inicio de tramo rehabilitado, lado derecho	
-0+340	5	6	8	15		
-0+320	8	8	7	7		
-0+300	12	7	8	4		
-0+280	10	6	8	7	Inicio de calzada con dos carriles	
-0+260	4	6	4	5	Carril izquierdo - hacia sullana	
-0+240	4	5	6	4	Carril derecho - desde paita	
-0+220	3	4	3	4		
-0+200	5	7	6	4		
-0+180	6	5	5	3		
-0+160	5	5	4	3		
-0+140	3	3	8	3		
-0+120	7	5	9	4		
-0+100	4	5	4	3		
-0+080	3	7	2	2		
-0+060	4	3	2	3		
-0+040	5	3	2	3		
-0+020	3	5	4	3		
0+000	5	4	3	3	Inicio del tramo en estudio - Desvío Sullana	

LEYENDA (SEGÚN MÉTODO PCI)	RANGO DE AHUELLAMIENTOS	CALIFICACIÓN
	Ah ≤ 6mm	Ahuellamiento Leve
	6 < Ah ≤12	Ahuellamiento Moderado
	12 < A ≤ 25	Ahuellamiento Severo
	A > 25	Falla del Pavimento

Fuente: Informe Inicial Camineros, Octubre 2010.

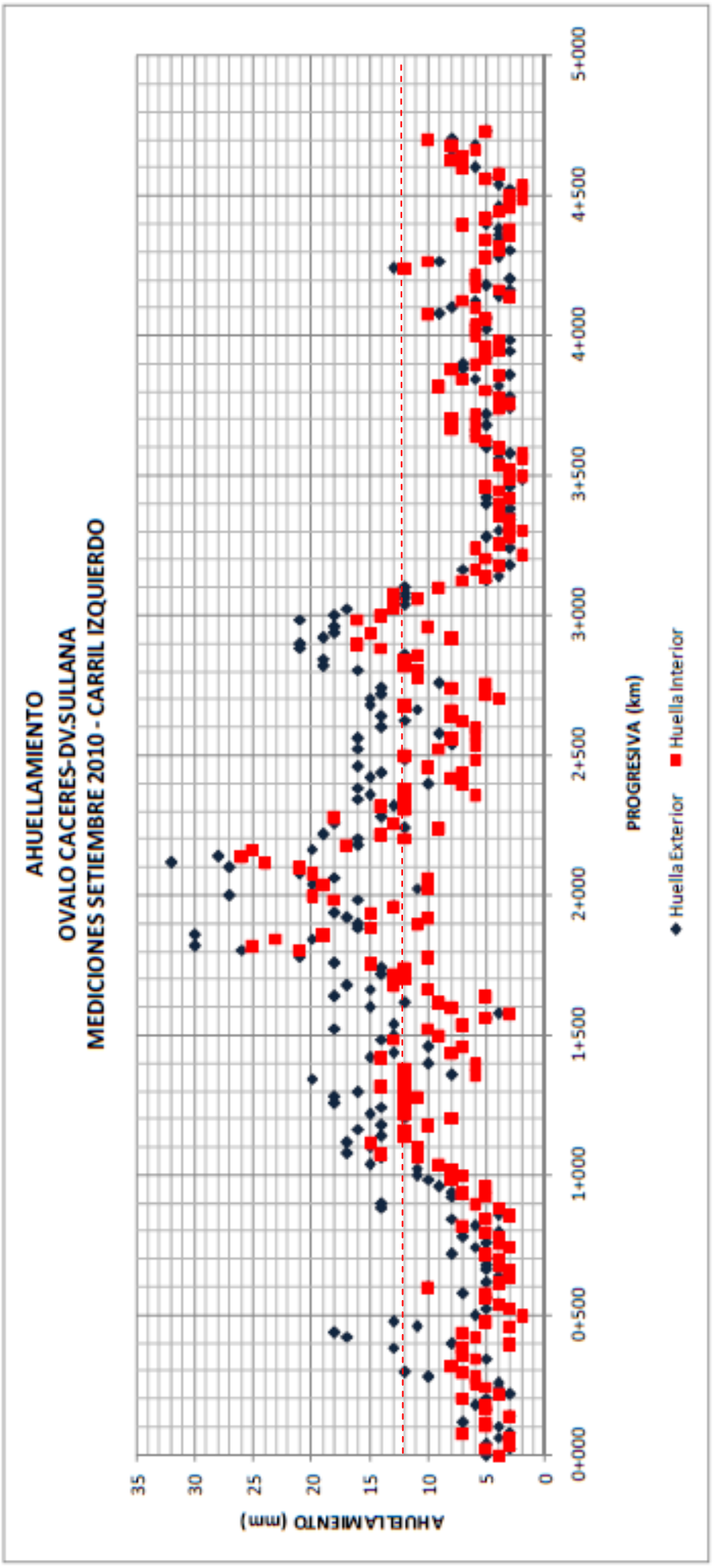


Figura 4.11. Medición para el Monitoreo de Ahuellamientos en el sector en estudio, Carril Izquierdo.

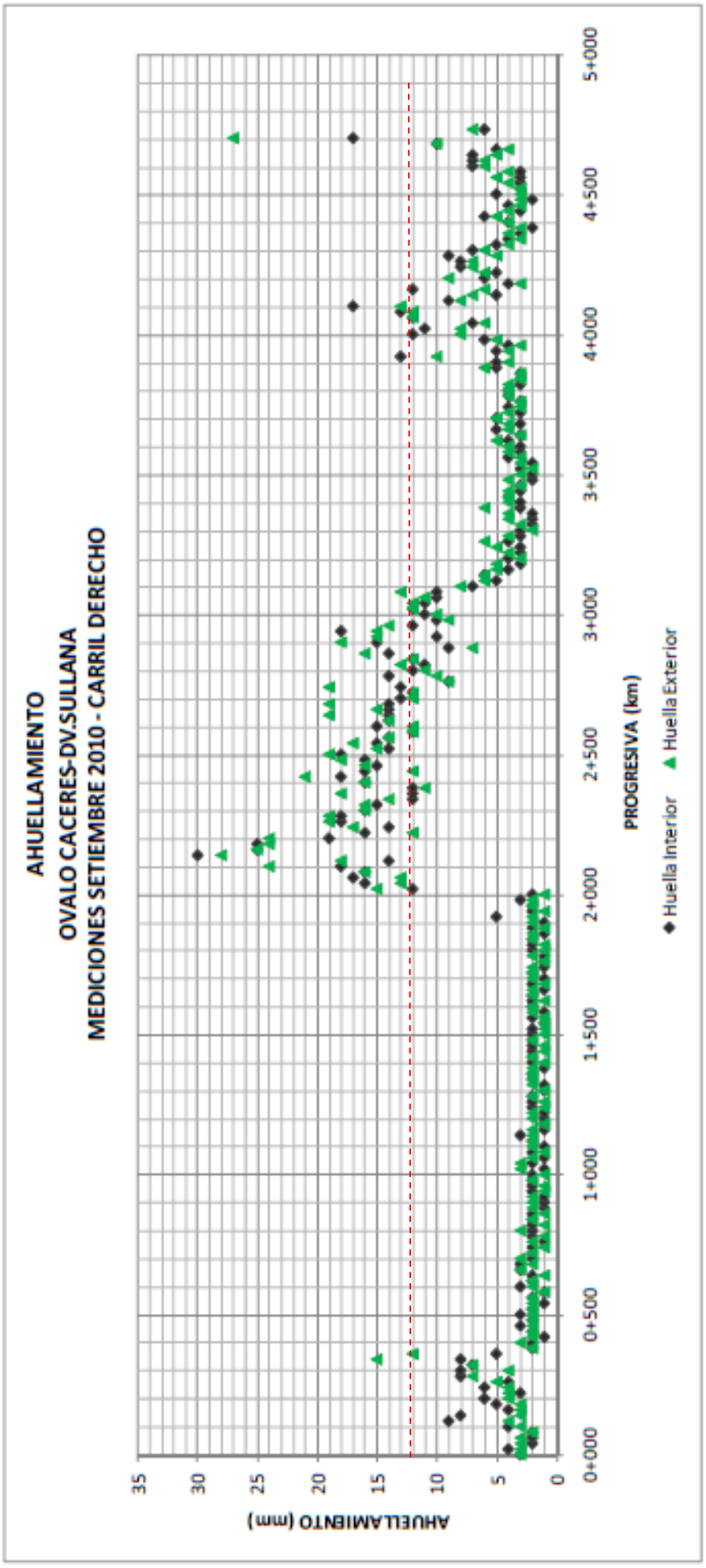


Figura 4.12. Medición para el Monitoreo de Ahuellamientos en el sector en estudio, Carril Derecho.
Fuente: Informe Inicial Camineros. Octubre, 2010

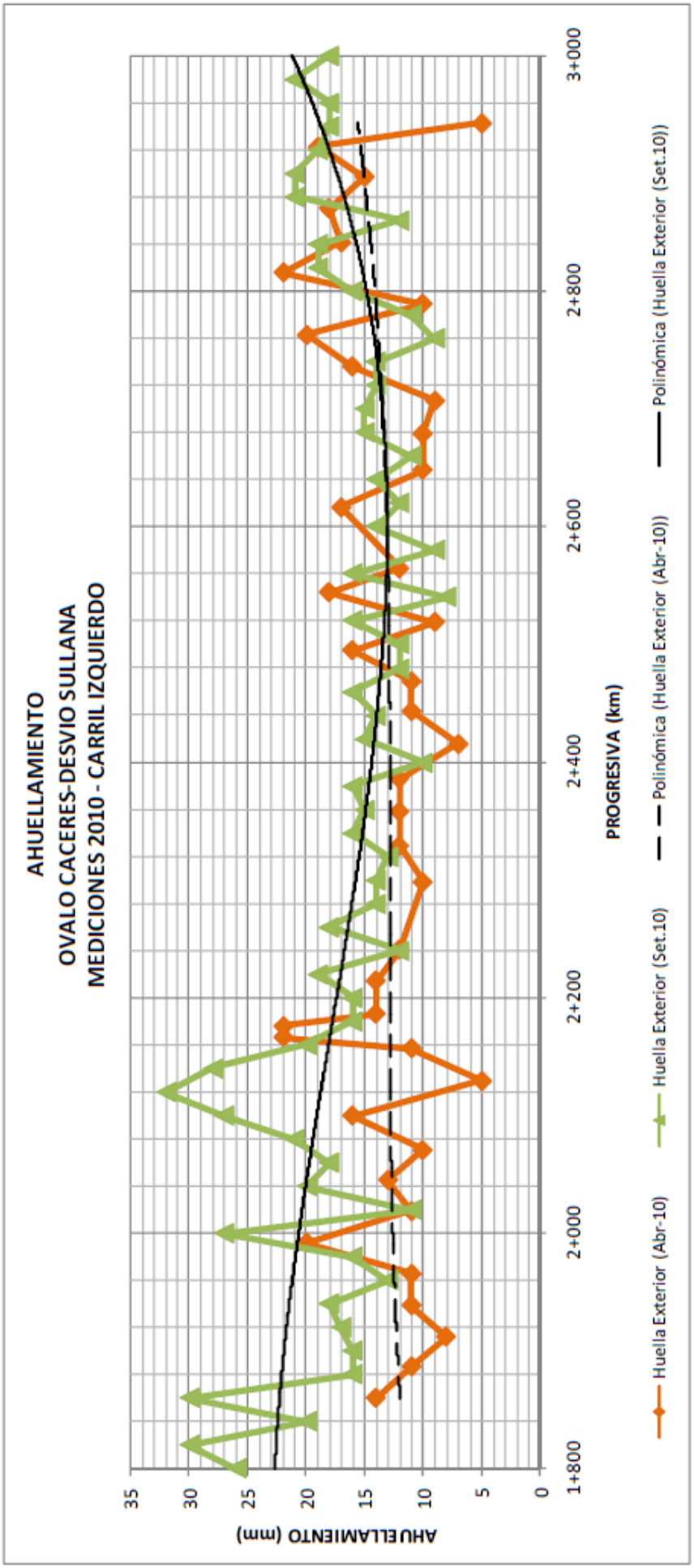


Figura 4.13. Comparación de Ahuellamientos en Carril Izquierdo-H, Abr'10 vs.Set'10
Fuente: Informe Inicial de Camineros. Octubre, 2010

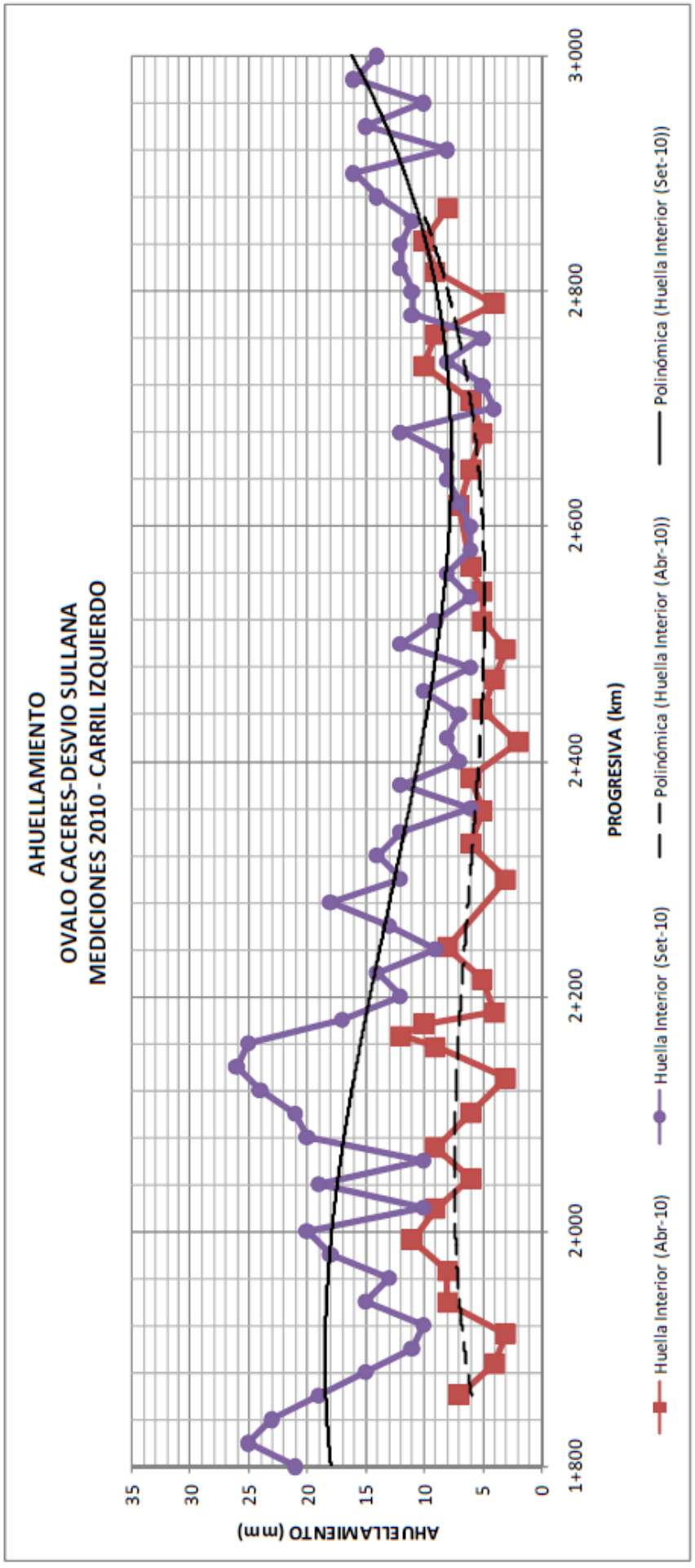


Figura 4.14. Comparación de Ahuellamientos en Carril Izquierdo-HI, Abr'10 vs.Set'10

Fuente: Informe Inicial de Camineros. Octubre, 2010

Un análisis comparativo entre las tendencias ajustadas para los resultados obtenidos en las mediciones efectuadas en el mes de Abril y aquellas últimas obtenidas en Setiembre, indican claramente que los últimos resultados son iguales o mayores que los registrados a fines del verano, y que la profundidad del ahuellamiento incluso se duplica en los puntos más críticos (ver Figura 4.13 y Figura 4.14). Si se analiza por ejemplo valores individuales, en el km -1+850, carril derecho-huella interna, se tiene que el ahuellamiento medido en el mes de Abril era 7 mm, mientras que en Setiembre último para la misma ubicación se registra 19 mm. De igual forma, para la progresiva km -2+100, carril derecho, huella interna, el ahuellamiento en Abril era de 6 mm, y en Setiembre tenía un valor de 18 mm (el triple del reportado inicialmente).

El aumento severo del ahuellamiento en el año 2010, se puede explicar, observando en la Tabla 4.7, en la cual se muestra que los valores de ahuellamiento alto/medio se registran en zonas de parada/reducción de velocidad por la presencia de semáforos y gibas "no reglamentarias" (las cuales fueron construidas por la Municipalidad de Piura en Abril del 2010). Por otro lado, el tiempo transcurrido entre la el año de rehabilitación y el año 2010 (3 años), coincide con el lapso de tiempo promedio después del cual, generalmente finaliza la densificación mezclas asfálticas en caliente y se da inicio al proceso de deformación plástica en el pavimento (distorsión de volumen drástica), según se explica en el ítem 4.7.1.2.

En síntesis se tiene una problemática que tiene dos aspectos principales: la ocurrencia de las deformaciones en sí, y el proceso de aceleración progresiva del grado de severidad de las mismas.

4.4.2.Determinación del PCI

Los valores del PCI se han determinado mediante el empleo del programa "**UnalPCIA**[24]", desarrollado por el Ing. Luis R. Vásquez Varela en lenguaje Visual Basic® 6.0 de Microsoft®. Los resultados se presentan en la Tabla 4.9.El método emplea una escala de 0 a 100, en donde cero (0) representa la condición más crítica posible y 100 representa la mejor condición. Cabe indicar que las secciones de pavimento, de longitud 20 m, consideran todo el ancho de la calzada. Para la denominación de los lados se ha seguido la misma nomenclatura indicada por APSA (Figura 4.1).

Los resultados mostrados en la Tabla 4.9 (graficados en la Figura 4.15), indican que el pavimento del tramo en estudio presenta secciones que pueden calificarse aisladamente como de condición pobre, regular y buena, existiendo incluso algunas secciones que exhiben una condición que puede calificarse como excelente.

Según esta calificación y de acuerdo a los criterios de interpretación que maneja el mismo método mostrados en la Tabla 4.8, las intervenciones requeridas en términos generales, como parte de un sistema de gestión, deberían ser:

[24] El fundamento del programa "UnalPCIA" es la metodología PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) tal como se encuentra en el libro "*Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*" (M. Y. Shahin, 1994), también disponible en idioma español gracias a la traducción incluida en el "Curso de Actualización de Pavimentos" del Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela (2002). La interfase de las aplicaciones corresponde al estándar de Windows® por lo cual no se requiere un entrenamiento especializado para su operación, salvo el conocimiento previo de la metodología PCI y fundamentos de Microsoft Windows® y Microsoft Excel®.

- Desde el km -1+600 hasta el km -3+100, una *rehabilitación m ayor y/o reconstrucción* del pavimento (estado del pavimento de pobre a fallado).
- Desde el km 0+000 al km-1+600 y, entre el km -3+100 y el km -4+731, *mantenimiento correctivo* (estado del pavimento: regular a bueno).
- Del tramo antes citado se exceptúa la sección comprendida entre el km -4+680 al km -4+700, la cual requeriría reconstrucción (estado del pavimento: fallado).

Tabla 4.8. Tipo de intervenciones según el Método de PCI

RANGO DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
86 - 100 EXCELENTE		MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO (Sello de fisuras, parches y sellado superficial)
71 - 85 MUY BUENO		
56 - 70 BUENO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Recapado con carpeta o micropavimento)
41 - 55 REGULAR		
26 - 40 POBRE		REHABILITACION MAYOR (Fresado y/o reemplazo de carpeta asfáltica)
11 - 25 MUY POBRE		RECONSTRUCCION (Reemplazo de por lo menos la base granular y la carpeta asfáltica)
0 - 10 FALLADO		

Tabla 4.9. Resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el Sector en estudio.

ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO							
Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Número de Sección	Lado	Tipo de superficie	Longitud de Sección (m)	Área de sección (m2)	PCI
0+000	0+020	1	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	100
0+020	0+040	2	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	100
0+040	0+060	3	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	100
0+060	0+080	4	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	65
0+080	0+100	5	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	100
0+100	0+120	6	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	58
0+120	0+140	7	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	65
0+140	0+160	8	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	100
0+160	0+180	9	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	65
0+180	0+200	10	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	58
0+200	0+220	11	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	100
0+220	0+240	12	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	65
0+240	0+260	13	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	65
0+260	0+280	14	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	120	52
0+280	0+300	15	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
0+300	0+320	16	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
0+320	0+340	17	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	35
0+340	0+360	18	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
0+360	0+380	19	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
0+380	0+400	20	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+400	0+420	21	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
0+420	0+440	22	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
0+440	0+460	23	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+460	0+480	24	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	48
0+480	0+500	25	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+500	0+520	26	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+520	0+540	27	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+540	0+560	28	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+560	0+580	29	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+580	0+600	30	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
0+600	0+620	31	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+620	0+640	32	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+640	0+660	33	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+660	0+680	34	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+680	0+700	35	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+700	0+720	36	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+720	0+740	37	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+740	0+760	38	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+760	0+780	39	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+780	0+800	40	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+800	0+820	41	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
0+820	0+840	42	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+840	0+860	43	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
0+860	0+880	44	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	48
0+880	0+900	45	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
0+900	0+920	46	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+920	0+940	47	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
0+940	0+960	48	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
0+960	0+980	49	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
0+980	1+000	50	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+000	1+020	51	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+020	1+040	52	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+040	1+060	53	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39

(...Continúa a la siguiente página)

ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO							
Progresiva Inicio	**Progresiva Fin**	**Número de Sección**	**Lado**	**Tipo de superficie**	**Longitud de Sección (m)**	**Área de sección (m2)**	**PCI**
1+060	1+080	54	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+080	1+100	55	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+100	1+120	56	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+120	1+140	57	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+140	1+160	58	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+160	1+180	59	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+180	1+200	60	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+200	1+220	61	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+220	1+240	62	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+240	1+260	63	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+260	1+280	64	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+280	1+300	65	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+300	1+320	66	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+320	1+340	67	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+340	1+360	68	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+360	1+380	69	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+380	1+400	70	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+400	1+420	71	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+420	1+440	72	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+440	1+460	73	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+460	1+480	74	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+480	1+500	75	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+500	1+520	76	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+520	1+540	77	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+540	1+560	78	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
1+560	1+580	79	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
1+580	1+600	80	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+600	1+620	81	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
1+620	1+640	82	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	48
1+640	1+660	83	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+660	1+680	84	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+680	1+700	85	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+700	1+720	86	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+720	1+740	87	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+740	1+760	88	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+760	1+780	89	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+780	1+800	90	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	18
1+800	1+820	91	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	18
1+820	1+840	92	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+840	1+860	93	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	18
1+860	1+880	94	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+880	1+900	95	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+900	1+920	96	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
1+920	1+940	97	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+940	1+960	98	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+960	1+980	99	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	40
1+980	2+000	100	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	18
2+000	2+020	101	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
2+020	2+040	102	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+040	2+060	103	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+060	2+080	104	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+080	2+100	105	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	13
2+100	2+120	106	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	13
2+120	2+140	107	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	10
2+140	2+160	108	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+160	2+180	109	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34

(...Continúa a la siguiente página)

ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO							
Progresiva Inicio	**Progresiva Fin**	**Número de Sección**	**Lado**	**Tipo de superficie**	**Longitud de Sección (m)**	**Área de sección (m2)**	**PCI**
2+180	2+200	110	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+200	2+220	111	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+220	2+240	112	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+240	2+260	113	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+260	2+280	114	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+280	2+300	115	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+300	2+320	116	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+320	2+340	117	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+340	2+360	118	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+360	2+380	119	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+380	2+400	120	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+400	2+420	121	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+420	2+440	122	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+440	2+460	123	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+460	2+480	124	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+480	2+500	125	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+500	2+520	126	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+520	2+540	127	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+540	2+560	128	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+560	2+580	129	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
2+580	2+600	130	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+600	2+620	131	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+620	2+640	132	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+640	2+660	133	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+660	2+680	134	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+680	2+700	135	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+700	2+720	136	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	35
2+720	2+740	137	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+740	2+760	138	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
2+760	2+780	139	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+780	2+800	140	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+800	2+820	141	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+820	2+840	142	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
2+840	2+860	143	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+860	2+880	144	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+880	2+900	145	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+900	2+920	146	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+920	2+940	147	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	34
2+940	2+960	148	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+960	2+980	149	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
2+980	3+000	150	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
3+000	3+020	151	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
3+020	3+040	152	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
3+040	3+060	153	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
3+060	3+080	154	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
3+080	3+100	155	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
3+100	3+120	156	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+120	3+140	157	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+140	3+160	158	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+160	3+180	159	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+180	3+200	160	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+200	3+220	161	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+220	3+240	162	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
3+240	3+260	163	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
3+260	3+280	164	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+280	3+300	165	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+300	3+320	166	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100

(...Continúa a la siguiente página)

ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO							
Progresiva Inicio	**Progresiva Fin**	**Número de Sección**	**Lado**	**Tipo de superficie**	**Longitud de Sección (m)**	**Área de sección (m2)**	**PCI**
3+320	3+340	167	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+340	3+360	168	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+360	3+380	169	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
3+380	3+400	170	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+400	3+420	171	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+420	3+440	172	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+440	3+460	173	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+460	3+480	174	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+480	3+500	175	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+500	3+520	176	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+520	3+540	177	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+540	3+560	178	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+560	3+580	179	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+580	3+600	180	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+600	3+620	181	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+620	3+640	182	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+640	3+660	183	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+660	3+680	184	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
3+680	3+700	185	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+700	3+720	186	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
3+720	3+740	187	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+740	3+760	188	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+760	3+780	189	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+780	3+800	190	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+800	3+820	191	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+820	3+840	192	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+840	3+860	193	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+860	3+880	194	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
3+880	3+900	195	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
3+900	3+920	196	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	39
3+920	3+940	197	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+940	3+960	198	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
3+960	3+980	199	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
3+980	4+000	200	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
4+000	4+020	201	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
4+020	4+040	202	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
4+040	4+060	203	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
4+060	4+080	204	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
4+080	4+100	205	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	30
4+100	4+120	206	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
4+120	4+140	207	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
4+140	4+160	208	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
4+160	4+180	209	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
4+180	4+200	210	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
4+200	4+220	211	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	56
4+220	4+240	212	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	32
4+240	4+260	213	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	53
4+260	4+280	214	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	67
4+280	4+300	215	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	60
4+300	4+320	216	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
4+320	4+340	217	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
4+340	4+360	218	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
4+360	4+380	219	1 y 2	Concreto Asfáltico	20	140	100
4+380	4+400	220	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	65
4+400	4+420	221	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	65
4+420	4+440	222	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+440	4+460	223	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100

(...Continúa a la siguiente página)

ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO							
Progresiva Inicio	**Progresiva Fin**	**Número de Sección**	**Lado**	**Tipo de superficie**	**Longitud de Sección (m)**	**Área de sección (m2)**	**PCI**
4+460	4+480	224	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+480	4+500	225	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+500	4+520	226	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+520	4+540	227	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+540	4+560	228	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+560	4+580	229	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+580	4+600	230	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+600	4+620	231	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+620	4+640	232	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	54
4+640	4+660	233	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	58
4+660	4+680	234	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+680	4+700	235	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	6
4+700	4+731	236	2 y 4	Concreto Asfáltico	20	120	58
4+380	4+400	237	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+400	4+420	238	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+420	4+440	239	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	100
4+440	4+460	240	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	58
4+460	4+480	241	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	58
4+480	4+500	242	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	58
4+500	4+520	243	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	65
4+520	4+540	244	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	30
4+540	4+560	245	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	54
4+560	4+580	246	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+580	4+600	247	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+600	4+620	248	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+620	4+640	249	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+640	4+660	250	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+660	4+680	251	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	54
4+680	4+700	252	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52
4+700	4+731	253	1 y 3	Concreto Asfáltico	20	120	52

Para analizar correctamente los resultados debe indicarse que, cuando se hizo el levantamiento visual detallado (LVD) en el tramo de estudio, en setiembre del 2010, sólo se registraron defectos en el pavimento del tipo “ahuellamiento”; a excepción del tramo comprendido entre el km -4+680 y el km -4+700, en el que se registró además del ahuellamiento, un hundimiento de aprox. 25 mm.

De acuerdo a los resultados de la evaluación de la condición superficial del pavimento, se tiene que los únicos deterioros que presenta el pavimento son deformaciones permanentes del tipo ahuellamientos en la capa asfáltica. En otras palabras, no se identificaron fallas como fisuras o grietas que evidencien fatiga o deficiencia estructural; tampoco se identificaron zonas de exudación, fenómeno que generalmente es asociado directamente al ahuellamiento.

Por lo antes mencionado, los resultados mostrados en la tabla anterior, deben su valor principalmente a la presencia del ahuellamiento y el impacto que éste genera en la pérdida de capacidad funcional del pavimento en el tramo en estudio. Debido a ello, se puede entrever la gran ponderación que tiene este tipo de defecto en el cálculo del valor del PCI.

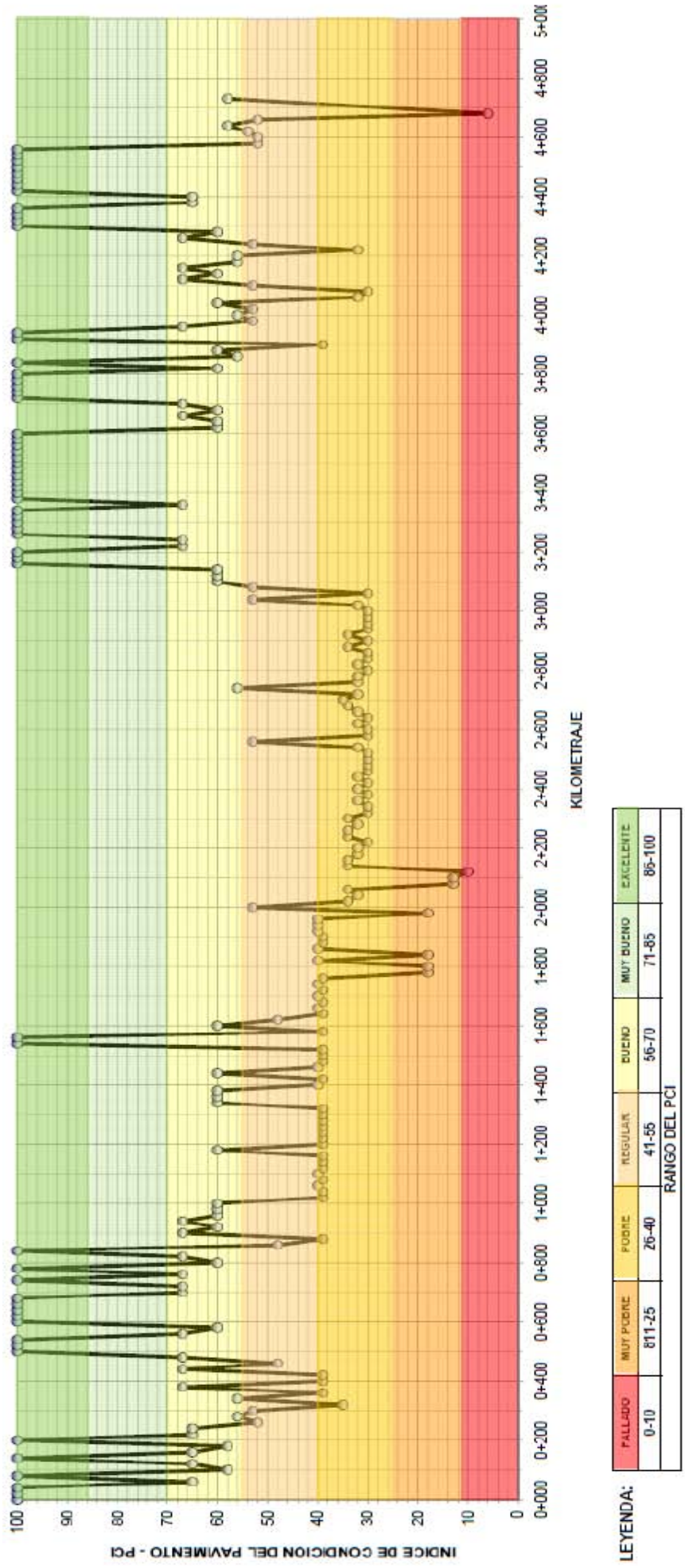


Figura 4.15. Representación gráfica de los valores de PCI calculados

4.5.Estudio de Tráfico (Setiembre, 2010)

4.5.1.Determinación de volúmenes de tráfico

Del resultado del trabajo de campo, se ha determinado el volumen de tráfico para cada uno de los siete días registrados. En la Tabla 4.10 y Tabla 4.11, se presenta el resumen consolidado de los *volúmenes totales obtenidos en cada estación*, incluyendo tráfico ligero y pesado. Se indica para cada día de la semana, el volumen correspondiente a cada sentido (Oeste – Este y Este - Oeste) y la suma total.

Tabla 4.10. Resumen de volúmenes de tráfico en Estaciones 01 y 02.

DÍA DE LA SEMANA		ESTACIÓN Nº01: EX PEAJE			ESTACIÓN Nº02: FABRICA TEXTIL		
		SENTIDO		TOTAL	SENTIDO		TOTAL
		O - E	E - O		O - E	E - O	
Lunes	13 set	4,034	4,158	8,192	10,771	11,839	22,610
Martes	14 set	4,165	4,086	8,251	9,261	11,484	20,745
Miércoles	15 set	4,234	3,950	8,184	10,271	12,243	22,514
Jueves	16 set	5,073	3,690	8,763	9,692	12,022	21,714
Viernes	17 set	4,429	4,506	8,935	10,396	12,839	23,235
Sábado	18 set	4,427	4,243	8,670	9,523	13,002	22,525
Domingo	19 set	3,180	3,271	6,451	7,473	9,449	16,922

Tabla 4.11. Resumen de volúmenes de tráfico en Estaciones 03 y 04.

DÍA DE LA SEMANA		ESTACIÓN Nº03: CHIRA PIURA			ESTACIÓN Nº04: CLUB DE TIRO		
		SENTIDO		TOTAL	SENTIDO		TOTAL
		O - E	E - O		O - E	E - O	
Lunes	13 set	10,893	11,849	22,742	14,353	14,467	28,820
Martes	14 set	12,018	14,181	26,199	14,902	17,626	32,528
Miércoles	15 set	11,532	13,869	25,401	14,909	17,852	32,761
Jueves	16 set	11,183	14,540	25,723	14,850	18,502	33,352
Viernes	17 set	12,064	14,996	27,060	16,194	16,651	32,845
Sábado	18 set	12,350	14,199	26,549	13,771	17,345	31,116
Domingo	19 set	9,456	8,514	17,970	11,633	10,817	22,450

En las Tabla 4.12 y Tabla 4.13, se presentan los porcentajes correspondientes a *vehículos pesados (%HV)* del total de vehículos registrados, para cada día de la semana en cada estación. En estas tablas se observa que en todas las estaciones el comportamiento es bastante similar de lunes a sábado. Sin embargo, el día domingo sí presenta una disminución del porcentaje de camiones con relación al volumen total de vehículos.

Tabla 4.12. Porcentaje de vehículos pesados en Estaciones 01 y 02

DIA DE LA SEMANA		ESTACIÓN Nº01: EX PEAJE			ESTACIÓN Nº02: FABRICA TEXTIL		
		SENTIDO		Promedio	SENTIDO		Promedio
		O - E	E - O		O - E	E - O	
Lunes	**13 set**	37.2%	36.9%	37.1%	16.0%	17.0%	16.6%
Martes	**14 set**	38.6%	38.4%	38.5%	17.5%	18.4%	18.0%
Miércoles	**15 set**	37.3%	37.6%	37.5%	15.8%	17.2%	16.6%
Jueves	**16 set**	33.1%	36.1%	34.4%	16.6%	16.1%	16.3%
Viernes	**17 set**	39.4%	36.2%	37.8%	16.7%	16.4%	16.5%
Sábado	**18 set**	37.0%	33.4%	35.3%	17.6%	15.4%	16.3%
Domingo	**19 set**	29.0%	27.5%	28.2%	12.0%	9.7%	10.7%

Tabla 4.13. Porcentaje de vehículos pesados en Estaciones 03 y 04

DÍA DE LA SEMANA		ESTACIÓN Nº03: CHIRA PIURA			ESTACIÓN Nº04: CLUB DE TIRO		
		SENTIDO		Promedio	SENTIDO		Promedio
		O - E	E - O		O - E	E - O	
Lunes	13 set	16.1%	14.4%	15.2%	12.9%	12.7%	12.8%
Martes	14 set	14.0%	15.4%	14.8%	11.4%	12.4%	11.9%
Miércoles	15 set	11.9%	11.9%	11.9%	11.0%	11.4%	11.2%
Jueves	16 set	13.9%	12.9%	13.3%	10.7%	10.6%	10.7%
Viernes	17 set	13.3%	12.6%	12.9%	10.5%	10.8%	10.7%
Sábado	18 set	13.8%	11.9%	12.8%	12.6%	10.7%	11.6%
Domingo	19 set	9.4%	10.7%	10.0%	7.7%	9.1%	8.4%

La Tabla 4.14 resume el promedio de camiones durante la semana de toma de datos. Se hace notar la gran diferencia registrada en la estación Nº 01 Ex Peaje, con respecto a las otras estaciones. Esto se explica por el desvío existente en la Avenida Chulucanas (hacia y desde el sur), el cual deriva gran parte del tráfico por una ordenanza de la Municipalidad de Piura.

Tabla 4.14. Porcentajes promedio de vehículos pesados (%HV) en cada estación.

Estación	Promedio	
	Lunes a sábado	Domingo
Ex Peaje	36.7%	28.2%
Fábrica Textil	16.7%	10.7%
Chira Piura	13.5%	10.0%
Club de Tiro	11.5%	8.4%

4.5.2.Determinación del Índice medio diario anual (IMDA)

El cálculo del IMDA ha sido realizado utilizando los mismos factores de corrección usados en el proyecto elaborado el año 2006, de acuerdo con la documentación entregada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se ha utilizado un factor de corrección de 1.103 para vehículos ligeros y 1.038 para vehículos pesados, factores correspondientes al mes de setiembre de 2010.

En la Tabla 4.15 se muestra el resumen de los IMDA calculados para cada estación. Nótese que la estación de Ex-peaje tiene un IMDA muy por debajo de los valores correspondientes a las otras estaciones. Esto se debe a que en el segmento Óvalo Cáceres - Av. Chulucanas transita un gran volumen de vehículos ligeros (zona más urbana), mientras que en el otro segmento Av. Chulucanas - Dv. Sullana, el volumen de tráfico vehicular es más bajo y caracterizado por vehículos pesados.

Tabla 4.15. Índice diario medio Anual (IMDA)

ESTACION	IMDA
Ex Peaje	8,861
Textil Piura	23,454
Proyecto Chira Piura	26,838
Club de Tiro	33,479

Para poder comparar entre los valores de diseño del proyecto de rehabilitación y los que se registran actualmente, se muestran la Tabla 4.16 y la Tabla 4.17, en la cual se observan los datos alcanzados por el MTC (estudio de tráfico del año 2000).

Tabla 4.16. Resumen de IMD proyectado para el año 2005– Proyección MTC

TIPO DE VEHICULOS	TRAMO 1ª	TRAMO 1B	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4ª	TRAMO 4B	TRAMO 5
	PIURA DV. PAITA	PIURA SULLANA	SULLANA TBO. GRANDE	TBO. GRANDE LAS LOMAS	LAS LOMAS DV. SAJINO	DV. SAJINO PTE. MACARA	PIURA (DV. PAITA) PAITA
VEHICULOS LIGEROS	3265	2611	1438	1107	614	537	1017
MICROBUS	973	771	143	15	21	26	262
OMNIBUSES	456	351	34	11	11	11	114
VEHICULOS PESADOS	1276	1022	405	375	127	85	437
TOTAL	5970	4755	2020	1508	773	659	1830

Vehículos ligeros: incluye autos, camionetas y combis.
Elaboración: BCEOM-OIST-ED4

Tabla 4.17. Resumen de IMD proyectado para el año 2010 – Proyección MTC

TIPO DE VEHICULOS	TRAMO 1A	TRAMO 1B	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4A	TRAMO 4B	TRAMO 5
	PIURA DV. PAITA	PIURA SULLANA	SULLANA TBO. GRANDE	TBO. GRANDE LAS LOMAS	LAS LOMAS DV. SAJINO	DV. SAJINO PTE. MACARA	PIURA (DV. PAITA) PAITA
VEHICULOS LIGEROS	4187	3348	1836	1412	783	686	1304
COMBIS Y MICROS	1231	975	179	19	27	33	331
OMNIBUSES	577	444	42	14	14	14	144
VEHICULOS PESADOS	1583	1267	498	460	155	104	541
TOTAL	7578	6034	2555	1905	979	837	2320

Vehículos ligeros: incluye autos, camionetas y combis.
Elaboración: BCEOM-OIST-ED4

En la Tabla 4.17 se visualiza que el IMDA proyectado para el año 2010 en la zona de ex-peaje (punto muy cercano al Dv. Sullana[25]), es de 7578 vehículos, mientras que los resultados que se han obtenido del conteo en el mes de setiembre del 2010, en la estación Ex Peaje, indican un IMDA de 8861 (ver Tabla 4.18). Es decir el valor actual es **17 %** más de lo proyectado para dicho punto.

Asimismo con respecto a los vehículos pesados y ómnibus, según la proyección de BCOM-OIST-ED4[26] para el año 2010 en el tramo 1A, se estimó que el volumen de ambos tipos de vehículos sería 2160. Sin embargo, los conteos realizados en setiembre 2010 han señalado que el volumen de ómnibus y vehículos pesados es 2736 (*30.88 %* de 8861). Esto significa que el volumen actual supera en **26.7%** al proyectado inicialmente.

Tabla 4.18. IMDA y porcentaje de vehículos pesados (HV) para cada estación

ESTACIÓN	IMDA	% HV
Ex Peaje	8,861	30.88 %
Textil Piura	23,454	10.20 %
Proyecto Chira Piura	26,838	6.23 %
Club de Tiro	33,479	5.31 %

En las tablas 4.19 al 4.22 se muestra el detalle de las unidades contabilizadas cada día en cada una de las estaciones. Allí se indica el porcentaje de camiones y la direccionalidad encontrada.

[25] También denominado Desvío Paita. (Dv. Paita).
[26] Asociación BCOM-OIST-ED4: Empresa consultora contratada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el año 1999, encargada de realizar el Proyectos de Ingeniería de Detalle de los tramos: Piura-Sullana, Sullana-Tambogrande, Tambogrande-Puente Las Lomas, Puente Las Lomas – Puente Macará.

Tabla 4.19. Detalle de conteo vehicular. Estación de ex-peaje

Ex peaje

Sentido				Sentido: Oeste-Este							Sentido: Este-Oeste							Total unidades por direccion		Total	IMD
Fecha			FC	Lunes 13/09/2010	Martes 14/09/2010	Miércoles 15/09/2010	Jueves 16/09/2010	Viernes 17/09/2010	Sábado 18/09/2010	Domingo 19/09/2010	Lunes 13/09/2010	Martes 14/09/2010	Miércoles 15/09/2010	Jueves 16/09/2010	Viernes 17/09/2010	Sábado 18/09/2010	Domingo 19/09/2010	Oeste-Este	Este-Oeste	[Veh/semana]	
Motocicleta, Mototaxi			1.103	397	434	414	825	400	452	430	425	407	376	395	462	474	461	3352	3000	6352	1000.894
Auto, Sedan, Tico, Station vagon			1.103	983	900	998	1248	1103	1186	1095	1045	899	936	866	1099	1201	1101	7513	7147	14660	2309.997
amioneta, Camioneta cerrada, Combi, Van, Ambulanc			1.103	1153	1222	1242	1319	1180	1151	733	1153	1213	1151	1097	1313	1149	811	8000	7887	15887	2503.337
Buses	B2	38.45	1.038	509	514	485	481	509	540	426	519	501	468	455	494	526	394	3464	3357	6821	1011.457
Porcentaje buses	B3-1	5.03	1.038	80	63	52	56	68	59	62	63	77	60	50	64	74	65	440	453	893	132.419
respecto del total de	B4-1	1.18	1.038	15	13	12	19	15	14	15	14	12	16	12	24	21	8	103	107	210	31.140
vehículos pesados	BA-1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
44.66																					
Custer, Buses Pequeños			1.038	125	31	52	115	94	79	68	85	70	39	14	54	82	74	564	418	982	145.617
Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto			1.038	153	140	165	254	209	220	91	142	93	54	87	106	90	19	1232	591	1823	270.325
Camiones	C2	18.32	1.038	182	304	254	240	249	212	76	241	291	315	276	270	232	108	1517	1733	3250	481.929
	C3	14.04	1.038	150	218	239	188	236	202	38	189	214	208	162	256	150	41	1271	1220	2491	369.380
	C4	1.62	1.038	15	22	32	18	26	30	16	28	28	18	16	24	9	6	159	129	288	42.706
	8X4	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T2S1	0.10	1.038	0	1	2	0	1	1	1	1	0	0	1	6	2	1	6	11	17	2.521
	T2S2	0.24	1.038	1	1	2	3	3	5	1	5	6	2	3	4	3	3	16	26	42	6.228
	T2Se2	0.06	1.038	1	2	0	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	1	4	6	10	1.483
	T3S1	0.25	1.038	0	1	4	0	2	2	2	0	6	2	7	12	4	2	11	33	44	6.525
	T2S3	0.37	1.038	6	4	2	6	4	6	4	4	4	7	3	7	3	5	32	33	65	9.639
Porcentaje camiones	T2Se3	0.06	1.038	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	2	0	1	5	5	10	1.483
respecto del total de	T3S2	1.41	1.038	21	27	22	14	18	24	8	24	8	24	12	19	21	9	134	117	251	37.220
vehículos pesados	T3Se2	0.78	1.038	12	10	9	4	17	12	2	10	13	5	9	11	12	13	66	73	139	20.612
55.34	T3S3	16.43	1.038	209	232	228	259	268	200	90	194	232	249	211	248	163	132	1486	1429	2915	432.253
	T3Se3	0.59	1.038	10	8	9	7	10	13	4	2	7	6	4	8	9	8	61	44	105	15.570
	C2R2	0.01	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0.297
	C2R3	0.02	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	3	4	0.593
	C3R2	0.38	1.038	5	6	3	9	7	6	5	5	1	3	4	8	5	1	41	27	68	10.083
	8X4R2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C2R4B1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C2RB2	0.01	1.038	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	C3RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C3RB2	0.03	1.038	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0.890
	C4RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C3R3	0.31	1.038	1	4	5	2	4	2	8	3	0	5	2	11	6	2	26	29	55	8.156
	C3R4	0.15	1.038	2	4	1	0	1	4	3	2	2	2	0	1	4	0	15	11	26	3.855
	C4R2	0.15	1.038	3	3	1	1	2	4	1	3	0	3	1	0	0	5	15	12	27	4.004
	C4RB2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4RB2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C4R3	0.01	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.148
	8X4R3	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R4	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S2	0.01	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.148
	T3Se2Se2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S1S2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3Se2S1Se2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
Hv (camiones y omnibuses) respecto del total de vehículos	**30.88**	**SUMA DE VEHICULOS POR DIA (tabla 4.4)**		**4034**	**4165**	**4234**	**5073**	**4429**	**4427**	**3180**	**4158**	**4086**	**3950**	**3690**	**4506**	**4243**	**3271**	29542	27904	57446	***8861.055***
																Direccionalidad		*51*	*49*		
Porcentaje de vehiculos pesados (tabla 4.6)				37.2	38.6	37.3	33.1	39.4	37.0	29.0	36.9	38.4	37.6	36.1	36.2	33.4	27.5				
Promedios lunes a sabado				36.8	**Promedio domingo**		28.2														

Tabla 4.20. Detalle de conteo vehicular. Estación fábrica textil

Fabrica Textil

Sentido				Sentido: Oeste-Este							Sentido: Este-Oeste							Total unidades por direccion		Total	IMD
Fecha				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
			FC	13/09/2010	14/09/2010	15/09/2010	16/09/2010	17/09/2010	18/09/2010	19/09/2010	13/09/2010	14/09/2010	15/09/2010	16/09/2010	17/09/2010	18/09/2010	19/09/2010	Oeste-Este	Este-Oeste		
Motocicleta, Mototaxi			1.103	4618	3291	3940	3429	3647	3032	2614	4510	4220	4677	4557	4723	4766	3789	24571	31242	55813	8794.534
Auto, Sedan, Tico, Station vagon			1.103	2679	2483	2824	2645	2980	2932	2646	3418	3348	3490	3687	3944	4338	3427	19189	25652	44841	7065.660
nioneta, Camioneta cerrada, Combi, Van, Ambular			1.103	1746	1867	1880	2007	2034	1887	1318	1895	1806	1968	1839	2072	1901	1316	12739	12797	25536	4023.744
Buses	B2	44.26	1.038	390	490	540	504	572	604	475	470	451	449	408	485	486	460	3575	3209	6784	1005.970
Porcentaje buses	B3-1	6.84	1.038	75	76	59	76	78	66	65	93	70	77	83	77	89	65	495	554	1049	155.552
respecto del total de	B4-1	1.60	1.038	13	21	20	21	22	17	15	16	21	16	12	22	21	9	129	117	246	36.478
vehículos pesados	BA-1	0.01	1.038	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
52.71																					
Custer, Buses Pequeños			1.038	362	175	141	121	112	131	93	436	419	430	458	425	476	119	1135	2763	3898	578.018
Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto			1.038	401	339	312	342	350	309	114	433	501	483	432	375	372	86	2167	2682	4849	719.037
Camiones	C2	13.32	1.038	145	163	183	160	168	208	31	136	160	178	117	193	160	40	1058	984	2042	302.799
	C3	15.55	1.038	162	172	198	176	222	155	20	193	207	209	208	259	170	33	1105	1279	2384	353.513
	C4	0.83	1.038	7	20	8	4	4	9	3	8	13	14	5	24	7	1	55	72	127	18.832
	8X4	0.01	1.038	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	T2S1	0.21	1.038	2	1	0	2	0	1	0	2	3	5	2	9	3	2	6	26	32	4.745
	T2S2	0.15	1.038	1	2	1	1	2	3	1	4	4	2	1	1	0	0	11	12	23	3.411
	T2Se2	0.08	1.038	1	2	2	1	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	7	5	12	1.779
	T3S1	0.12	1.038	0	0	3	1	0	5	1	2	0	2	2	1	1	0	10	8	18	2.669
	T2S3	0.40	1.038	4	3	5	5	7	5	1	8	4	6	8	2	3	0	30	31	61	9.045
Porcentaje camiones	T2Se3	0.03	1.038	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	4	0.593
respecto del total de	T3S2	0.91	1.038	15	9	7	13	11	6	2	10	17	17	7	9	10	6	63	76	139	20.612
vehículos pesados	T3Se2	0.33	1.038	9	6	0	0	0	3	0	13	6	2	0	3	7	2	18	33	51	7.563
47.29	T3S3	13.66	1.038	124	123	129	162	167	134	68	170	217	195	170	182	166	87	907	1187	2094	310.510
	T3Se3	0.37	1.038	6	5	1	5	1	1	1	11	3	8	2	4	5	3	20	36	56	8.304
	C2R2	0.02	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	3	0.445
	C2R3	0.01	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	C3R2	0.63	1.038	6	5	12	12	8	6	1	6	2	3	9	16	8	3	50	47	97	14.384
	8X4R2	0.01	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.148
	C2R4B1	0.01	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	C2RB2	0.01	1.038	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	C3RB1	0.01	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	C3RB2	0.07	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	1	4	0	1	10	11	1.631
	C4RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C3R3	0.31	1.038	0	2	3	3	8	0	4	0	2	5	5	10	5	0	20	27	47	6.969
	C3R4	0.16	1.038	3	3	2	0	1	2	0	2	4	2	2	1	3	0	11	14	25	3.707
	C4R2	0.10	1.038	2	2	0	1	0	0	0	2	3	3	0	1	0	1	5	10	15	2.224
	C4RB2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4RB2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C4R3	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R3	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R4	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S2	0.01	1.038	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
	T3Se2Se2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S1S	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3Se2S1S	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
Hv (camiones y omnibuses) respecto del total de vehículos	**10.20**	**SUMA DE VEHICULOS POR DIA (tabla 4.4)**		**10771**	**9261**	**10271**	**9692**	**10396**	**9523**	**7473**	**11839**	**11484**	**12243**	**12022**	**12839**	**13002**	**9449**	67387	82878	150265	***23453.917***
																Direccionalidad		*45*	*55*		
Porcentaje de vehiculos pesados (tabla 4.6)				16.0	17.5	15.8	16.6	16.7	17.6	12.0	17.0	18.4	17.2	16.1	16.4	15.4	9.7				
Promedios lunes a sabado				16.7		**Promedio domingo**		10.8													

Tabla 4.21. Detalle de conteo vehicular. Estación Proyecto Chira - Piura

Chira Piura

			Sentido		Sentido: Oeste-Este							Sentido: Este-Oeste							Total unidades por direccion		Total	IMD
			Fecha	FC	Lunes 13/09/2010	Martes 14/09/2010	Miércoles 15/09/2010	Jueves 16/09/2010	Viernes 17/09/2010	Sábado 18/09/2010	Domingo 19/09/2010	Lunes 13/09/2010	Martes 14/09/2010	Miércoles 15/09/2010	Jueves 16/09/2010	Viernes 17/09/2010	Sábado 18/09/2010	Domingo 19/09/2010	Oeste-Este	Este-Oeste		
Motocicleta, Mototaxi				1.103	4355	4940	5065	4728	5207	5837	4247	4931	5549	5735	5385	6422	5849	3085	34379	36956	71335	11240.358
Auto, Sedan, Tico, Station vagon				1.103	2981	3801	3493	3381	3757	3028	3324	3439	4088	4122	4686	4166	4443	3356	23765	28300	52065	8203.956
amioneta, Camioneta cerrada, Combi, Van, Ambulanc				1.103	1798	1591	1601	1524	1500	1777	999	1776	2359	2358	2599	2526	2218	1165	10790	15001	25791	4063.925
Buses	B2	41.31		1.038	478	408	316	357	370	438	258	385	276	84	226	266	336	219	2625	1792	4417	654.978
Porcentaje buses	B3-1	9.85		1.038	76	43	45	57	33	88	64	67	149	115	80	92	77	67	406	647	1053	156.145
respecto del total de	B4-1	2.61		1.038	13	30	8	9	10	19	17	17	35	25	30	35	18	13	106	173	279	41.372
vehículos pesados	BA-1	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
53.77																						
Custer, Buses Pequeños				1.038	329	334	417	326	367	391	310	349	568	485	484	454	416	319	2474	3075	5549	822.837
Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto				1.038	488	509	429	414	375	399	127	479	733	561	559	561	443	135	2741	3471	6212	921.151
Camiones	C2	5.80		1.038	36	52	10	72	76	81	13	47	51	23	46	51	52	10	340	280	620	91.937
	C3	17.72		1.038	166	151	40	150	148	126	26	152	183	158	198	220	139	38	807	1088	1895	281.001
	C4	0.97		1.038	7	5	7	7	10	6	3	9	10	12	4	15	7	2	45	59	104	15.422
	8X4	0.03		1.038	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	3	0.445
	T2S1	0.23		1.038	2	2	0	2	2	2	0	3	3	1	2	3	2	1	10	15	25	3.707
	T2S2	0.35		1.038	0	5	3	3	1	3	1	3	4	3	4	5	0	2	16	21	37	5.487
	T2Se2	0.06		1.038	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	3	3	6	0.890
	T3S1	0.17		1.038	1	0	0	2	3	0	1	1	0	1	2	5	0	2	7	11	18	2.669
	T2S3	0.52		1.038	3	4	5	4	5	2	0	1	4	6	10	6	5	1	23	33	56	8.304
Porcentaje camiones	T2Se3	0.05		1.038	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	2	5	0.741
respecto del total de	T3S2	0.94		1.038	16	8	5	9	5	5	2	10	8	8	9	5	6	5	50	51	101	14.977
vehículos pesados	T3Se2	0.68		1.038	7	7	5	1	4	5	0	15	4	4	5	5	9	2	29	44	73	10.825
46.23	T3S3	15.83		1.038	126	109	65	119	150	104	53	147	137	147	183	134	141	78	726	967	1693	251.048
	T3Se3	0.41		1.038	5	4	2	1	1	2	0	6	6	3	5	2	3	4	15	29	44	6.525
	C2R2	0.06		1.038	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	1	4	2	6	0.890
	C2R3	0.04		1.038	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	4	0.593
	C3R2	0.92		1.038	1	4	5	8	17	9	2	4	3	11	7	9	12	6	46	52	98	14.532
	8X4R2	0.01		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.148
	C2R4B1	0.03		1.038	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	3	0.445
	C2RB2	0.05		1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1	4	5	0.741
	C3RB1	0.02		1.038	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0.297
	C3RB2	0.32		1.038	0	0	3	1	4	9	2	0	0	0	6	1	8	0	19	15	34	5.042
	C4RB1	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4RB1	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C3R3	0.68		1.038	1	8	5	8	12	7	5	2	4	2	2	6	10	1	46	27	73	10.825
	C3R4	0.23		1.038	2	1	1	0	0	3	1	3	4	3	4	2	1	0	8	17	25	3.707
	C4R2	0.09		1.038	0	1	0	0	1	0	1	2	1	1	2	0	0	1	3	7	10	1.483
	C4RB2	0.02		1.038	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0.297
	8X4RB2	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C4R3	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R3	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R4	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S2	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3Se2Se2	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S1S2	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3Se2S1Se2	0.00		1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
Hv (camiones y omnibuses) respecto del total de vehículos	**6.23**		**SUMA DE VEHICULOS POR DIA (tabla 4.5)**		**10893**	**12018**	**11532**	**11183**	**12064**	**12350**	**9456**	**11849**	**14181**	**13869**	**14540**	**14996**	**14199**	**8514**	79496	92148	171644	***26837.698***
																	Direccionalidad		*46*	*54*		
			Porcentaje de vehículos pesados (tabla 4.7)		16.1	14.0	11.9	13.9	13.3	13.8	9.4	14.4	15.4	11.9	12.9	12.6	11.9	10.7				
			Promedios lunes a sabado		13.5	**Promedio domingo**		10.0														

Tabla 4.22. Detalle de conteo vehicular. Estación Club de Tiro

Club de Tiro

Sentido				Sentido: Oeste-Este							Sentido: Este-Oeste							Total unidades por direccion		Total	IMD
Fecha				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
			FC	13/09/2010	14/09/2010	15/09/2010	16/09/2010	17/09/2010	18/09/2010	19/09/2010	13/09/2010	14/09/2010	15/09/2010	16/09/2010	17/09/2010	18/09/2010	19/09/2010	Oeste-Este	Este-Oeste		
Motocicleta, Mototaxi			1.103	6152	6950	6754	7052	7622	6528	5408	6008	7653	7687	7439	7300	7109	4082	46466	47278	93744	14771.376
Auto, Sedan, Tico, Station vagon			1.103	4382	4439	4673	4478	5110	3932	4145	4665	5199	5477	6093	5224	6167	4373	31159	37198	68357	10771.110
nioneta, Camioneta cerrada, Combi, Van, Ambular			1.103	1970	1820	1849	1726	1763	1580	1179	1952	2588	2656	3006	2326	2206	1373	11887	16107	27994	4411.055
Buses	B2	41.30	1.038	451	408	384	357	404	439	258	420	276	232	238	240	350	230	2701	1986	4687	695.015
Porcentaje buses	B3-1	9.60	1.038	75	43	39	57	41	88	64	69	149	152	81	85	76	71	407	683	1090	161.631
respecto del total de	B4-1	2.54	1.038	13	30	7	9	13	19	17	18	35	33	28	35	20	11	108	180	288	42.706
vehículos pesados	BA-1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
53.44																					
Custer, Buses Pequeños			1.038	374	335	368	358	359	349	310	382	570	539	515	401	450	350	2453	3207	5660	839.297
Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto			1.038	576	515	462	424	431	456	144	541	732	612	603	558	541	173	3008	3760	6768	1003.598
Camiones	C2	6.48	1.038	20	52	75	76	80	83	13	50	51	70	44	52	60	9	399	336	735	108.990
	C3	18.03	1.038	162	151	132	147	153	127	25	150	183	191	207	224	155	39	897	1149	2046	303.393
	C4	0.77	1.038	6	5	9	7	4	5	3	4	10	8	4	14	6	2	39	48	87	12.901
	8X4	0.02	1.038	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0.297
	T2S1	0.23	1.038	2	2	1	2	2	2	0	2	3	1	2	3	3	1	11	15	26	3.855
	T2S2	0.29	1.038	0	5	2	3	0	3	1	3	4	2	4	5	0	1	14	19	33	4.893
	T2Se2	0.07	1.038	1	0	2	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	5	3	8	1.186
	T3S1	0.16	1.038	1	0	2	2	3	0	1	1	0	0	2	5	0	1	9	9	18	2.669
	T2S3	0.55	1.038	3	4	6	4	6	2	0	4	4	4	12	6	6	1	25	37	62	9.194
Porcentaje camiones	T2Se3	0.07	1.038	0	0	1	0	2	1	0	0	0	2	1	1	0	0	4	4	8	1.186
respecto del total de	T3S2	0.92	1.038	16	8	5	9	9	4	2	11	8	11	8	4	4	5	53	51	104	15.422
vehículos pesados	T3Se2	0.59	1.038	7	7	5	1	3	5	0	12	4	4	5	6	5	3	28	39	67	9.935
46.56	T3S3	15.47	1.038	131	109	106	119	147	110	52	151	137	149	183	136	148	78	774	982	1756	260.390
	T3Se3	0.46	1.038	5	4	6	1	1	2	0	9	6	4	5	2	3	4	19	33	52	7.711
	C2R2	0.05	1.038	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	1	4	2	6	0.890
	C2R3	0.04	1.038	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	4	0.593
	C3R2	0.88	1.038	2	4	7	8	18	9	2	2	3	11	7	9	12	6	50	50	100	14.829
	8X4R2	0.01	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.148
	C2R4B1	0.03	1.038	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	3	0.445
	C2RB2	0.04	1.038	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1	4	5	0.741
	C3RB1	0.02	1.038	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0.297
	C3RB2	0.33	1.038	0	0	4	2	4	9	2	0	0	0	6	3	8	0	21	17	38	5.635
	C4RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4RB1	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C3R3	0.70	1.038	1	8	6	8	14	7	5	5	4	2	2	6	10	1	49	30	79	11.715
	C3R4	0.23	1.038	2	1	1	0	0	3	1	3	4	3	4	2	2	0	8	18	26	3.855
	C4R2	0.11	1.038	1	1	0	0	0	0	1	4	1	1	2	0	0	1	3	9	12	1.779
	C4RB2	0.03	1.038	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	3	0.445
	8X4RB2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	C4R3	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R3	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	8X4R4	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3Se2Se2	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3S2S1S	0.00	1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	T3Se2S1S	0.01	1.038	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.148
Hv (camiones y omnibuses) respecto del total de vehículos	**5.31**	**SUMA DE VEHICULOS POR DIA (tabla 4.5)**		**14353**	**14902**	**14909**	**14850**	**16194**	**13771**	**11633**	**14467**	**17626**	**17852**	**18502**	**16651**	**17345**	**10817**	100612	113260	213872	***33479.330***
																Direccionalidad		*47*	*53*		
Porcentaje de vehiculos pesados (tabla 4.7)				12.9	11.4	11.0	10.7	10.5	12.6	7.7	12.7	12.4	11.4	10.6	10.8	10.7	9.1				
Promedios lunes a sabado				11.5	**Promedio domingo**		8.4														

4.5.3.Clasificación vehicular

Para efecto de la clasificación vehicular se han determinado los porcentajes de vehículos según la clasificación establecida por la FHWA[27] (grupo 1 a 13), mostrando además la clasificación establecida por el DS N° 058-2003-MTC. En la Tabla 4.23 se muestra la relación entre ambas clasificaciones.

Tabla 4.23. Relación entre la Clasificación vehicular del FHWA y la clasificación vehicular peruana (DS N° 058-2003-MTC)

Clasificación FHWA	Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC
1	Motocicleta, Mototaxi
2	Auto, Sedan, Tico, Station vagon
3	Camionetas, Combi, Van, Ambulancia
4	B2
	B3-1
	B4-1
	BA-1
	Custer, Buses Pequeños
5	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto
	C2
6	C3
7	C4
	8X4
8	T2S1
	T2S2
	T2Se2
	T3S1
9	T2S3
	T2Se3
	T3S2
	T3Se2
10	T3S3
	T3Se3
11	C2R2
	C2R3
	C3R2
	8X4R2
	C2R4B1
	C2RB2
	C3RB1
	C3RB2
	C4RB1
	8X4RB1
12	C3R3
	C3R4
	C4R2
	C4RB2
	8X4RB2
13	C4R3
	8X4R3
	8X4R4
	T3S2S2
	T3Se2Se2
	T3S2S1S2
	T3Se2S1Se2

[27] La Administración Federal de Carreteras (FHWA) es parte del Departamento de Transporte de EE.UU. y tiene su sede en Washington, DC. Proporciona apoyo financiero y técnico para la construcción, mejora y conservación del sistema de carreteras de Estados Unidos.

Luego, se ha determinado los porcentajes de clasificación vehicular considerando todos los vehículos (Clasificación 1 a 13), para cada una de las estaciones, tal como se muestra desde la Tabla 4.24 hasta la Tabla 4.27.

Tabla 4.24. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 01

Estación Nº 01:Ex peaje				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003-MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
1	11.3%	Motocicleta, Mototaxi	11.3%	1,001
2	26.1%	Auto, Sedan, Tico, Station vagon	26.1%	2,310
3	28.3%	Camionetas, Combi, Van, Ambulancia	28.3%	2,503
4	14.9%	B2	11.4%	1,011
		B3-1	1.5%	132
		B4-1	0.4%	31
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	1.6%	146
5	8.5%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	3.1%	270
		C2	5.4%	482
6	4.2%	C3	4.2%	369
7	0.5%	C4	0.5%	43
		8X4	0.0%	0
8	0.2%	T2S1	0.0%	3
		T2S2	0.1%	6
		T2Se2	0.0%	1
		T3S1	0.1%	7
9	0.8%	T2S3	0.1%	10
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.4%	37
		T3Se2	0.2%	21
10	5.1%	T3S3	4.9%	432
		T3Se3	0.2%	16
11	0.1%	C2R2	0.0%	0
		C2R3	0.0%	1
		C3R2	0.1%	10
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	0
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.0%	1
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.2%	C3R3	0.1%	8
		C3R4	0.0%	4
		C4R2	0.0%	4
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***8,861***

Tabla 4.25. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 02

Estación Nº 02:Fabrica Textil (Av. Chulucanas)				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
1	37.5%	Motocicleta, Mototaxi	37.5%	8,795
2	30.1%	Auto, Sedan, Tico, Station vagon	30.1%	7,066
3	17.2%	Camionetas, Combi, Van, Ambulancia	17.2%	4,024
4	7.6%	B2	4.3%	1,006
		B3-1	0.7%	156
		B4-1	0.2%	36
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	2.5%	578
5	4.4%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	3.1%	719
		C2	1.3%	303
6	1.5%	C3	1.5%	354
7	0.1%	C4	0.1%	19
		8X4	0.0%	0
8	0.1%	T2S1	0.0%	5
		T2S2	0.0%	3
		T2Se2	0.0%	2
		T3S1	0.0%	3
9	0.2%	T2S3	0.0%	9
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.1%	21
		T3Se2	0.0%	8
10	1.4%	T3S3	1.3%	311
		T3Se3	0.0%	8
11	0.1%	C2R2	0.0%	0
		C2R3	0.0%	0
		C3R2	0.1%	14
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	0
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.0%	2
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.1%	C3R3	0.0%	7
		C3R4	0.0%	4
		C4R2	0.0%	2
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***23,454***

Tabla 4.26. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 03

Estación Nº 03: Chira Piura (Av. Marcavelica)				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
1	41.9%	Motocicleta, Mototaxi	41.9%	11,240
2	30.6%	Auto, Sedan, Tico, Station vagon	30.6%	8,204
3	15.1%	Camionetas, Combi, Van, Ambulancia	15.1%	4,064
4	6.2%	B2	2.4%	655
		B3-1	0.6%	156
		B4-1	0.2%	41
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	3.1%	823
5	3.8%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	3.4%	921
		C2	0.3%	92
6	1.0%	C3	1.0%	281
7	0.1%	C4	0.1%	15
		8X4	0.0%	0
8	0.0%	T2S1	0.0%	4
		T2S2	0.0%	5
		T2Se2	0.0%	1
		T3S1	0.0%	3
9	0.1%	T2S3	0.0%	8
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.1%	15
		T3Se2	0.0%	11
10	1.0%	T3S3	0.9%	251
		T3Se3	0.0%	7
11	0.1%	C2R2	0.0%	1
		C2R3	0.0%	1
		C3R2	0.1%	15
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	1
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.0%	5
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.1%	C3R3	0.0%	11
		C3R4	0.0%	4
		C4R2	0.0%	1
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***26,838***

Tabla 4.27. Clasificación vehicular de 1 a 13. Estación Nº 04

Estación Nº 04:Club de Tiro				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
1	44.1%	Motocicleta, Mototaxi	44.1%	14,771
2	32.2%	Auto, Sedan, Tico, Station vagon	32.2%	10,771
3	13.2%	Camionetas, Combi, Van, Ambulancia	13.2%	4,411
4	5.2%	B2	2.1%	695
		B3-1	0.5%	162
		B4-1	0.1%	43
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	2.5%	839
5	3.3%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	3.0%	1,004
		C2	0.3%	109
6	0.9%	C3	0.9%	303
7	0.0%	C4	0.0%	13
		8X4	0.0%	0
8	0.0%	T2S1	0.0%	4
		T2S2	0.0%	5
		T2Se2	0.0%	1
		T3S1	0.0%	3
9	0.1%	T2S3	0.0%	9
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.0%	15
		T3Se2	0.0%	10
10	0.8%	T3S3	0.8%	260
		T3Se3	0.0%	8
11	0.1%	C2R2	0.0%	1
		C2R3	0.0%	1
		C3R2	0.0%	15
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	1
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.0%	6
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.1%	C3R3	0.0%	12
		C3R4	0.0%	4
		C4R2	0.0%	2
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***33,479***

Por otro lado, desde la Tabla 4.28 hasta la Tabla 4.31, se muestran los porcentajes de clasificación vehicular, considerando únicamente vehículos pesados (Clasificación 4 a 13).

Tabla 4.28. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 01

Estación Nº 01:Ex peaje				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
4	43.3%	B2	33.2%	1,011
		B3-1	4.3%	132
		B4-1	1.0%	31
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	4.8%	146
5	24.7%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	8.9%	270
		C2	15.8%	482
6	12.1%	C3	12.1%	369
7	1.4%	C4	1.4%	43
		8X4	0.0%	0
8	0.5%	T2S1	0.1%	3
		T2S2	0.2%	6
		T2Se2	0.0%	1
		T3S1	0.2%	7
9	2.3%	T2S3	0.3%	10
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	1.2%	37
		T3Se2	0.7%	21
10	14.7%	T3S3	14.2%	432
		T3Se3	0.5%	16
11	0.4%	C2R2	0.0%	0
		C2R3	0.0%	1
		C3R2	0.3%	10
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	0
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.0%	1
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.5%	C3R3	0.3%	8
		C3R4	0.1%	4
		C4R2	0.1%	4
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***3,047***

Tabla 4.29. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 02

Estación Nº 02:Fabrica Textil (Av. Chulucanas)				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
4	49.8%	B2	28.2%	1,006
		B3-1	4.4%	156
		B4-1	1.0%	36
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	16.2%	578
5	28.6%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	20.1%	719
		C2	8.5%	303
6	9.9%	C3	9.9%	354
7	0.5%	C4	0.5%	19
		8X4	0.0%	0
8	0.4%	T2S1	0.1%	5
		T2S2	0.1%	3
		T2Se2	0.0%	2
		T3S1	0.1%	3
9	1.1%	T2S3	0.3%	9
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.6%	21
		T3Se2	0.2%	8
10	8.9%	T3S3	8.7%	311
		T3Se3	0.2%	8
11	0.5%	C2R2	0.0%	0
		C2R3	0.0%	0
		C3R2	0.4%	14
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	0
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.0%	2
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.4%	C3R3	0.2%	7
		C3R4	0.1%	4
		C4R2	0.1%	2
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***3,570***

Tabla 4.30. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 03

Estación Nº 03: Chira Piura (Av. Marcavelica)				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
4	50.3%	B2	19.7%	655
		B3-1	4.7%	156
		B4-1	1.2%	41
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	24.7%	823
5	30.4%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	27.7%	921
		C2	2.8%	92
6	8.4%	C3	8.4%	281
7	0.5%	C4	0.5%	15
		8X4	0.0%	0
8	0.4%	T2S1	0.1%	4
		T2S2	0.2%	5
		T2Se2	0.0%	1
		T3S1	0.1%	3
9	1.0%	T2S3	0.2%	8
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.4%	15
		T3Se2	0.3%	11
10	7.7%	T3S3	7.5%	251
		T3Se3	0.2%	7
11	0.7%	C2R2	0.0%	1
		C2R3	0.0%	1
		C3R2	0.4%	15
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	1
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.2%	5
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.5%	C3R3	0.3%	11
		C3R4	0.1%	4
		C4R2	0.0%	1
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***3,329***

Tabla 4.31. Clasificación vehicular de 4 a 13. Estación Nº 04

Estación Nº 04:Club de Tiro (Ovalo Cáceres)				
Clasificación FHWA	**Porcentaje**	**Clasificación según DS Nº 058-2003- MTC**	**Porcentaje**	**IMDA**
4	49.3%	B2	19.7%	695
		B3-1	4.6%	162
		B4-1	1.2%	43
		BA-1	0.0%	0
		Custer, Buses Pequeños	23.8%	839
5	31.6%	Cámara, Grúa, Camioncitos de reparto	28.5%	1,004
		C2	3.1%	109
6	8.6%	C3	8.6%	303
7	0.4%	C4	0.4%	13
		8X4	0.0%	0
8	0.4%	T2S1	0.1%	4
		T2S2	0.1%	5
		T2Se2	0.0%	1
		T3S1	0.1%	3
9	1.0%	T2S3	0.3%	9
		T2Se3	0.0%	1
		T3S2	0.4%	15
		T3Se2	0.3%	10
10	7.6%	T3S3	7.4%	260
		T3Se3	0.2%	8
11	0.7%	C2R2	0.0%	1
		C2R3	0.0%	1
		C3R2	0.4%	15
		8X4R2	0.0%	0
		C2R4B1	0.0%	0
		C2RB2	0.0%	1
		C3RB1	0.0%	0
		C3RB2	0.2%	6
		C4RB1	0.0%	0
		8X4RB1	0.0%	0
12	0.5%	C3R3	0.3%	12
		C3R4	0.1%	4
		C4R2	0.1%	2
		C4RB2	0.0%	0
		8X4RB2	0.0%	0
13	0.0%	C4R3	0.0%	0
		8X4R3	0.0%	0
		8X4R4	0.0%	0
		T3S2S2	0.0%	0
		T3Se2Se2	0.0%	0
		T3S2S1S2	0.0%	0
		T3Se2S1Se2	0.0%	0
			TOTAL	***3,526***

Considerando sólo vehículos pesados, se muestra a continuación un resumen de los vehículos que predominan en cada una de las estaciones, notándose que los clasificados en los grupos 4 y 5 de FHWA, son los que destacan sobre los demás.

Tabla 4.32. Clasificación predominante en las cuatro estaciones de conteo

Clasificación FHWA	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
4	43.3 %	49.8 %	50.3 %	49.3 %
5	24.7 %	28.6 %	30.4 %	31.6 %
10	14.7 %	8.9 %	7.7 %	7.6 %
6	12.1 %	9.9 %	8.4 %	8.6 %

4.5.4.Cálculo del Número de Ejes Equivalentes (EAL's)

4.5.4.1.Corrección por presiones de inflado

En las tablas siguientes se indican los resultados del proceso de cálculo, que corresponde a las presiones de inflado promedio, presiones de contacto, *factores de ajuste por eje* (Tabla 4.33. Presión de inflado promedio, presión de contacto y Factor de ajuste por eje). En la Tabla 4.34 se muestran los valores de *factores de eje equivalente de carga* (LEF) promedio por eje y los valores de *factores camión ajustado* (TF).

Tabla 4.33. Presión de inflado promedio, presión de contacto y Factor de ajuste por eje

Tipo	Presion de inflado promedio							Presion de contacto							"F" Factor de ajuste por eje						
	En eje 1	En eje 2	En eje 3	En eje 4	En eje 5	En eje 6	En eje 7	En eje 1	En eje 2	En eje 3	En eje 4	En eje 5	En eje 6	En eje 7	En eje 1	En eje 2	En eje 3	En eje 4	En eje 5	En eje 6	En eje 7
C2	89.53	89.84						80.58	80.86						1.40	1.41					
C3	96.91	97.08	97.53					87.22	87.37	87.78					1.65	1.65	1.67				
C4	99.13	118.51	99.00	100.01				89.22	106.66	89.10	90.01				1.72	2.37	1.72	1.75			
8x4																					
T2S1																					
T2S2	107.37	105.26	106.05	105.11				96.63	94.74	95.45	94.59				2.00	1.93	1.95	1.92			
T2Se2	110.00	116.67	106.67	106.67				99.00	105.00	96.00	96.00				2.09	2.31	1.98	1.98			
T2S3	104.70	104.40	102.80	104.56	103.10			94.23	93.96	92.52	94.10	92.79			1.91	1.90	1.84	1.90	1.85		
T2Se3	120.00	120.00	110.00	110.00	110.00			108.00	108.00	99.00	99.00	99.00			2.43	2.43	2.09	2.09	2.09		
T3S1																					
T3S2	108.48	123.49	108.56	109.14	107.98			97.63	111.14	97.71	98.22	97.18			2.04	2.54	2.04	2.06	2.02		
T3Se2	116.67	110.00	111.67	106.67	110.00			105.00	99.00	100.50	96.00	99.00			2.31	2.09	2.14	1.98	2.09		
T3S3	107.34	106.52	105.86	106.28	105.41	105.68		96.61	95.87	95.27	95.66	94.87	95.11		2.00	1.97	1.95	1.96	1.93	1.94	
T3Se3	107.22	107.78	104.44	98.89	101.11	98.89		96.50	97.00	94.00	89.00	91.00	89.00		1.99	2.01	1.90	1.71	1.79	1.71	
C2R2																					
C2R3																					
C3R2	104.66	106.38	103.83	103.28	103.79			94.19	95.74	93.44	92.95	93.41			1.91	1.97	1.88	1.86	1.88		
C3R3	106.15	105.19	225.00	105.58	104.62	105.19		95.54	94.67	202.50	95.02	94.15	94.67		1.96	1.93	5.97	1.94	1.91	1.93	
C3R4																					
C4R2	100.00	104.29	102.86	105.00	104.29	102.86		90.00	93.86	92.57	94.50	93.86	92.57		1.75	1.89	1.85	1.92	1.89	1.85	
C4R3																					
8X4R2																					
8X4R3																					
8X4R4																					
C4RB1																					
C2RB2																					
C3RB1																					
C3RB2																					
C4RB1																					
C4RB2																					
8X4 RB1																					
8X4 RB2																					
T3S2 S2	107.50	105.71	107.50	107.50	107.50	108.75	107.50	96.75	95.14	96.75	96.75	96.75	97.88	96.75	2.00	1.94	2.00	2.00	2.00	2.05	2.00
T3Se2Se2																					
T3S2S1S2																					
T3Se2S1Se2																					
B2	102.00	103.33						91.80	93.00						1.82	1.86					
B3-1	93.33	98.33	95.00					84.00	88.50	85.50					1.53	1.69	1.58				
B4-1	120.00	120.00	120.00	120.00				108.00	108.00	108.00	108.00				2.43	2.43	2.43	2.43			
BA-1																					

Nota: La presión de inflado en cada eje es el promedio de las presiones registradas para cada tipo de vehículo

Tabla 4.34. LEF promedio por eje y Factor Camión (TF)

Tipo	Factor de Equivalente de Carga (LEF) promedio, por eje							Factor de Equivalente de Carga (LEF) promedio, por eje "AJUSTADO"							TF ajustado
	En eje 1	En eje 2	En eje 3	En eje 4	En eje 5	En eje 6	En eje 7	En eje 1	En eje 2	En eje 3	En eje 4	En eje 5	En eje 6	En eje 7	
C2	0.10	2.95	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.14	4.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	*4.29*
C3	0.61	6.49	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.00	10.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	*11.72*
C4	0.73	1.44	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.26	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	*4.67*
8x4	0.20	0.03	0.12	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.20	0.03	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	*0.34*
T2S1	0.53	0.86	0.50	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.53	0.86	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	*1.89*
T2S2	0.64	2.56	1.26	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.28	4.93	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	*8.66*
T2Se2	0.42	0.91	1.61	0.00	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.87	2.12	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	*6.16*
T2S3	0.57	4.32	0.77	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.09	8.20	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	*10.71*
T2Se3	0.55	9.94	0.31	2.38	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.33	24.11	0.64	4.98	0.00	0.00	0.00	*31.06*
T3S1	0.41	1.18	1.04	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.41	1.18	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	*2.63*
T3S2	0.28	0.90	1.28	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.56	2.29	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	*5.46*
T3Se2	0.34	1.49	1.97	2.36	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.80	3.11	4.22	4.65	0.00	0.00	0.00	*12.77*
T3S3	0.28	1.58	1.18	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.57	3.11	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	*5.97*
T3Se3	0.33	1.24	0.77	1.45	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.66	2.50	1.47	2.49	0.00	0.00	0.00	*7.12*
C2R2	0.59	1.97	1.52	0.75	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.59	1.97	1.52	0.75	0.00	0.00	0.00	*4.84*
C2R3	0.42	5.31	0.69	1.65	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.42	5.31	0.69	1.65	0.00	0.00	0.00	*8.06*
C3R2	0.63	1.76	2.22	2.56	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.20	3.46	4.17	4.77	0.00	0.00	0.00	*13.59*
C3R3	0.71	1.70	1.49	0.60	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.40	3.28	8.88	1.16	0.00	0.00	0.00	*14.71*
C3R4								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C4R2	0.86	1.41	2.19	2.40	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.50	2.68	4.04	4.60	0.00	0.00	0.00	*12.82*
C4R3								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
8X4R2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
8X4R3								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
8X4R4								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C4RB1								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C2RB2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C3RB1								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C3RB2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C4RB1								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
C4RB2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
8X4 RB1								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
8X4 RB2	1.10	0.99	0.56	0.21	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.10	0.99	0.56	0.21	0.00	0.00	0.00	*2.86*
T3S2 S2	0.20	2.50	1.11	0.35	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.40	4.86	2.23	0.69	0.00	0.00	0.00	*8.18*
T3Se2Se2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
T3S2S1S2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
T3Se2S1Se2								*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*Sin datos*	*0.00*
B2	0.36	1.60	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.65	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	*3.62*
B3-1	0.81	1.16	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	1.23	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	*3.20*
B4-1	0.20	0.17	1.22	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.49	0.42	2.97	0.00	0.00	0.00	0.00	*3.88*
BA-1	0.32	2.10	0.56	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	0.32	2.10	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	*2.98*

* LEF: Factor equivalente de carga

4.5.4.2.Cálculo de EAL's

Realizando los cálculos correspondientes se halló la máxima cantidad de ejes equivalentes correspondiente a la estación "Ex peaje" cuyo valor es de **2´841,418.27 (2,84 x 10^6 EAL's).** El detalle de los resultados se muestra en las tablas a continuación, las cuales corresponden a cada una de las cuatro estaciones: Ex peaje, Fábrica textil, Proyecto Chira Piura y Club de Tiro.

Cabe indicar que se está haciendo hincapié en los resultados obtenidos en la estación del ex-peaje (hoy convertida en la sede del pesaje móvil donde se ha realizado el censo de cargas), dado que los datos de proyecto con los que se cuenta, indican el mismo punto como referencia para su estimación de tráfico.

Tabla 4.35. Ejes equivalentes en estación Ex peaje

Ex peaje				
TMDA	8861.05		***DD***	51.43
HV	30.88		***G***	*1.00*
Volumen de camiones en el carril de diseño				1407.37
Configuración vehicular	***TF***	***% vehículos con respecto al total de camiones***	**Unidades**	**EAL**
C2	4.293	18.318	94,098	403,941
C3	11.718	14.040	72,123	845,151
C4	4.665	1.623	8,339	38,900
8X4	0.345	0.000	0	0
T2S1	1.888	0.096	492	929
T2S2	8.660	0.237	1,216	10,531
T2Se2	6.156	0.056	290	1,783
T2S3	10.705	0.366	1,882	20,147
T2Se3	31.061	0.056	290	8,993
T3S1	2.629	0.248	1,274	3,350
T3S2	5.458	1.415	7,267	39,663
T3Se2	12.769	0.783	4,025	51,388
T3S3	5.975	16.430	84,399	504,253
T3Se3	7.119	0.592	3,040	21,642
C2R2	4.841	0.011	58	280
C2R3	8.063	0.023	116	934
C3R2	13.589	0.383	1,969	26,754
C3R3	14.710	0.310	1,592	23,424
C3R4	0.000	0.147	753	0
C4R2	12.820	0.152	782	10,022
C4R3	0.000	0.006	29	0
8X4R2	0.000	0.000	0	0
8X4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R4	0.000	0.000	0	0
C2RB1	0.000	0.000	0	0
C2RB2	0.000	0.006	29	0
C3RB1	0.000	0.000	0	0
C3RB2	0.000	0.034	174	0
C4RB1	0.000	0.000	0	0
C4RB2	0.000	0.000	0	0
8X4RB1	0.000	0.000	0	0
8X4RB2	2.860	0.000	0	0
T3S2S2	8.184	0.006	29	237
T3Se2Se2	0.000	0.000	0	0
T3S2S1S2	0.000	0.000	0	0
T3Se2S1Se2	0.000	0.000	0	0
B2	3.623	38.445	197,491	715,460
B3-1	3.200	5.033	25,855	82,742
B4-1	3.882	1.184	6,080	23,603
BA-1	2.978	0.000	0	0
			TOTAL EAL's	***2.83E+06***

Notar que en el estudio de BCEOM (año 2000, estación ex-peaje), el valor de EAL's proyectado para el año 2010 era de $\boldsymbol{2.74x\ 10^6}$, el cual es similar al existente actualmente.

Tabla 4.36. Ejes equivalentes en estación Fábrica Textil

Fabrica Textil				
TMDA	23453.92		***DD***	55.15
HV	10.20		***G***	*1.00*
Volumen de camiones en el carril de diseño				1319.55

Configuración vehicular	***TF***	***% vehículos con respecto al total de camiones***	**Unidades**	**EAL**
C2	4.293	13.322	64,163	275,438
C3	11.718	15.553	74,910	877,809
C4	4.665	0.829	3,991	18,616
8X4	0.345	0.007	31	11
T2S1	1.888	0.209	1,005	1,898
T2S2	8.660	0.150	723	6,258
T2Se2	6.156	0.078	377	2,321
T2S3	10.705	0.398	1,917	20,519
T2Se3	31.061	0.026	126	3,904
T3S1	2.629	0.117	566	1,487
T3S2	5.458	0.907	4,368	23,838
T3Se2	12.769	0.333	1,603	20,462
T3S3	5.975	13.661	65,797	393,116
T3Se3	7.119	0.365	1,760	12,526
C2R2	4.841	0.020	94	456
C2R3	8.063	0.007	31	253
C3R2	13.589	0.633	3,048	41,418
C3R3	14.710	0.307	1,477	21,724
C3R4	0.000	0.163	786	0
C4R2	12.820	0.098	471	6,042
C4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R2	0.000	0.007	31	0
8X4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R4	0.000	0.000	0	0
C2RB1	0.000	0.007	31	0
C2RB2	0.000	0.007	31	0
C3RB1	0.000	0.007	31	0
C3RB2	0.000	0.072	346	0
C4RB1	0.000	0.000	0	0
C4RB2	0.000	0.000	0	0
8X4RB1	0.000	0.000	0	0
8X4RB2	2.860	0.000	0	0
T3S2S2	8.184	0.007	31	257
T3Se2Se2	0.000	0.000	0	0
T3S2S1S2	0.000	0.000	0	0
T3Se2S1Se2	0.000	0.000	0	0
B2	3.623	44.259	213,166	772,247
B3-1	3.200	6.844	32,962	105,483
B4-1	3.882	1.605	7,730	30,007
BA-1	2.978	0.007	31	94
			TOTAL EAL's	***2.64E+06***

Tabla 4.37 Ejes equivalentes en estación Proyecto Chira Piura

Proyecto Chira-Piura				
TMDA	26837.70		***DD***	53.69
HV	6.23		***G***	*1.00*
Volumen de camiones en el carril de diseño				897.50

Configuración vehicular	***TF***	***% vehículos con respecto al total de camiones***	**Unidades**	**EAL**
C2	4.293	5.799	18,996	81,545
C3	11.718	17.724	58,060	680,359
C4	4.665	0.973	3,186	14,865
8X4	0.345	0.028	92	32
T2S1	1.888	0.234	766	1,446
T2S2	8.660	0.346	1,134	9,817
T2Se2	6.156	0.056	184	1,132
T2S3	10.705	0.524	1,716	18,368
T2Se3	31.061	0.047	153	4,758
T3S1	2.629	0.168	551	1,450
T3S2	5.458	0.945	3,094	16,889
T3Se2	12.769	0.683	2,237	28,559
T3S3	5.975	15.834	51,871	309,910
T3Se3	7.119	0.412	1,348	9,597
C2R2	4.841	0.056	184	890
C2R3	8.063	0.037	123	988
C3R2	13.589	0.917	3,003	40,802
C3R3	14.710	0.683	2,237	32,900
C3R4	0.000	0.234	766	0
C4R2	12.820	0.094	306	3,928
C4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R2	0.000	0.009	31	0
8X4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R4	0.000	0.000	0	0
C2RB1	0.000	0.028	92	0
C2RB2	0.000	0.047	153	0
C3RB1	0.000	0.019	61	0
C3RB2	0.000	0.318	1,042	0
C4RB1	0.000	0.000	0	0
C4RB2	0.000	0.019	61	0
8X4RB1	0.000	0.000	0	0
8X4RB2	2.860	0.000	0	0
T3S2S2	8.184	0.000	0	0
T3Se2Se2	0.000	0.000	0	0
T3S2S1S2	0.000	0.000	0	0
T3Se2S1Se2	0.000	0.000	0	0
B2	3.623	41.311	135,330	490,267
B3-1	3.200	9.848	32,262	103,245
B4-1	3.882	2.609	8,548	33,184
BA-1	2.978	0.000	0	0
			TOTAL EAL's	***1.88E+06***

Tabla 4.38. Ejes equivalentes en estación Club de Tiro

Club de Tiro				
TMDA	33479.33		***DD***	52.96
HV	5.31		***G***	*1.00*
Volumen de camiones en el carril de diseño				940.81

Configuración vehicular	***TF***	***% vehículos con respecto al total de camiones***	**Unidades**	**EAL**
C2	4.293	6.476	22,240	95,469
C3	11.718	18.028	61,908	725,447
C4	4.665	0.767	2,632	12,281
8X4	0.345	0.018	61	21
T2S1	1.888	0.229	787	1,485
T2S2	8.660	0.291	999	8,647
T2Se2	6.156	0.070	242	1,490
T2S3	10.705	0.546	1,876	20,083
T2Se3	31.061	0.070	242	7,519
T3S1	2.629	0.159	545	1,432
T3S2	5.458	0.916	3,147	17,175
T3Se2	12.769	0.590	2,027	25,886
T3S3	5.975	15.473	53,133	317,449
T3Se3	7.119	0.458	1,573	11,201
C2R2	4.841	0.053	182	879
C2R3	8.063	0.035	121	976
C3R2	13.589	0.881	3,026	41,117
C3R3	14.710	0.696	2,390	35,162
C3R4	0.000	0.229	787	0
C4R2	12.820	0.106	363	4,655
C4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R2	0.000	0.009	30	0
8X4R3	0.000	0.000	0	0
8X4R4	0.000	0.000	0	0
C2RB1	0.000	0.026	91	0
C2RB2	0.000	0.044	151	0
C3RB1	0.000	0.018	61	0
C3RB2	0.000	0.335	1,150	0
C4RB1	0.000	0.000	0	0
C4RB2	0.000	0.026	91	0
8X4RB1	0.000	0.000	0	0
8X4RB2	2.860	0.000	0	0
T3S2S2	8.184	0.000	0	0
T3Se2Se2	0.000	0.000	0	0
T3S2S1S2	0.000	0.000	0	0
T3Se2S1Se2	0.000	0.009	30	0
B2	3.623	41.299	141,819	513,774
B3-1	3.200	9.604	32,981	105,545
B4-1	3.882	2.538	8,714	33,828
BA-1	2.978	0.000	0	0
			TOTAL EAL's	***1.98E+06***

4.5.5.Determinación de los espectros de carga

Con los datos obtenidos del censo de carga (balanza móvil), se ha conseguido recopilar un conjunto de datos los cuales han sido objeto de análisis del sobrepeso de los vehículos pesados; la cantidad total de vehículos que participaron del censo de carga es de ***4,751***. Una vez procesada esta información, se ha detectado que más del ochenta por ciento de vehículos se concentra en sólo tres categorías: **18.82 %** de camiones C2, **21.64 %** de camiones C3 y **39.80 %** de camiones T3S3.

Según la relación establecida entre la clasificación vehicular del Reglamento Nacional de Vehículos y la clasificación definida por la *Federal H ighway A ssociation* (FHWA, EE.UU), los vehículos pesados que en el Perú se clasifican como tipo **C2, C3, y T3S3,** son clasificados en el Sistema FHWA como tipo **5, 6 y 10**, respectivamente. A continuación se muestra la Figura 4.16 donde se muestran los porcentajes de vehículos pesados, según la clasificación *FHWA*. En el Anexo XII se puede visualizar el detalle de los tipos de vehículos que fueron pesados en la balanza, y la relación entre los dos tipos de sistemas antes mencionados.

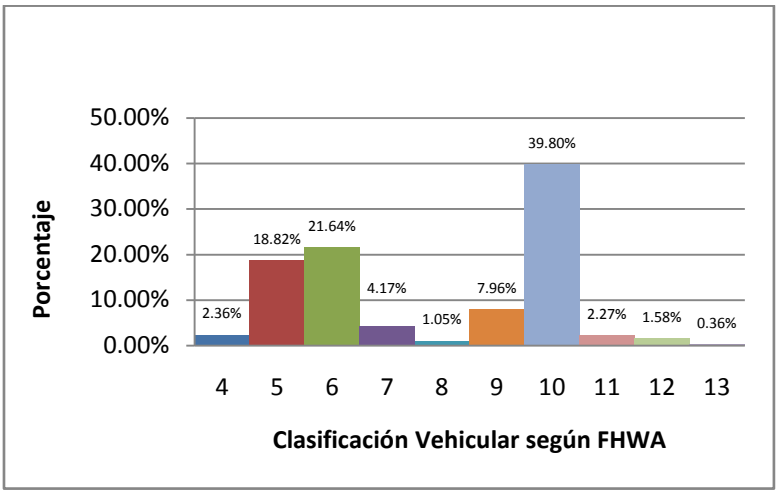


Figura 4.16. Porcentajes de cada tipo de vehículo pesado, Clasificación FHWA

En la Tabla 4.40 se muestra un resumen de la "carga media" de cada eje para cada tipo de camión. En esta tabla, los valores resaltados en amarillo indican los ejes de los camiones que están con sobrepeso. Los pesos de los camiones cuyos valores no se muestran (sombreados de color gris) evidencian que la cantidad de vehículos pesados fue muy pequeña para calcular un promedio de carga por eje que sea representativo; esto ocurre para los siguientes tipos de camiones: T2Se2, T3S1, T3Se2, C2R2, C2R3, C4R2, C4R3, 8x4 RB2, T3S2S3 y B4-1, cuyos espectros de carga tampoco han sido graficados por la misma razón. Según la tabla del Anexo XII; cada uno de estos últimos tipos de camiones representan un porcentaje menor a 0.25% del volumen total de vehículos, es decir, tienen una muestra menor a 12 camiones

En base a los resultados del censo de cargas, se han calculado los espectros de carga graficando las frecuencias acumuladas del peso de cada eje para cada tipo de camión. En estas gráficas se muestra el porcentaje de ejes de vehículos que poseen sobrepeso. Los casos más resaltantes son el sobrepeso en: *el **75%** de 2° ejes s imples del c amión t ipo **T2Se3,*** el ***56%** de ejes d obles del c amión t ipo **C3**, el **53%** de 2° ejes s imples del cam ión tipo **T2S3***, y *el **50%** de ejes simples del camión tipo **B3-1***

Tabla 4.39. Cuadro resumen carga media por eje por cada tipo de vehículo pesado

Tipo de camión	Tipo de eje							Cuadro Resumen de Carga media(tn)														
	Conjunto de ejes							Conjunto de ejes														
	1	2	3	4	5	6	7	Peso existente 1	Peso Máximo 1	Peso existente 2	Peso Máximo 2	Peso existente 3	Peso Máximo 3	Peso existente 4	Peso Máximo 4	Peso existente 5	Peso Máximo 5	Peso existente 6	Peso Máximo 6	Peso existente 7	Peso Máximo 7
C2	S	S						3.8	7.0	14.7	11.0										
C3	S	D						6.4	7.0	19.0	18.0										
C4	S	T						7.3	7.0	22.6	23.0										
8X4	S	S	D																		
T2S1	S	S	S					5.9	7.0	7.0	7.0	5.6	11.0								
T2S2	S	S	D					6.3	7.0	9.0	11.0	12.3	18.0								
T2Se2	S	S	S	S																	
T2S3	S	S	T					6.5	7.0	10.9	11.0	16.1	25.0								
T2Se3	S	S	S	D				6.6	7.0	13.7	11.0	3.8	11.0	17.5	18.0						
T3S1	S	D	S																		
T3S2	S	D	D					5.6	7.0	12.2	18.0	12.0	18.0								
T3Se2	S	D	S	S				6.0	7.0	15.1	18.0	8.5	11.0	8.8	11.0						
T3S3	S	D	T					5.7	7.0	15.5	18.0	20.0	25.0								
T3Se3	S	D	S	D																	
C2R2	S	S	S	S				6.1	7.0	8.2	11.0	7.5	11.0	4.9	11.0						
C2R3	S	S	S	D																	
C3R2	S	D	S	S				6.9	7.0	15.9	18.0	8.8	11.0	9.2	11.0						
C3R3	S	D	S	D				7.1	7.0	14.6	18.0	7.6	11.0	10.9	18.0						
C3R4	S	D	D	D																	
C4R2	S	T	S	S																	
C4R3	S	T	S	D																	
8X4R2	S	S	D	S	S																
8X4R3	S	S	D	S	D																
8X4R4	S	S	D	D	D																
C2RB1	S	S	S																		
C2RB2	S	S	D																		
C3RB1	S	D	S																		
C3RB2	S	D	D																		
C4RB1	S	T	S																		
C4RB2	S	T	D																		
8X4RB1	S	S	D	S																	
8X4RB2	S	S	D	D																	
T3S2S2	S	D	D	D																	
T3Se2Se2	S	D	S	S	S	S															
T3S2S1S2	S	D	D	S	D																
T3Se2S1Se2	S	D	S	S	S	S	S														
B2	S	S						5.6	7.0	8.4	11.0										
B3-1	S	D						7.5	7.0	15.0	16.0										
B4-1	S	S	D																		
BA-1	S	S	S					5.6	7.0	7.8	11.0	5.6	7.0								

El conjunto de los espectros de carga se muestran en el Anexo XII. En este anexo se observa que los espectros de carga de los vehículos pesados: T2S1, T2SE3, C2R2, B2 y B4-1, no son muy concluyentes debido al tamaño de la muestra, es decir, que el porcentaje de dichos vehículos con respecto al volumen total de vehículos pesados es mayor a 0.25% y menor a 1%, en otras palabras la muestra para cada uno de dichos tipos de camiones, oscila entre 13 y 48 vehículos.

A continuación se muestran dos gráficas representativas de los espectros de carga. La Figura 4.17. muestra uno de los casos más resaltantes de ejes con sobrepeso; según el censo de cargas, el eje doble del camión tipo C3 posee un 53% de sobrepeso, en comparación al peso límite exigido por la Normativa Peruana (18 t). En dicha figura se aprecia que por haber obtenido una muestra de 196 vehículos, el espectro no presenta inflexiones fuertes en la curva. Caso contrario sucede en el espectro de carga del camión de tipo T2S1 (Figura 4.18), donde se observa una muestra pequeña de vehículos pesados (15 vehículos), lo que evidencia gran dispersión en los puntos graficados e inflexiones fuertes en la curva.

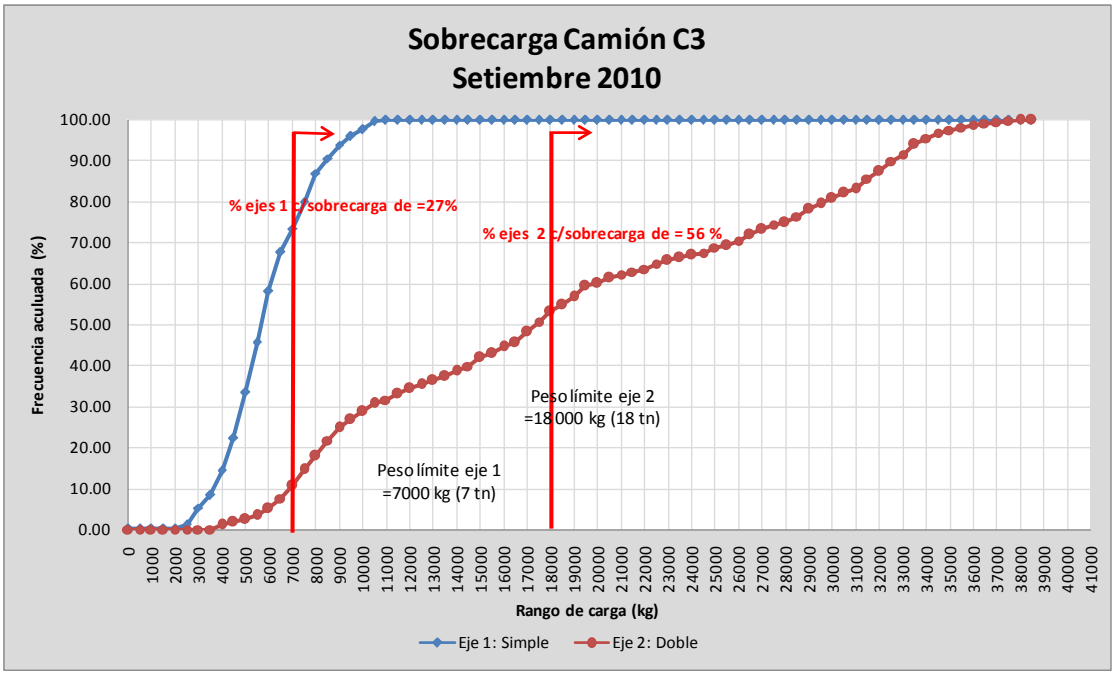


Figura 4.17. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C3

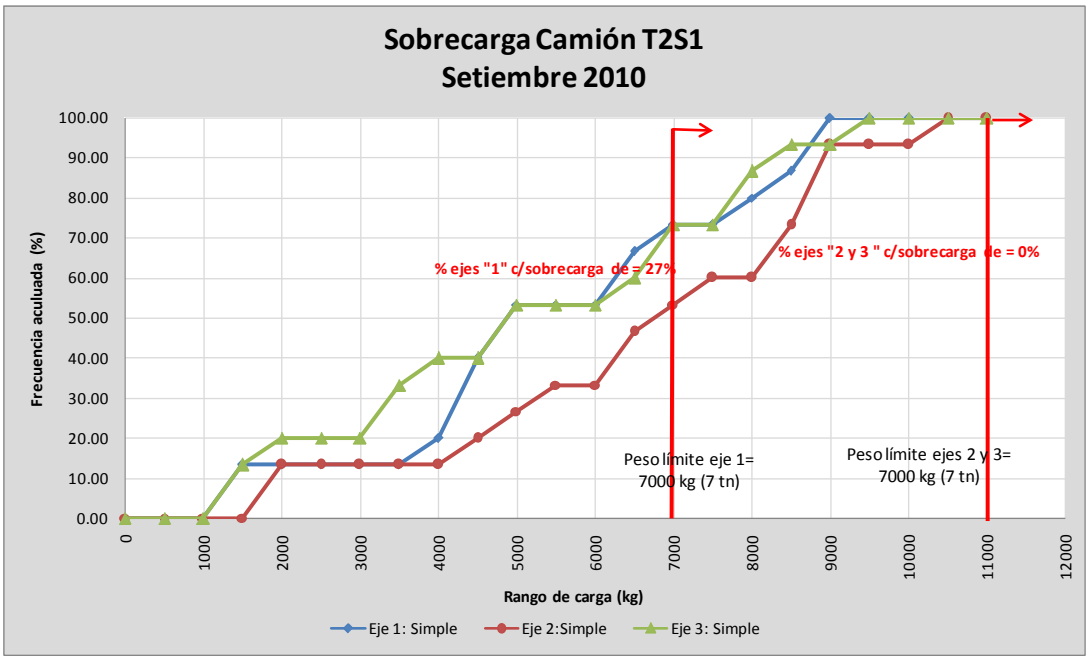


Figura 4.18. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T2S1*

Con estos resultados podemos decir que el pavimento no está recibiendo las solicitaciones de carga para las que fue diseñado, sino que está siendo sobre-esforzado. En otras palabras, el diseño del refuerzo asfáltico (2006) que inicialmente fue calculado con un valor de Ejes Equivalentes de Carga (EAL – 8,2 t) igual a 5.88×10^{6} *t*, está siendo sometido a condiciones "extremas" de carga, por lo que se intuye que la *performance* del pavimento está siendo claramente afectada. El sobrepeso en los camiones y las velocidades bajas de circulación de los vehículos pesados, está generando problemas en el pavimento, manifestándose en esta ocasión, como grandes deformaciones permanentes a lo largo de los mencionados 4.73 km.

4.5.6.Determinación de la velocidad de tráfico (medición directa)

Tal como se indicó en el ítem 3.3.4, se ha utilizado la estadística para el análisis de velocidades puntuales obtenidas en campo. Se presentan a continuación los resultados del análisis de velocidades puntuales tomadas en cada una de las estaciones descritas en el ítem mencionado. Los resultados se muestran ilustrados en:

- Histogramas de frecuencias de velocidades
- Gráfico de frecuencias acumuladas de velocidades

Ambos tipos de gráficos se han realizado para cada sentido de tráfico y para cada una de las 3 estaciones.
Los valores de las mediciones de velocidad se encuentran en el Anexo XI.

4.5.6.1.Estación de Ex-peaje (Km -0+370)

Las figuras siguientes muestran el histograma de frecuencias y la curva de frecuencia acumulada en el sentido *Oeste – Este*, para las velocidades tomadas en el km -0+370. La velocidad esperada de cualquier vehículo según la muestra es de ***55.3 km/hr***.

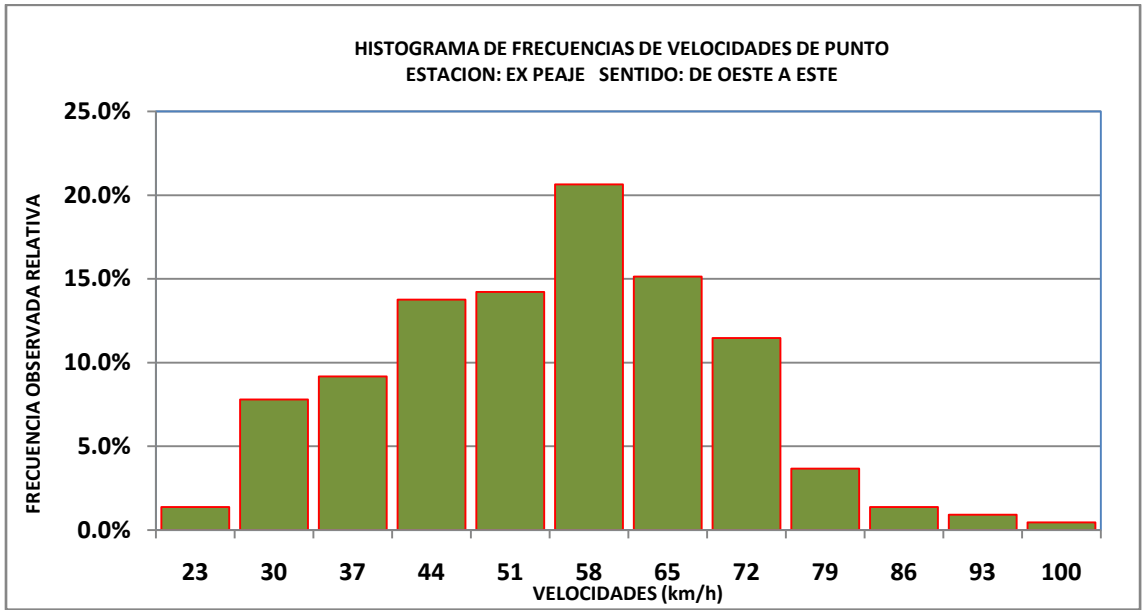


Figura 4.19. Histograma de Frecuencias de velocidades puntuales, estación Ex-Peaje. Sentido Oeste - Este

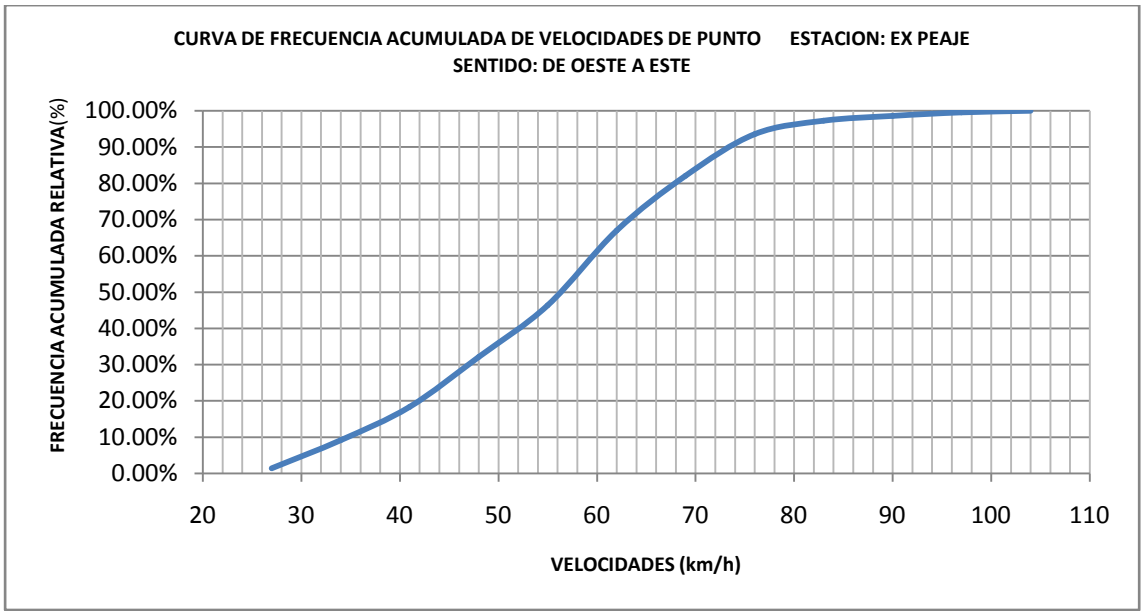


Figura 4.20. Curva de frecuencia acumulada de velocidades puntuales, estación Ex-peaje. Sentido Oeste – Este.

El rango de velocidad media verdadera para todo el tránsito con un 95.5 % de confiabilidad, se encuentra entre ***49.39 y 61.24 km/hr***.
Si se considera solamente el tráfico de camiones, la velocidad media es de *47.9 km/hr*. Considerando sólo vehículos ligeros, la velocidad media es de *62.6 km/hr*.

A continuación se muestra el histograma de frecuencias y la curva de frecuencia acumulada en el sentido *Este – Oeste*, para las velocidades tomadas en el km -0+370. La velocidad esperada de cualquier vehículo según la muestra es de ***52.4 km/hr***.

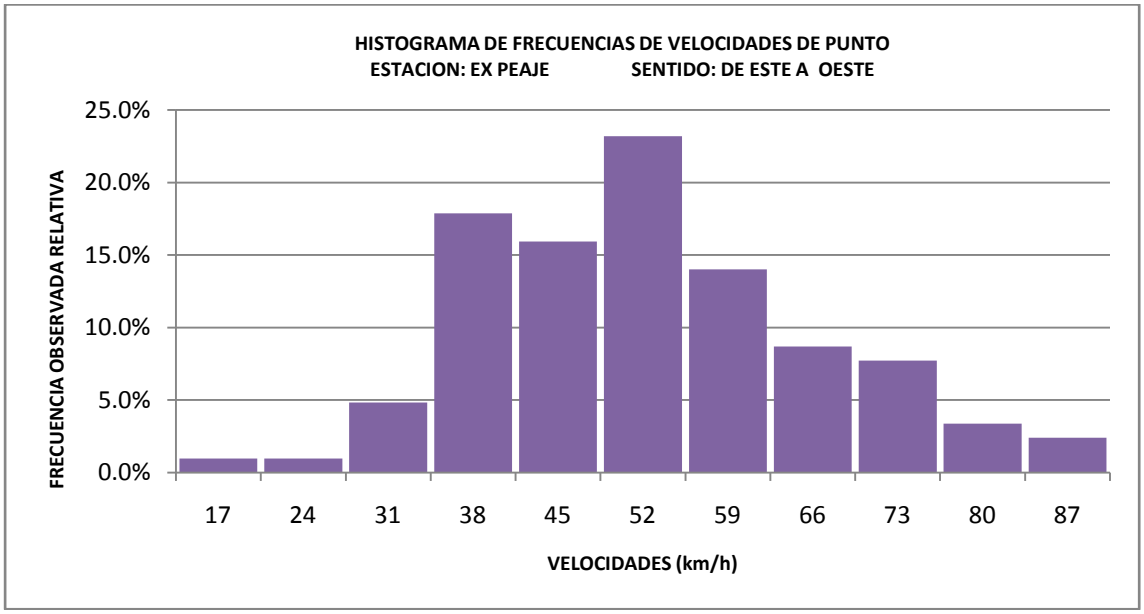


Figura 4.21. Histograma de frecuencias de velocidades puntuales, estación Ex-peaje. Sentido Este - Oeste

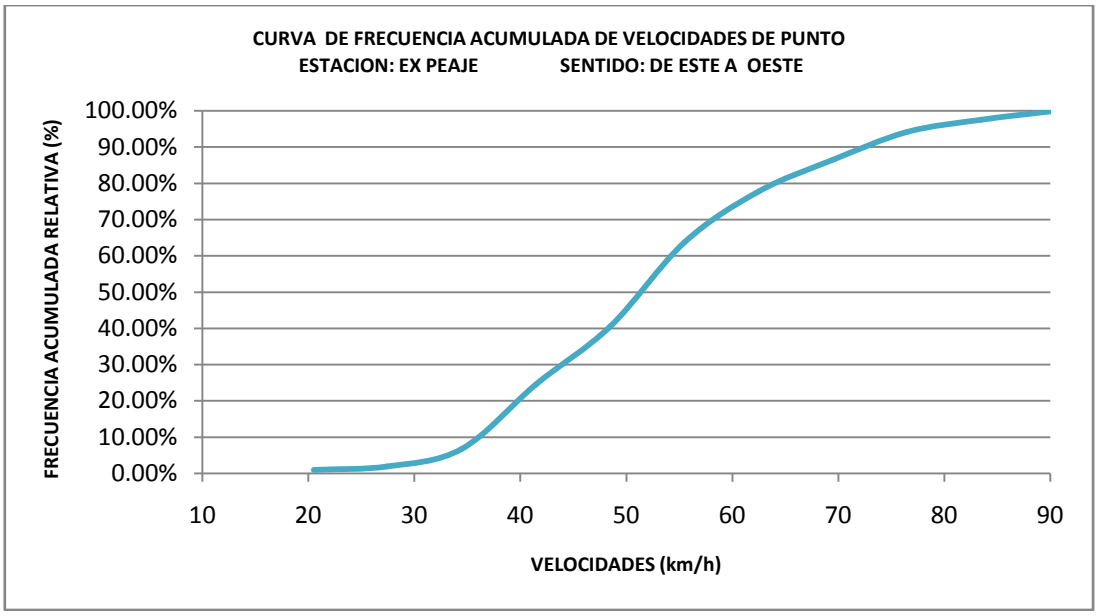


Figura 4.22. Curva de frecuencia acumulada de velocidades puntuales, estación Ex-peaje. Sentido Este-Oeste.

El rango de velocidad media verdadera para todo el tránsito con un 95.5 % de confiabilidad, se encuentra entre ***50.41 y 54.33 km/hr***.
Si se considera solamente el tráfico de camiones, la velocidad media es de *48.2 km/hr*. Considerando sólo vehículos ligeros, la velocidad media es de *60.2 km/hr*.

4.5.6.2.Estación de Terminal Pesquero (Km -2+120)

A continuación se muestra el histograma de frecuencias y la curva de frecuencia acumulada en el sentido Oeste – Este, para las velocidades tomadas en el km -2+120. La velocidad esperada de cualquier vehículo según la muestra es de ***23.9 km/hr***.

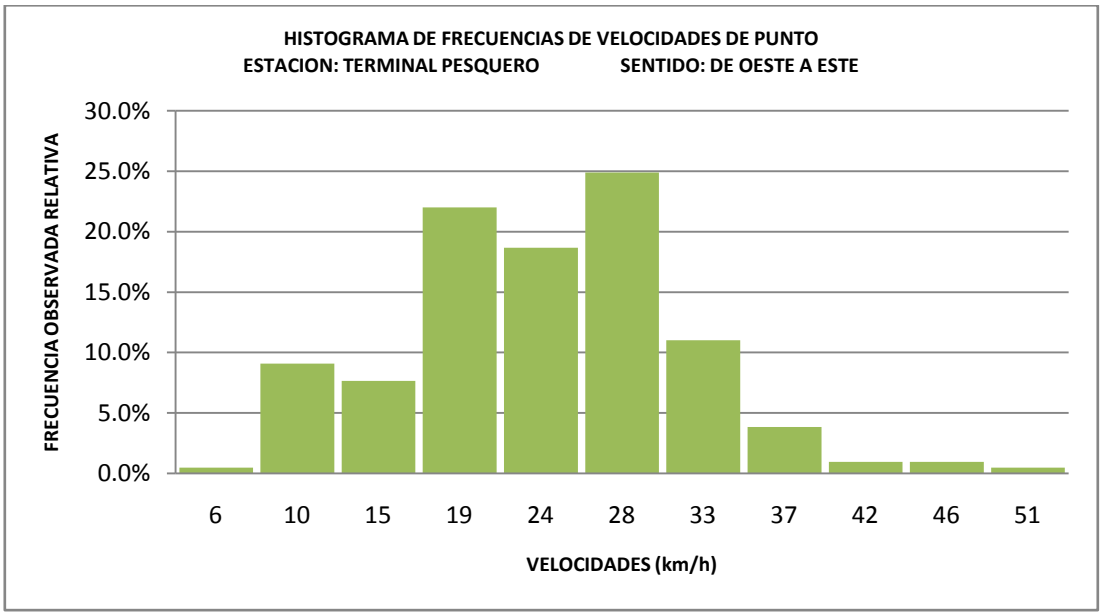


Figura 4.23. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Oeste - Este

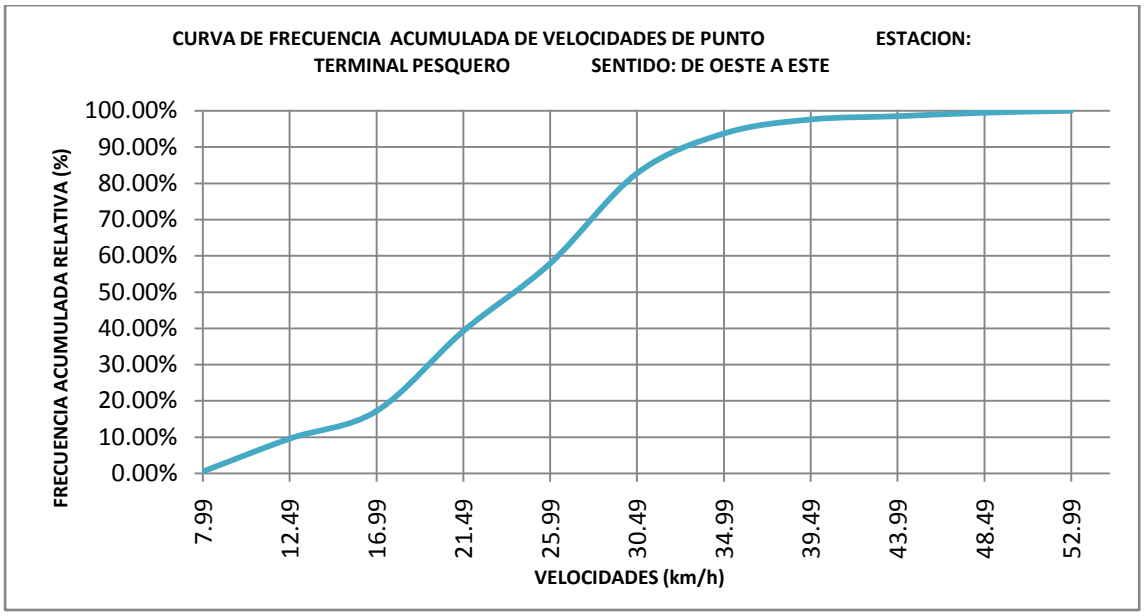


Figura 4. 24. Curva de f recuencia acumulada, de ve locidades p untuales, estación terminal pesquero. Sentido Oeste – Este.

El rango de velocidad media verdadera para todo el tránsito con un 95.5 % de confiabilidad, se encuentra entre ***21.58 y 26.21 km/hr***.

Si se considera solamente el tráfico de camiones, la velocidad media es de *23.2 km/hr*. Considerando sólo vehículos ligeros, la velocidad media es de *25.5 km/hr*.

A continuación se muestra el histograma de frecuencias y la curva de frecuencia acumulada en el sentido Este – Oeste, para las velocidades tomadas en el km -2+120. La velocidad esperada de cualquier vehículo, según la muestra es de ***26.3 km/hr***.

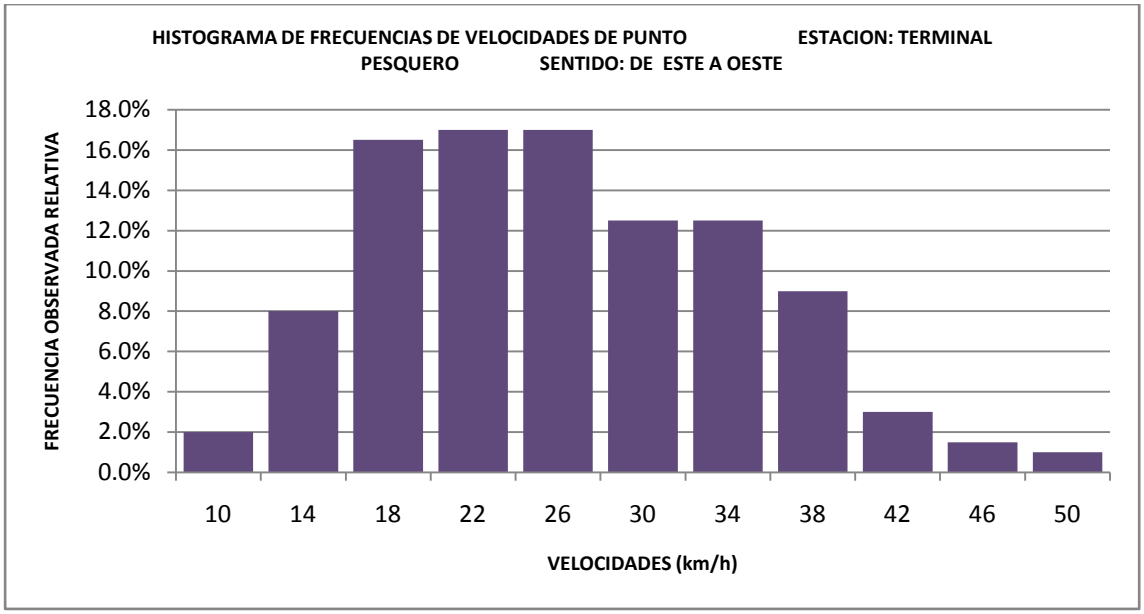


Figura 4.25. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Este a Oeste

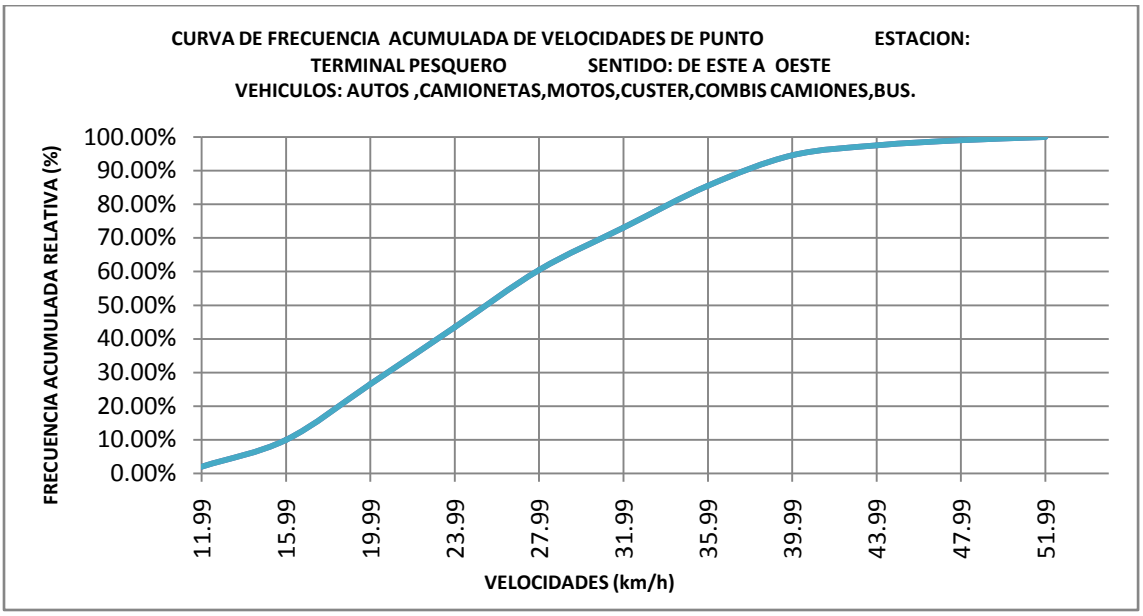


Figura 4.26. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación terminal pesquero. Sentido Este. - Oeste

El rango de velocidad media verdadera para todo el tránsito con un 95.5 % de confiabilidad, se encuentra entre ***25.11 y 27.52 km/hr.***
Si se considera solamente el tráfico de camiones, la velocidad media es de *26.7 km/hr*. Considerando sólo vehículos ligeros, la velocidad media es de *30.4 km/hr*.

4.5.6.3.Estación Av. Chulucanas (Km -3+040)

A continuación se muestra el histograma de frecuencias y la curva de frecuencia acumulada en el sentido Oeste – Este, para las velocidades tomadas en el km -3+040. La velocidad esperada de cualquier vehículo según la muestra es de ***24.5 km/hr***.

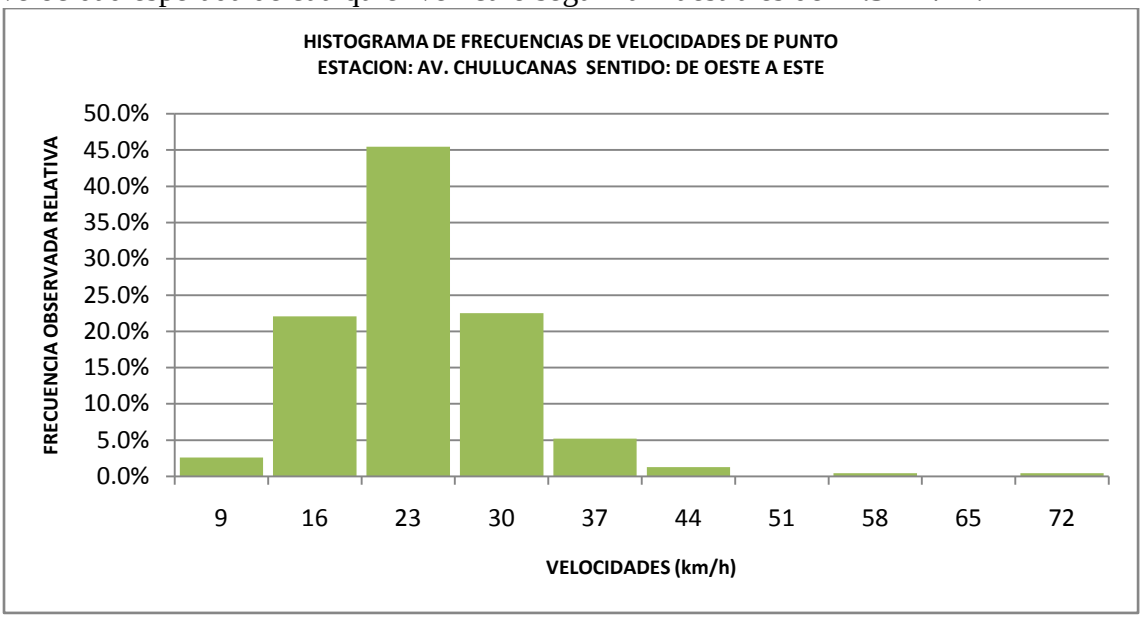


Figura 4.27. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Oeste a Este

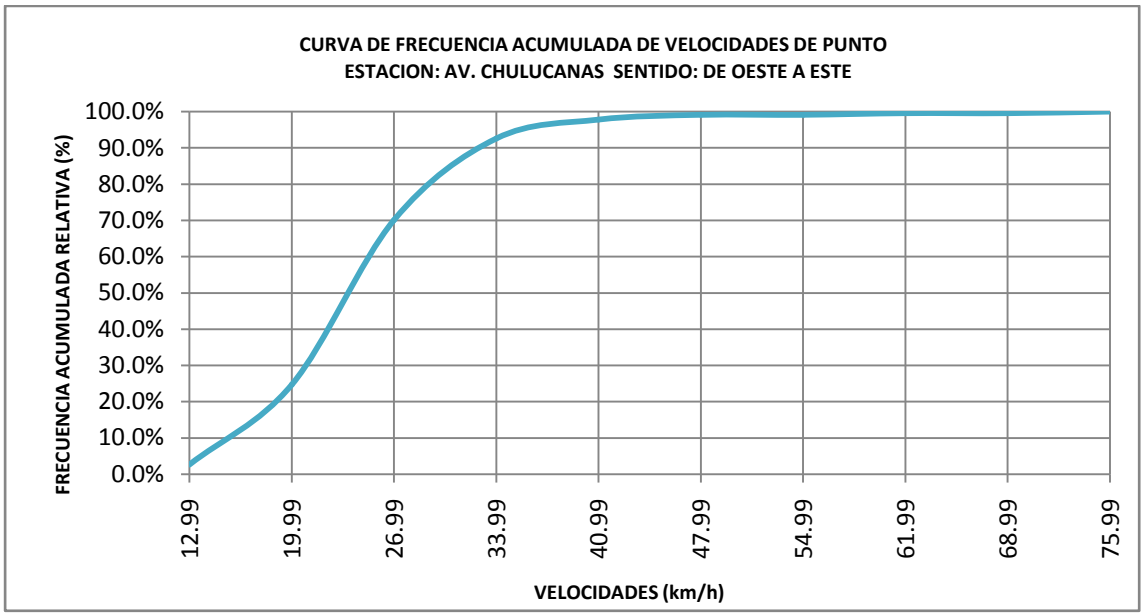


Figura 4.28. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Oeste - Este

El rango de velocidad media verdadera para todo el tránsito con un 95.5 % de confiabilidad, se encuentra entre ***23.53 y 26.70 km/hr***.

Si se considera solamente el tráfico de camiones, la velocidad media es de *21.5 km/hr*. Considerando sólo vehículos ligeros, la velocidad media es de *26.7 km/hr*.

A continuación se muestra el histograma de frecuencias y la curva de frecuencia acumulada en el sentido Este – Oeste, , para las velocidades tomadas en el km -3+040. La velocidad esperada de cualquier vehículo, según la muestra es de ***24.8 km/hr***.

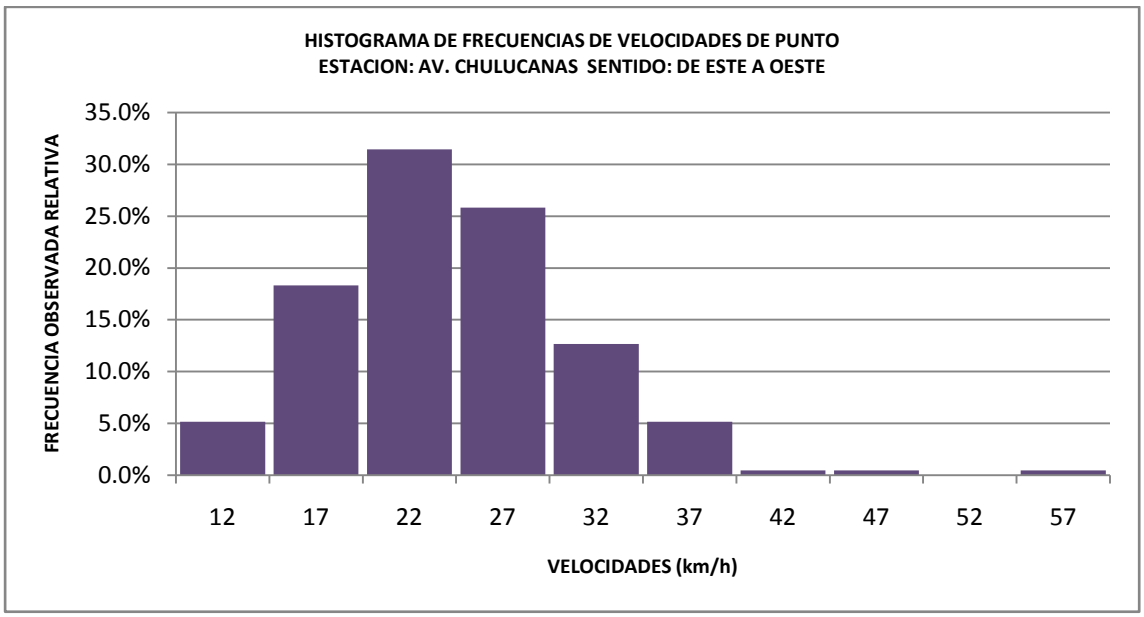


Figura 4.29. Histograma de frecuencia de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Este a Oeste

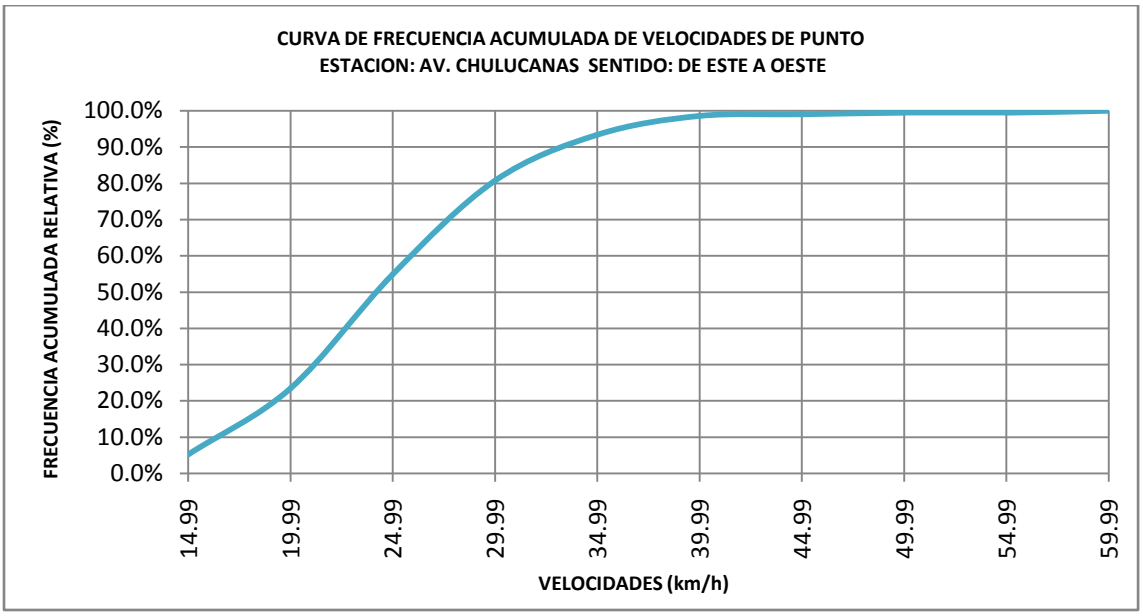


Figura 4.30. Curva de frecuencia acumulada, de velocidades puntuales, estación Av. Chulucanas. Sentido Este a Oeste.

El rango de velocidad media verdadera para todo el tránsito con un 95.5 % de confiabilidad, se encuentra entre ***23.84 y 25.70 km/hr***.

Si se considera solamente el tráfico de camiones, la velocidad media es de *27.3 km/hr*. Considerando sólo vehículos ligeros, la velocidad media es de *21.9 Km/hr*.

Finalmente, luego de procesar las velocidades mediante este método y examinar estas gráficas, observamos que existen velocidades medias "críticas" de vehículos pesados de hasta ***21.6 km/hr***, lo cual representa una realidad crítica dado que la velocidad directriz de diseño para el tramo es de 60 km/hr, es decir, la **velocidad actual es el 35.8%** de la velocidad de diseño del proyecto.

4.5.7.Análisis del problema de congestión vehicular

El conteo vehicular ha reflejado la gran concentración que se produce en el tramo materia de análisis, especialmente entre la Avenida Chulucanas y el Óvalo Cáceres. Asimismo, la medición de velocidad puntal muestra valores relativamente bajos, con rangos de entre ***21.6 y 26.2 Km/hr*,** a la altura del Terminal Pesquero.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de la corriente de flujo vehicular, se ha aplicado el método de observador móvil para determinar sus características principales, vale decir: tasa de flujo (q), velocidad media espacial (v) y densidad o concentración vehicular (k). En términos de velocidad, es importante resaltar que mediante esta metodología se estima el valor de ***velocidad media espacial***, es decir la velocidad media de todos los vehículos que ocupan un tramo de carretera o calle. El procedimiento de análisis se encuentra detallado en el ítem 1.4. (Teoría del flujo vehicular).

Tal como se indicó en el ítem 3.3.5., para hacer las mediciones, se dividió el tramo evaluado en dos segmentos. El primero, entre el Ex peaje y la Av. Chulucanas, y el

segundo, entre el Óvalo Cáceres y la Av. Chulucanas. Esta división se realizó debido a que se identificaron dos tramos con distinto comportamiento a lo largo de la ruta.
El primer segmento cuyo inicio es el Ovalo Cáceres (Km -4+731) hasta la Av. Chulucanas (Km -3+080); esta sección se caracteriza por estar propiamente en una zona urbana, con predios construidos a ambos lados, tráfico compuesto eminentemente por vehículos ligeros de los cuales aproximadamente la mitad son motocicletas lineales y vehículos motorizados de 3 ruedas (moto-taxi) y existencia de elementos de control de velocidad (gibas y semáforo).

A partir de la Av. Chulucanas (km -3+080) hasta el Km 0+000, las características de la carretera cambian drásticamente, puesto que de ser una arteria urbana se transforma en una vía con un alto componente de tráfico vehicular pesado, debido a que por regulaciones municipales, la mayor parte del tránsito de buses y camiones (que se dirigen hacia el sur del país) entra y sale del tramo a través de la mencionada avenida (Ver Figura 2.1.). Además, en este segmento los predios ubicados a ambos lados de la carretera son de tipo rural-industrial. También existen gibas (Km -2+000 y Km -1+600) colocadas para controlar la velocidad de los vehículos en las zonas de alto tránsito peatonal; no obstante, condicionan el libre flujo vehicular, causando congestionamiento en diversas horas del día y, debido al tamaño y peso de los vehículos, son puntos obligados de parada.

Se muestra a continuación las gráficos de nube de datos y las correspondientes gráficas construidas en base a la correlación por mínimos cuadrados que ha permitido construir las tres gráficas del modelo, la cuales servirán para describir el comportamiento del flujo y el nivel de servicio de la vía en el presente análisis.

4.5.7.1.Primer tramo de análisis: Ex-Peaje – Avenida Chulucanas

La vía ha sido analizada para ambos sentidos, tanto de ida como de vuelta, de la misma forma se ha realizado dicho procedimiento para el otro tramo analizado. Se define el sentido de ida como la dirección establecida como “Ex-Peaje – Avenida Chulucanas” y sentido de vuelta como “Avenida Chulucanas – Ex Peaje”.

A. Sentido de ida

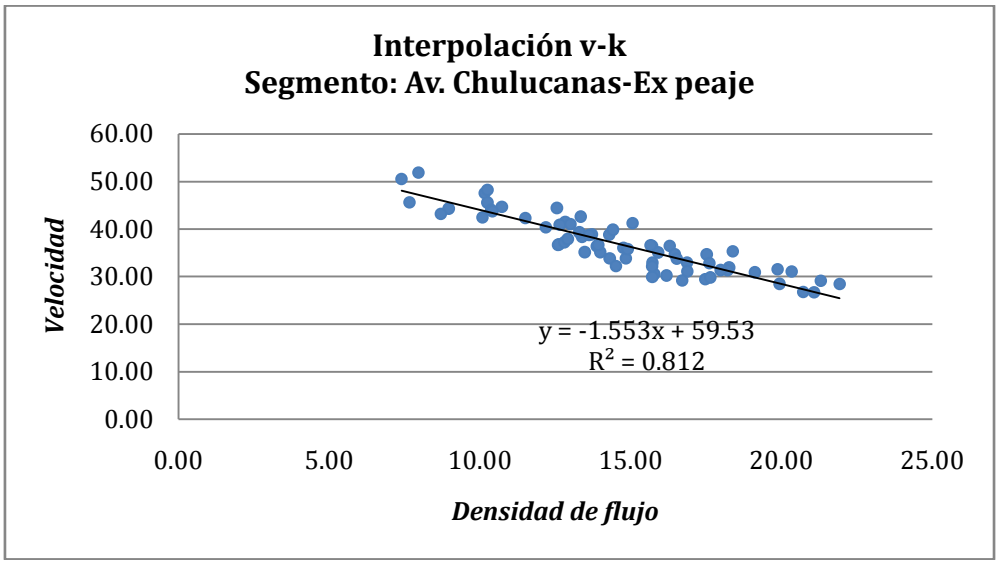


Figura 4.31. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida

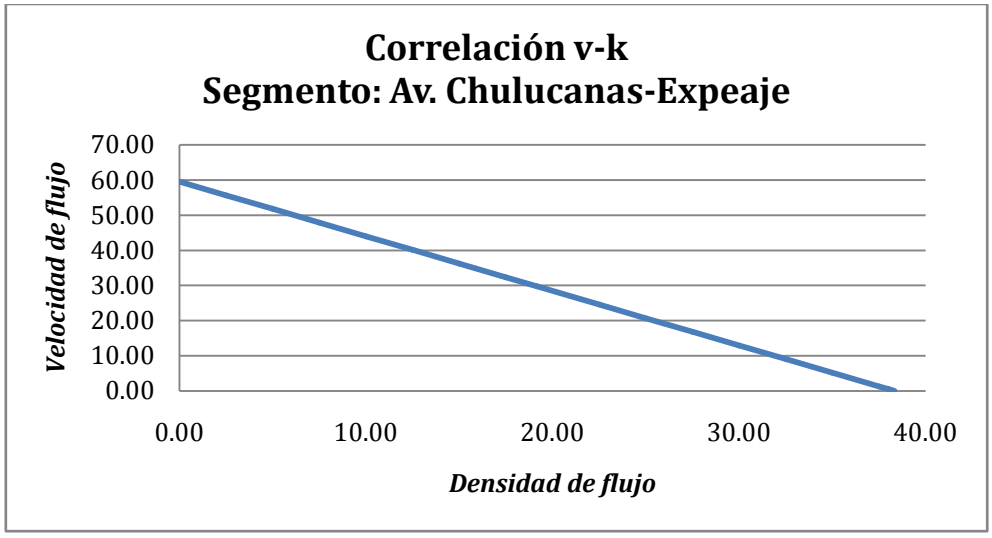


Figura 4.32. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido ida

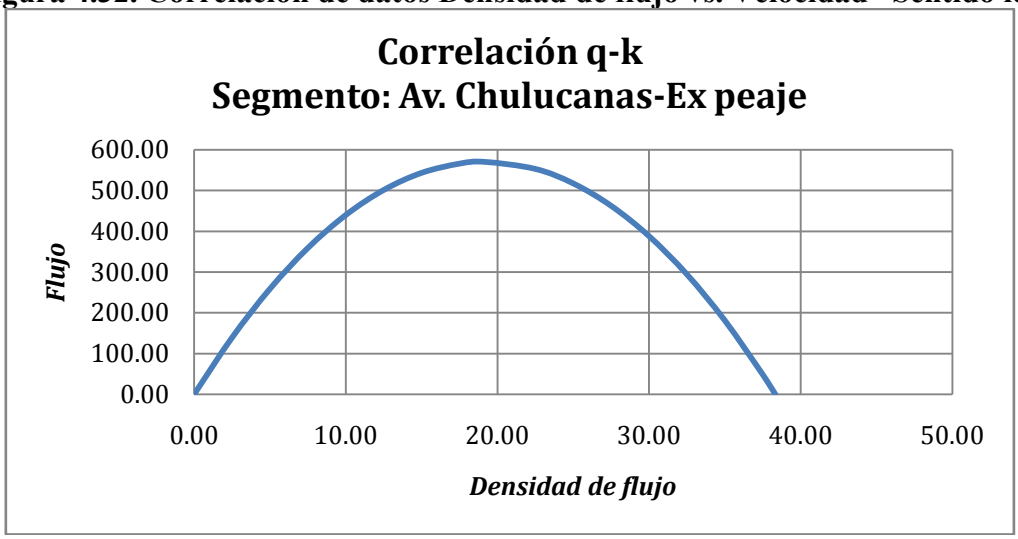


Figura 4.33. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido ida

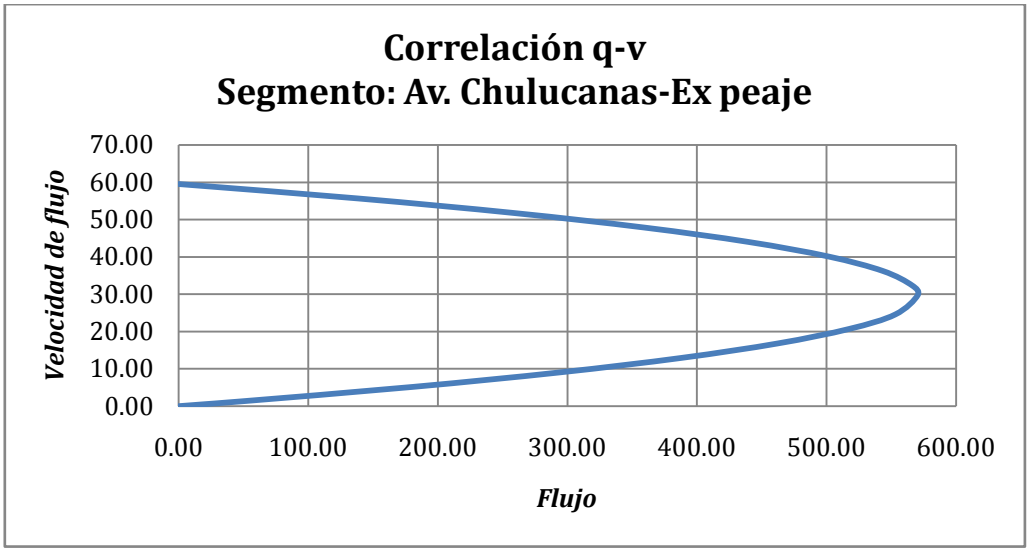


Figura 4.34. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida

B. Sentido de vuelta

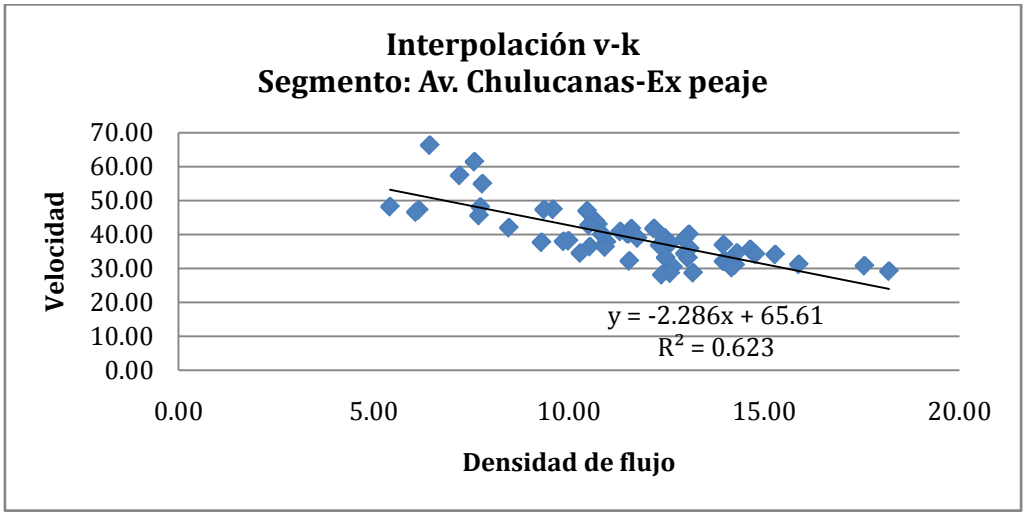


Figura 4.35. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta

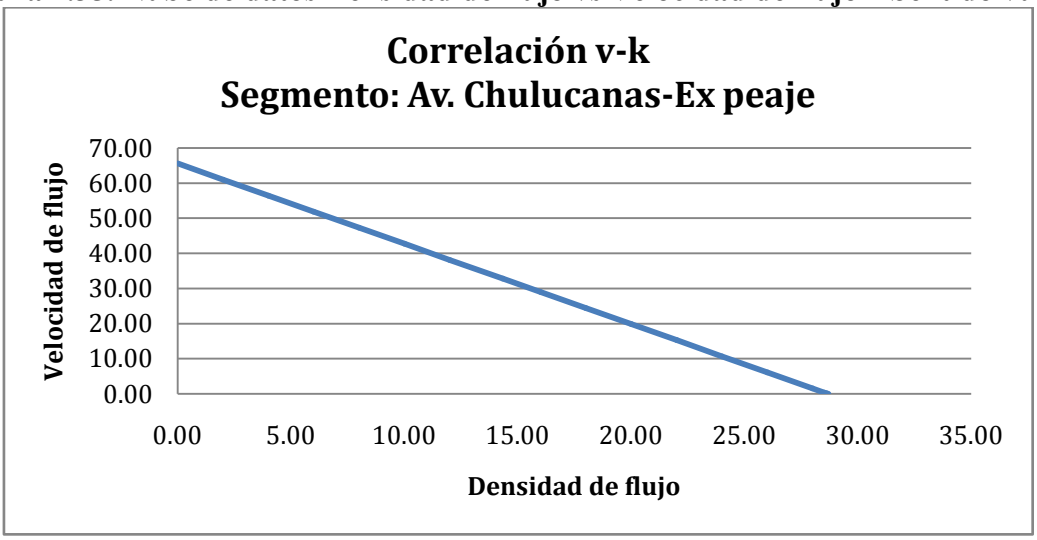


Figura 4.36. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido ida

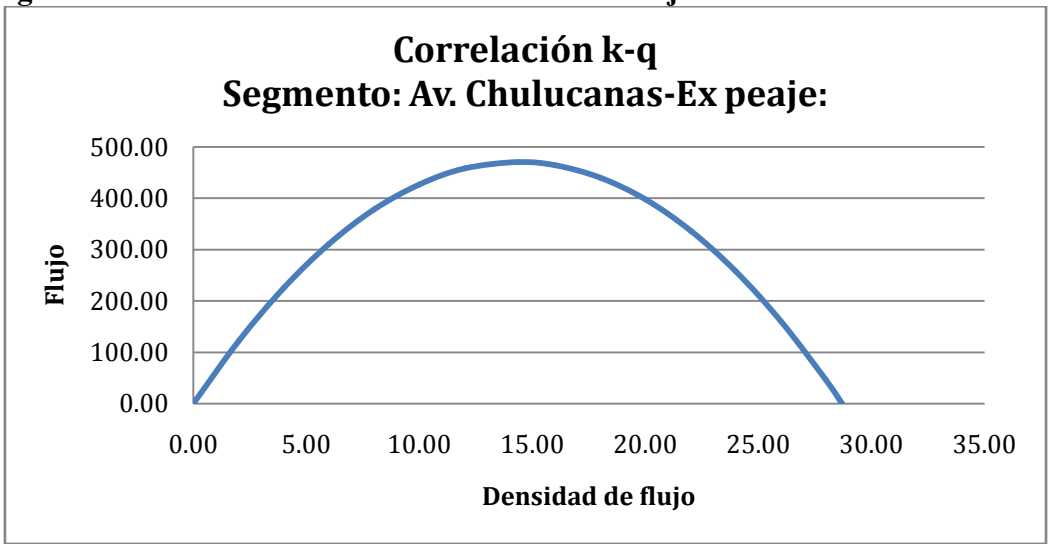


Figura 4.37. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido vuelta

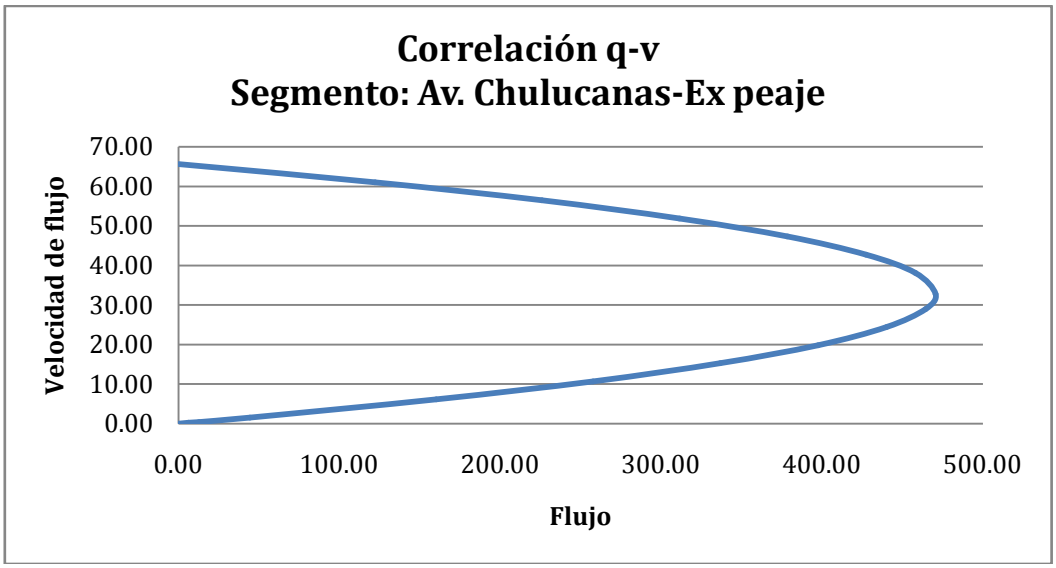


Figura 4.38. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta

4.5.7.2.Segundo tramo de análisis: Óvalo Cáceres - Avenida Chulucanas

La vía ha sido analizada para ambos sentidos, tanto de ida como de vuelta, de la misma forma que se ha realizado dicho procedimiento para el tramo anterior.

Se define el tramo de ida como la dirección establecida entre "Óvalo Cáceres – Avenida Chulucanas" y de vuelta como "Avenida Chulucanas – Óvalo Cáceres".

A. Sentido de ida

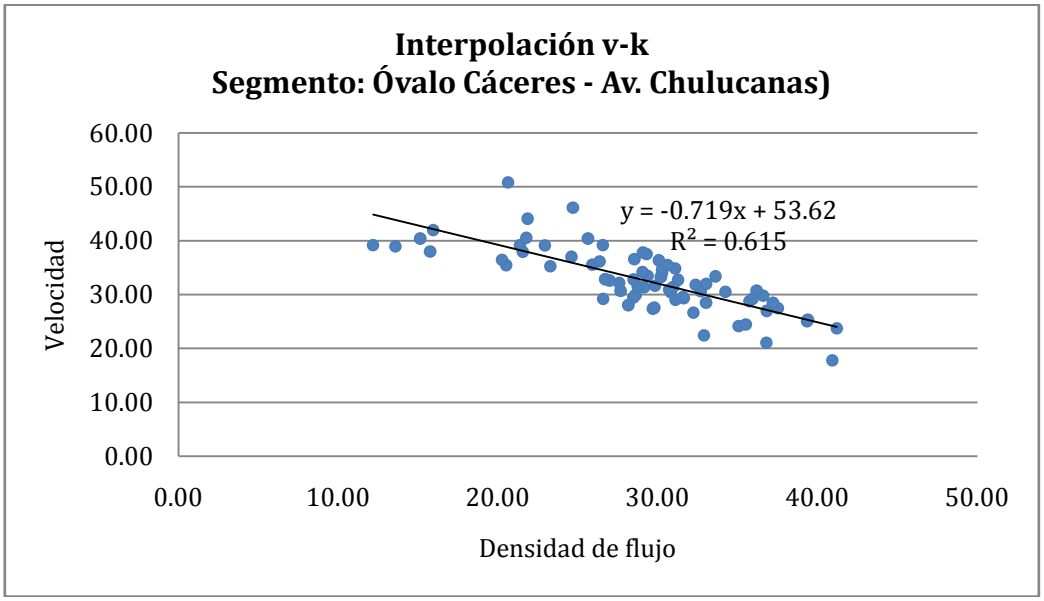


Figura 4.39. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida

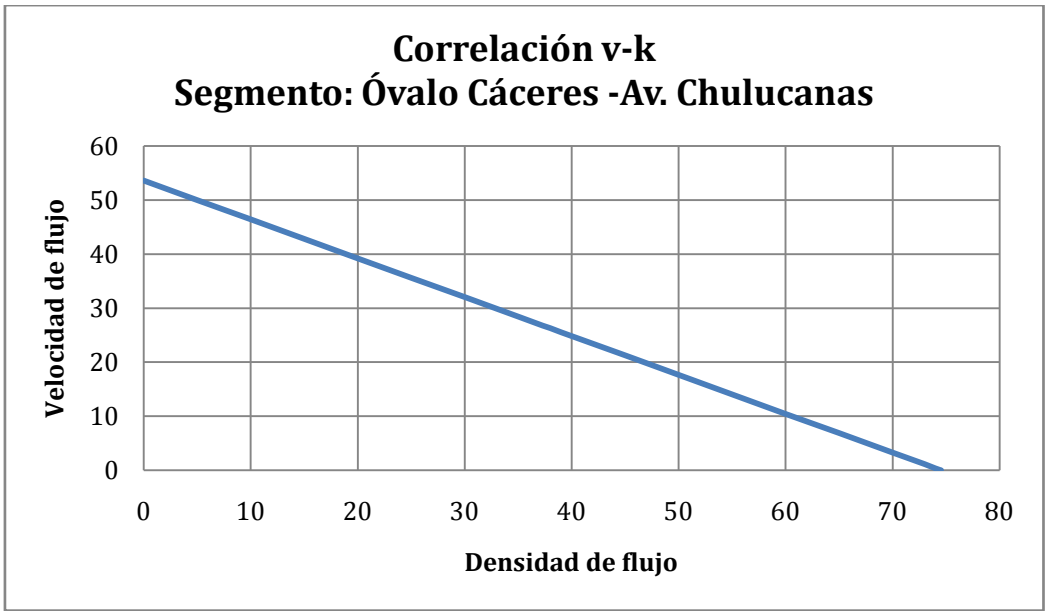


Figura 4.40. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido ida

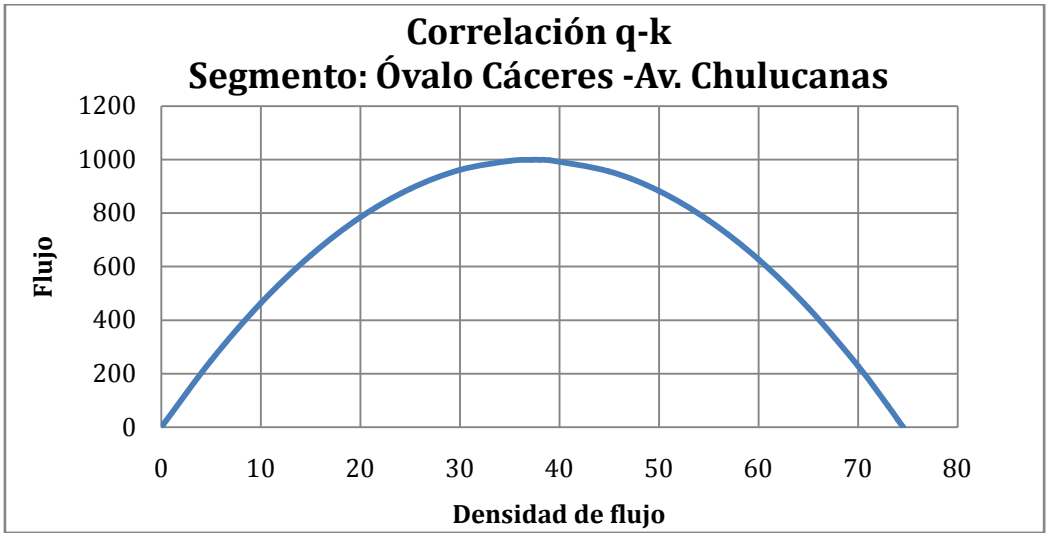


Figura 4.41. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido ida

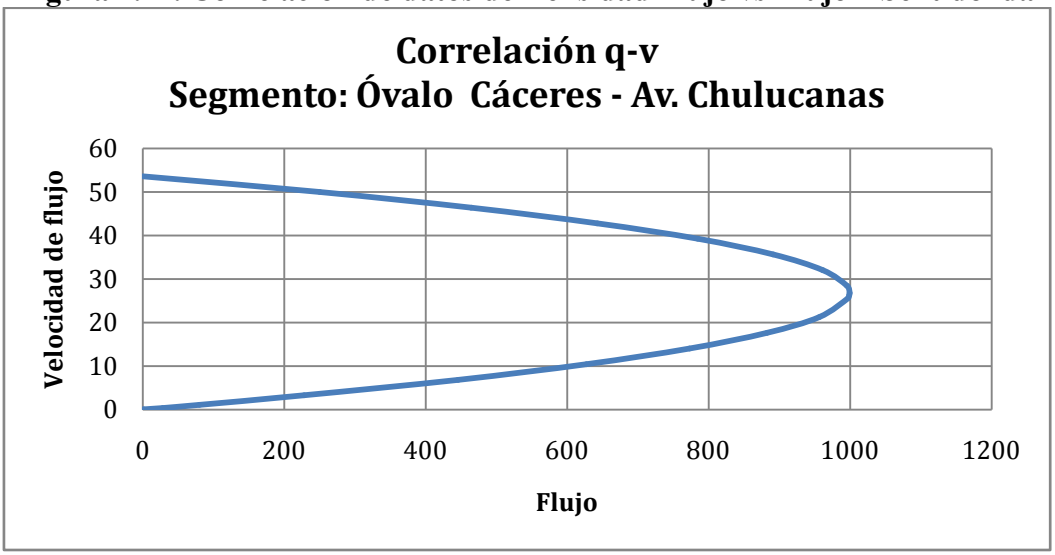


Figura 4.42. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido ida

B. Sentido de vuelta

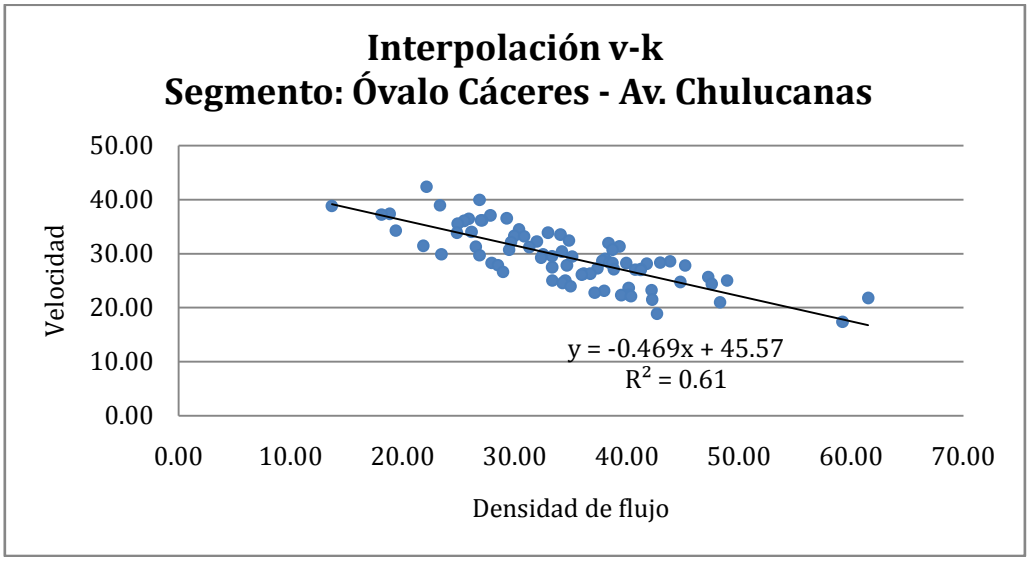


Figura 4.43. Nube de datos Densidad de flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta

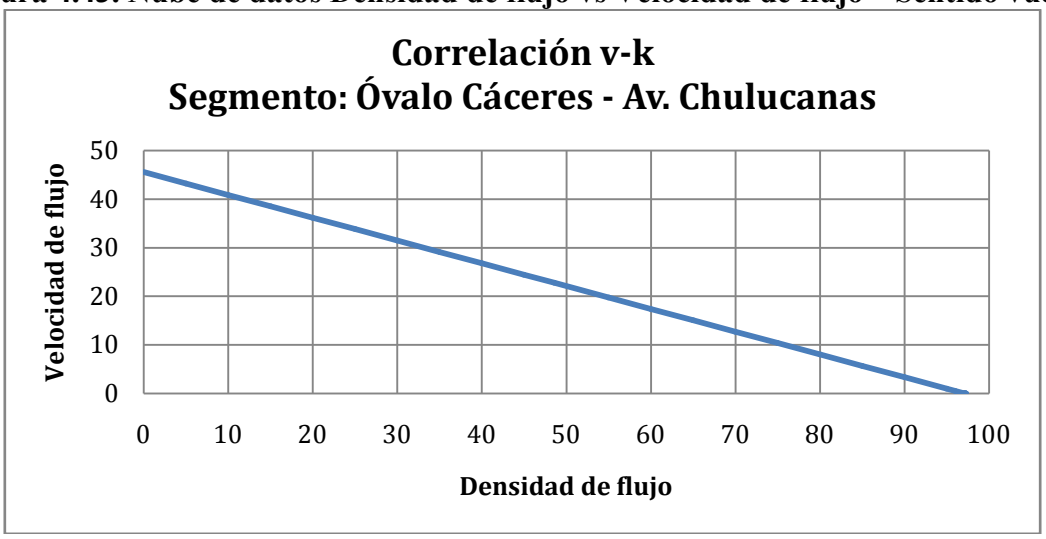


Figura 4.44. Correlación de datos Densidad de flujo vs. Velocidad– Sentido vuelta

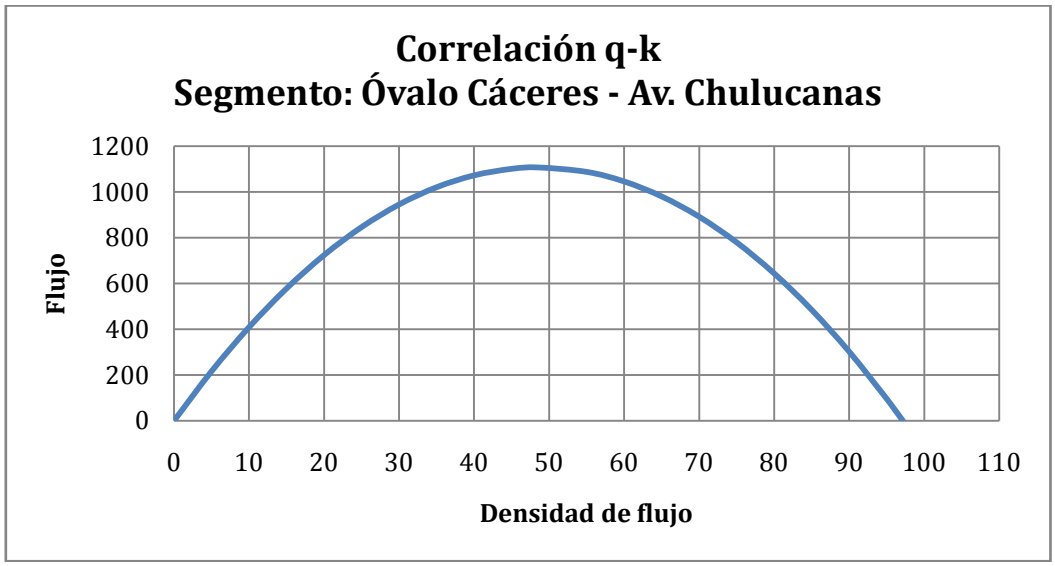


Figura 4.45. Correlación de datos de Densidad Flujo vs Flujo – Sentido vuelta

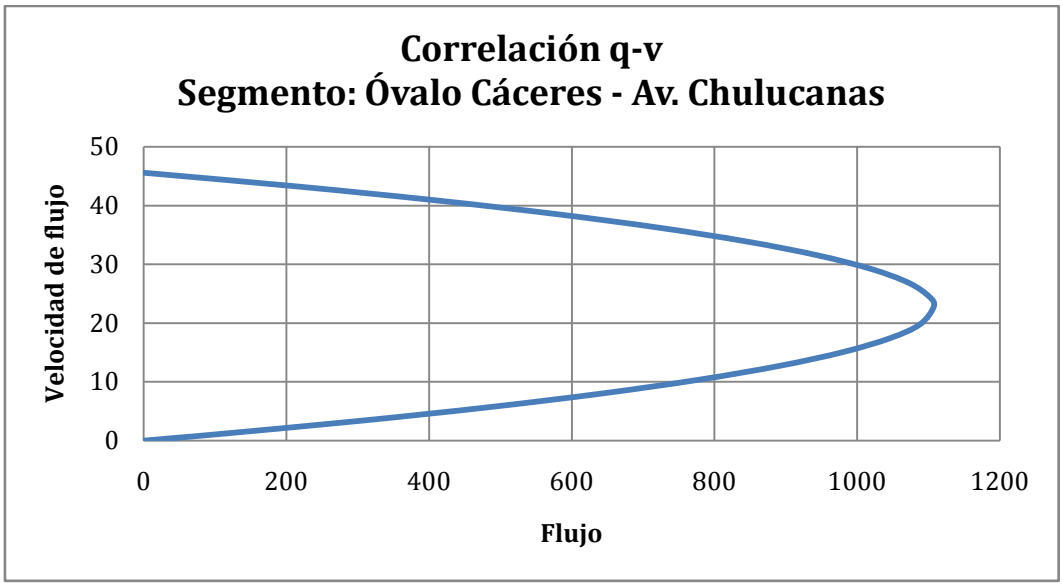


Figura 4.46. Correlación de datos Flujo vs Velocidad de flujo – Sentido vuelta

Tabla 4.40. Resumen de las características del flujo vehicular en los tramos analizados

VARIABLE DE TRÁNSITO	UNIDAD	SEGMENTO DE ANÁLISIS			
		AVENIDA CHULUCANAS - EX PEAJE		OVALO CÁCERES - AVENIDA CHULUCANAS	
		En ida	En vuelta	En ida	En vuelta
Velocidad de flujo libre (V_f)	*Km/h*	59.54	65.61	53.63	45.58
Densidad máxima (K_j)	*Veh/Km/carril*	38.32	28.69	74.53	97.18
Flujo máximo (q_m)	*Veh/h*	570.39	470.66	999.19	1107.28
Velocidad media de viaje (V_m)	*Km/h*	45.87	44.08	33.73	36.82

En la Tabla 4.40 se muestra un compendio de los resultados que se obtienen de las gráficas anteriores para cada segmento evaluado (de ida y vuelta). Cabe mencionar que la "velocidad media de viaje" es resultado del promedio de la velocidad *en todo el segmento*. Es por ello que la velocidad obtenida mediante el método del observador móvil en el tramo Av. Chulucanas – Ex–peaje (44.08 a 45.87 km/hr), es un poco mayor al rango de las velocidades puntuales obtenidas en el ítem 4.3.6. (23 a 26 km/h).

4.5.8.Estudio de capacidad y nivel de servicio

En el análisis de flujo vehicular realizado con la información calculada en el apartado anterior, se apreciará como una corriente de tráfico, dentro de un sistema vial, funciona aceptablemente bien cuando la magnitud del flujo, circulando a una velocidad razonable, es menor que la capacidad del sistema; en otras palabras, cuando el sistema tiene la capacidad (oferta) para alojar el flujo vehicular presente (demanda), sin demoras excesivas para los usuarios.

Con el modelo de flujo vehicular se establecerán que, si los valores de los flujos vehiculares están muy próximos a los de la capacidad, el tránsito se torna inestable y la congestión se hace presente.

Para determinar la capacidad de un sistema vial no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación, además de otras consideraciones que tienen que ver con la calidad del servicio proporcionado.

Por tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

Para evaluar la capacidad de la vía y el nivel de servicio ofrecido por ella, se ha tomado en cuenta lo establecido en el Manual de Capacidad de Carreteras (*Highway C apacity Manual, HCM 2000*), el cual presenta seis (6) niveles de servicio denominados desde la "A" hasta la "F", que van del mejor al peor, respectivamente. Según esta clasificación, se han fijado valores de densidades medias de recorrido, demoras y relaciones de flujo a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas, carreteras de dos carriles, calles, intersecciones con semáforos e intersecciones sin semáforo.

Para el caso materia de análisis, el tramo en estudio es parte del tramo Piura – Paita, el cual para cuestiones de diseño de pavimento, fue clasificado como "Arteria Principal" por las características del flujo vehicular y del suelo adyacente. Sin embargo, se considera que el sector comprendido entre el Ex Peaje y el Ovalo Cáceres, se encuentra en zona urbana.
Tal como se ha indicado con anterioridad, este tramo se analizará en dos segmentos.

El Manual de Capacidad de Carreteras, establece que el nivel de servicio se basa en la velocidad promedio de circulación. Según la que se indica a continuación.

Tabla 4.41. Nivel de Servicio para vías Urbanas.

Nivel de Servicio en Calles				
Clase de vía	I	II	III	IV
Rango de velocidad libre (km/hr)	90-70	70-55	55-50	55-40
Velocidad libre (km/hr)	80	65	55	45
Nivel de Servicio	**Velocidad media de viaje (km/hr)**			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	<26	<21	<17	<14

Fuente: *Highway Capacity Manual*, HCM 2000

La clasificación de la vía se hace en función de las tablas establecidas por HCM 2000, con las cuales que se coteja a fin de verificar la categoría de la vía.

Tabla 4.42. Categoría funcional de la vía

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	CATEGORÍA FUNCIONAL	
	ARTERIA PRINCIPAL	ARTERIA MENOR
Alta velocidad	I	N/A
Sub urbana	II	II
Intermedia	II	III ó IV
Urbana	III ó IV	IV

Fuente: *Highway Capacity Manual*, HCM 2000

Tabla 4.43. Categorías funcionales y de diseño

CRITERIO	CATEGORÍA FUNCIONAL			
	ARTERIA PRINCIPAL		ARTERIA MENOR	
Movilidad	Muy importante		Importante	
Acceso	Muy poco		Substancial	
Puntos conectados	Autopista, actividades centrales importantes, generadores principales de trafico		Arteria principal	
Viajes de servicio predominantes	Viajes relativamente largos entre puntos principales y viajes de entrada, salida y que atraviesan la ciudad		Viajes relativamente largos en zonas geográficas relativamente cortas	
CRITERIO	CATEGORÍAS DE DISEÑO			
	ALTA VELOCIDAD	SUB URBANA	INTERMEDIA	URBANA
Calzadas/Acceso	Muy baja densidad	Baja densidad	Densidad moderada	Alta densidad
Tipo de arteria	Calzada multidividida, no dividida o con dos calzadas	Calzada multidividida, no dividida o con dos calzadas	Calzada multidividida, no dividida de un sentido con dos veredas	No dividida, de un sentido, de dos o más veredas
Estacionamiento	NO	NO	Algunas	Significativas
Veredas de separación de vuelta	SI	SI	Usuales	Algunas
Señales de kilometraje	0.30-1.20	0.60-3.00	2.00-6.00	4.00-8.00
Señalización de límites de velocidad	75-90 Km/h	65-75 Km/h	50-65 Km/h	40-55 Km/h
Actividades peatonales	Muy poco	Poco	Algunas	Usuales
Desarrollo a los lados de la carretera	Baja densidad	Media a baja densidad	Media a moderada densidad	Alta densidad

La vía analizada, según las condiciones de proyecto se ha clasificado con las categorías de "Intermedia y Arteria Principal", por lo que le corresponde una vía de "Clase II"; por tanto, haciendo un análisis de la velocidad media de viaje y comparándolos con la Tabla 4.41, se define el nivel de servicio de la vía, tal como se muestra en la tabla resumen siguiente.

Tabla 4.44. Niveles de servicio para el tramo analizado

Segmento de análisis	Sentido de viaje	Velocidad media de viaje (km/hr)	Nivel de servicio
Av. Chulucanas - Ex Peaje	En ida	45.87	C
	En vuelta	44.08	C
Óvalo Cáceres - Av. Chulucanas	En ida	33.73	C
	En vuelta	36.82	C

El nivel de servicio actual del Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana, muestra que el flujo vehicular presenta problemas de congestionamiento. Si bien es cierto, para la definición del Nivel de Servicio se toma la "velocidad media de viaje", ésta no muestra claramente la velocidad real en la zonas críticas. No obstante, el nivel de servicio "C", indica que el problema de congestionamiento está presente pero aún no es tan crítico.

Sin embargo, para el diseño del pavimento en dicho sector de la carretera (construcción y rehabilitación en el año 2006), se dimensionó el Tramo Piura – Paita, considerándose que la vía sería de "primera clase", dadas las condiciones geométricas y demográficas de la zona, tal como se muestra en la Tabla 4.45.

Entonces, si el tramo Óvalo Cáceres – Dv. Sullana se analizara con categoría de diseño "Alta velocidad-Arteria principal", correspondería a una vía de "Clase I", por lo que según las características de diseño (Proyecto de Ingería de Detalle, 2006), el Nivel de Servicio en la zona crítica de la vía sería de **clase "D ".** En este caso, el Nivel de Servicio "D", evidenciaría que el tramo presenta problemas serios de congestión, con tendencia a la disminución de la velocidad de flujo libre y a alcanzar la capacidad total de la vía.

El resultado de este análisis, el cálculo del IMD y la clasificación vehicular en el tramo en estudio, señalan que actualmente este tramo presenta un grado de congestión medio con tendencia al nivel alto, como consecuencia del "tránsito atraído". Existen dos fenómenos claramente marcados que intervienen en este tránsito atraído, uno de ellos es el crecimiento económico en el Departamento de Piura, el cual ha incrementado el número de vehículos pesados que van desde y hacia el oeste de la Ciudad de Piura, y como ésta no cuenta con vía de evitamiento en este sector, todo el volumen vehicular que ingresa y sale hacia el oeste, transcurre por el tramo en estudio (Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana). El otro fenómeno es el crecimiento poblacional en el Sector Oeste de la ciudad de Piura, lo mismo que ha provocado el aumento masivo de vehículos menores (livianos) para el transporte urbano. La realidad del tránsito vehicular indica que los vehículos pesados circulan a una velocidad baja por la existencia de vehículos livianos (motos, mototaxis, combis, entre otros) en una carretera de una sola calzada (con un carril de ida y un carril de regreso).

El estudio de tráfico realizado como parte de esta memoria, sería parte de un estudio más complejo de Tránsito y Seguridad Vial, el cual de desarrollarse, podría revelar la solución óptima para mejorar las condiciones de flujo en el tramo y la seguridad vial para conductores y peatones.

Tabla 4.45. Características Técnicas de Diseño del Pavimento Tramo Piura - Paita

Categoría de Carretera	1ra Clase
Velocidad Directriz	50 – 100 km/hr
Radio mínimo	92,5 m
Ancho de superficie de rodadura	6,60 m
Bermas	1,50 m
Cunetas sección triangular	1,00 x 0,50
	0,64 x 0,32
Talud de relleno	1: 1,5
Talud de corte	Variable
Bombeo	2,5 %
Pendiente máxima excepcional	7535%
Pendiente mínima	0,050 %

Fuente: Contrato de Concesión Carretera IIRSA Norte

4.6.Evaluación de las temperaturas (Setiembre, 2010)

4.6.1.Análisis histórico de temperaturas ambiente

En base a los datos entregados por la Estación Meteorológica de la UDEP se ha podido determinar que:

a) La temperatura ambiente promedio registrada durante los días de evaluación, fue de 30 °C.

b) La temperatura máxima registrada en Piura durante el año 2010, fue 38 °C

c) La temperatura promedio anual en Piura es de 24 °C, entre otros.

El detalle del registro de las temperaturas de ambiente máximas y mínimas de los últimos 20 años se encuentra en la primera parte del Anexo VII. Esta información será útil para la determinación del Grado de Performance (PG[28]) del asfalto, tal como se detalla en el ítem 4.7.1.1

4.6.2.Temperaturas en el pavimento

En base al análisis de los datos obtenidos se ha podido establecer que las temperaturas, tanto ambientales como del pavimento, siguen una tendencia repetitiva a lo largo de los días, siendo las horas críticas entre las 13:00 y 15:00 horas, tal como se aprecia claramente en la Figura 4.48 y Figura 4.49.

Para las condiciones climáticas mencionadas, el pavimento asfáltico, que es un cuerpo negro que absorbe y retiene calor, de acuerdo a las mediciones limitadas efectuadas durante el mes de setiembre del 2010, suele experimentar un gradiente térmico entre 18 y 52°C, el cual se estima que debe ser más amplio durante la época de verano, debido a la mayor radiación solar y menor nubosidad.

[28] De sus siglas en inglés *Performance Grade (PG)*

También se ha encontrado que la distribución de temperaturas al interior del pavimento no es constante, sino que varía de acuerdo a la profundidad, siendo la profundidad crítica igual a 20 mm, donde se producen los picos máximos a lo largo del día (Ver Figura 4.50). Esta verificación concuerda con los conceptos y criterios desarrollados durante el Programa de Investigación Estratégica de Carreteras en EE.UU. (*Strategic Highway Research Program-SHRP*) a inicios la década de los años noventa (90's)[29], y que fueran complementados mediante el Estudio de Largo Alcance sobre Performance de Pavimentos (*Long T erm Pavement Performance Study– LTPP*) a fines de la misma década.[30]

En las investigaciones mencionadas se estableció también un algoritmo para calcular la temperatura máxima del pavimento, como parte del procedimiento para determinar el "grado de performance" (*Performance G rade* - PG) que deben cumplir los asfaltos, en función a las condiciones de servicio de cada proyecto, entre ellas la temperatura de la capa de rodadura.
En la Figura 4.47 se presenta una correlación desarrollada en base a la temperatura ambiente y la temperatura del asfalto a 20 mm de profundidad, la cual aunque se basa en resultados parciales (propios de este estudio), concuerda y confirma los resultados presentados por la investigación internacional.

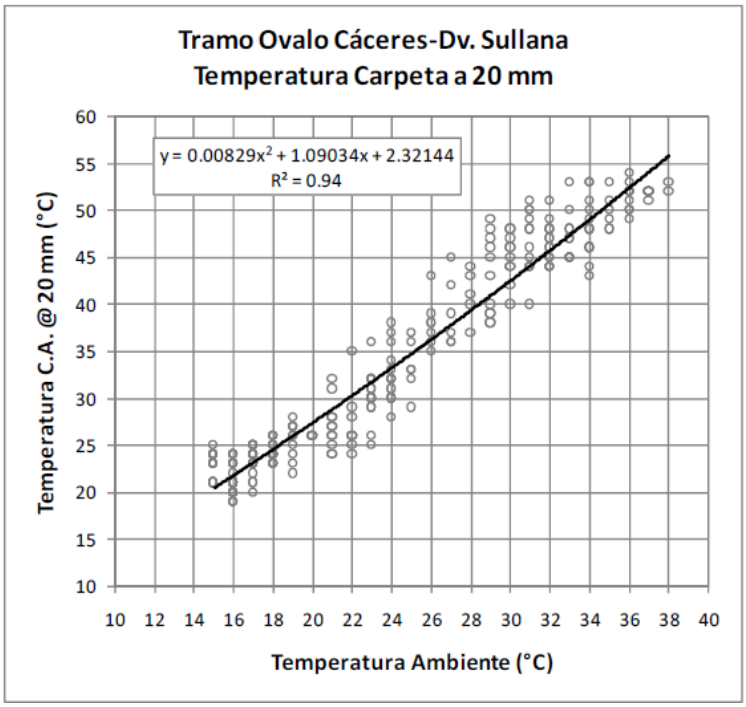


Figura 4.47. Correlación Temperatura Máxima del Pavimento (a 20 mm) vs. Temperatura Ambiente

Con la ecuación producto de la correlación (Figura 4.47) para condiciones de la temporada de invierno – setiembre 2010, se podrá determinar la temperatura máxima esperada para el pavimento, a la profundidad crítica de 20 mm,

$$T_{pav} = 0.00829 \cdot T_{amb}^{2} + 1.09034 \cdot T_{amb} + 2.32144 \qquad \text{(Ec. 4.2.)}$$

[29] Solaimanian, M. and P. Bolzan. *Analysis of the Integrated Model of Climatic Effects on Pavements: Sensitivity Analysis and Pavement Temperature Prediction*". SHRP-A-637. 1993.
[30] *LTPP Seasonal Asphalt Concrete (AC) Pavement Temperature Models,* FHWA-RD-97-103. 1997

Donde:

T_{pav} : Temperatura del pavimento a 20 mm de profundidad, (°C)
T_{amb} : Temperatura ambiente, (°C)

Utilizando la ecuación anterior para una temperatura ambiente máxima registrada durante el 2010, de **38°C**, la temperatura del pavimento más crítica, a una profundidad de 20 mm sería de **56°C**.

Solamente utilizando una correlación simple, si se compara la temperatura esperada para el pavimento, con el valor del punto de ablandamiento del cemento asfáltico PEN 60-70, de acuerdo a los resultados reportados por la empresa fabricante igual a **50°C**, se encuentra que para dichas condiciones la performance esperada o la expectativa del módulo de rigidez, como contribución a la resistencia al esfuerzo cortante de la mezcla, serán muy desfavorables. En ítem 4.7.1 se mostrarán correlaciones determinadas por centros de investigación extranjeros, los cuales calculan la temperatura de diseño de pavimento utilizando el histórico de temperaturas de ambiente de por lo menos 20 años.

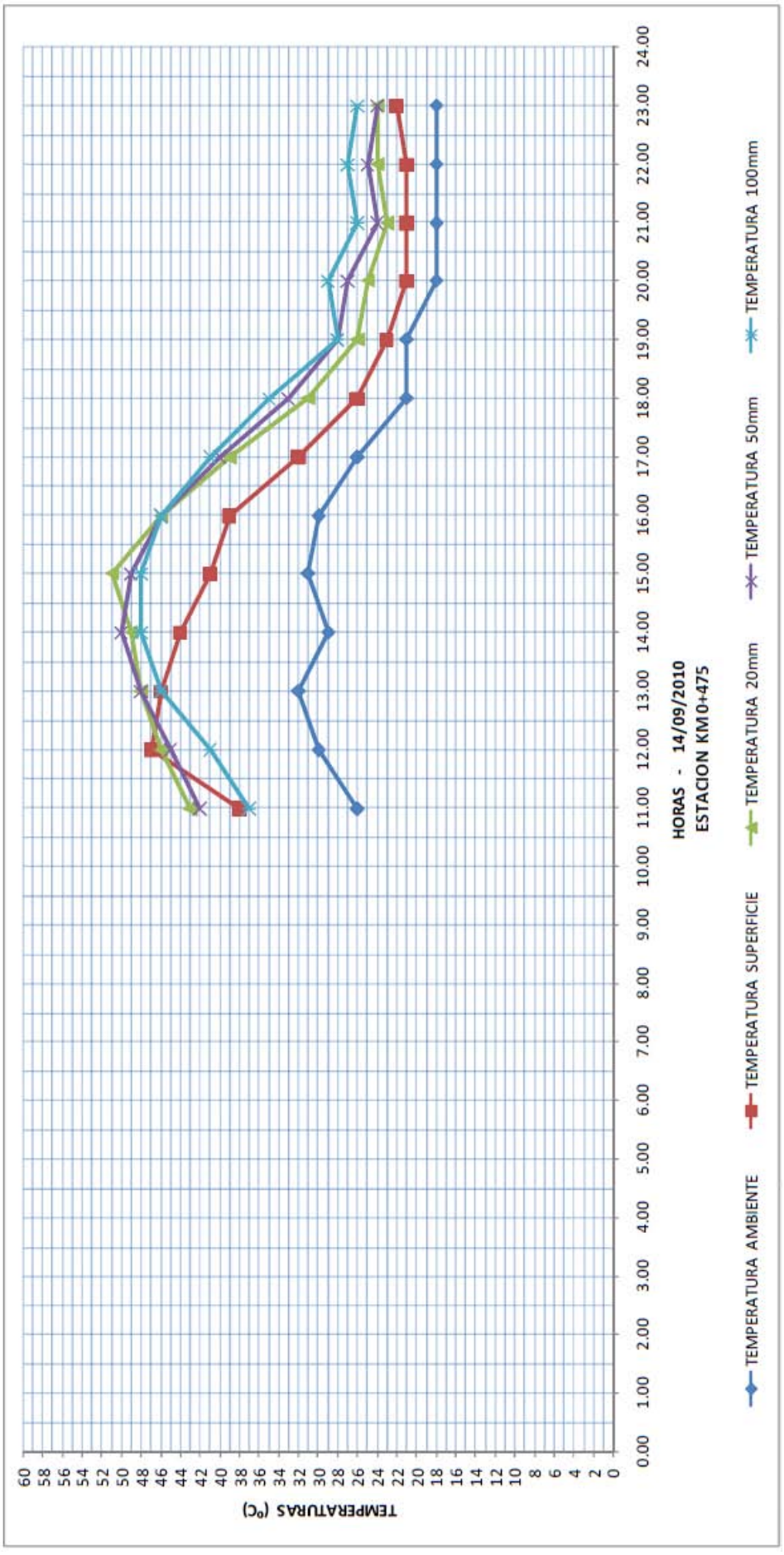


Figura 4.48. Variación horaria de temperatura de ambiente, día 14/09/10

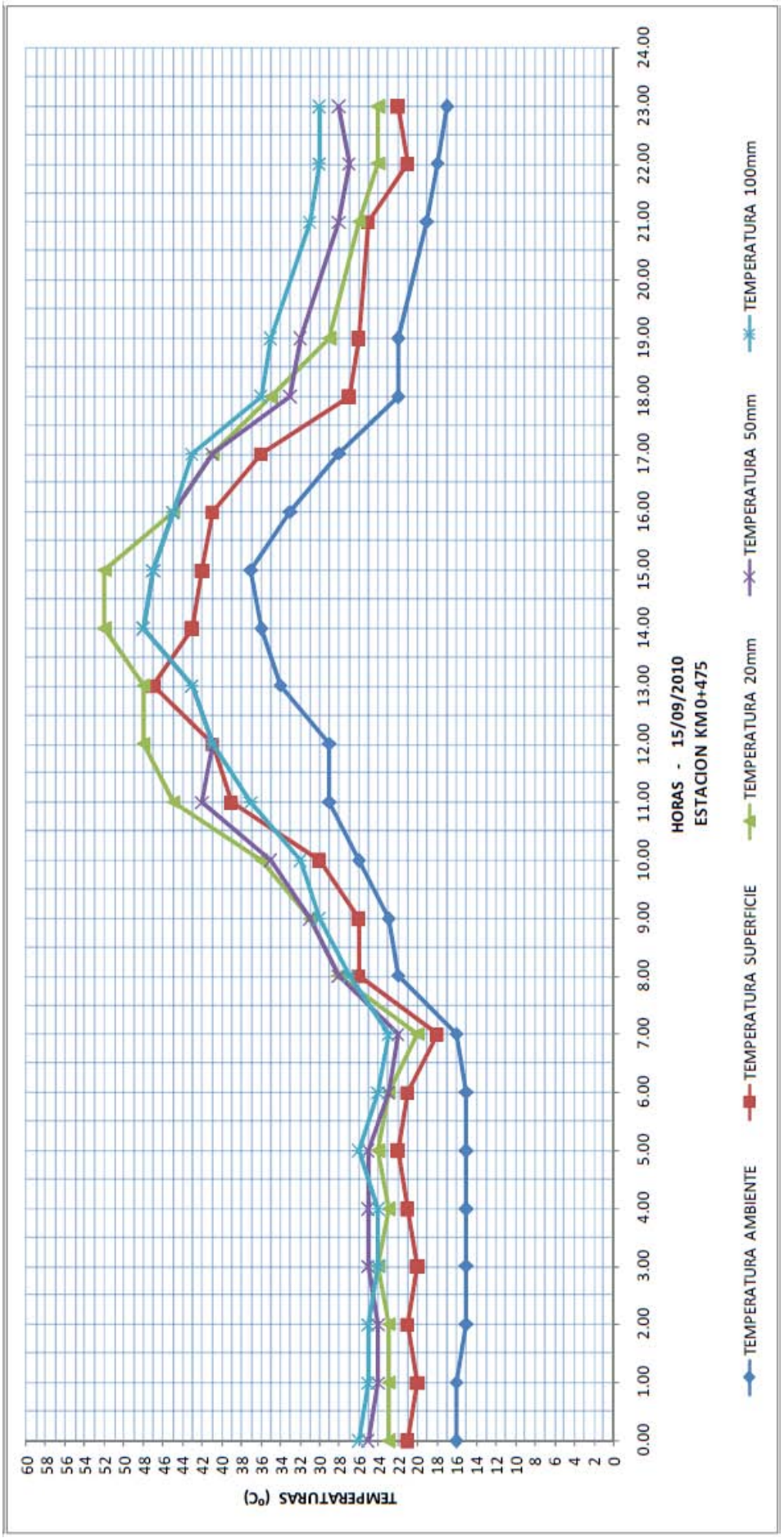


Figura 4.49. Variación horaria de temperaturas ambiente, día 15/09/10

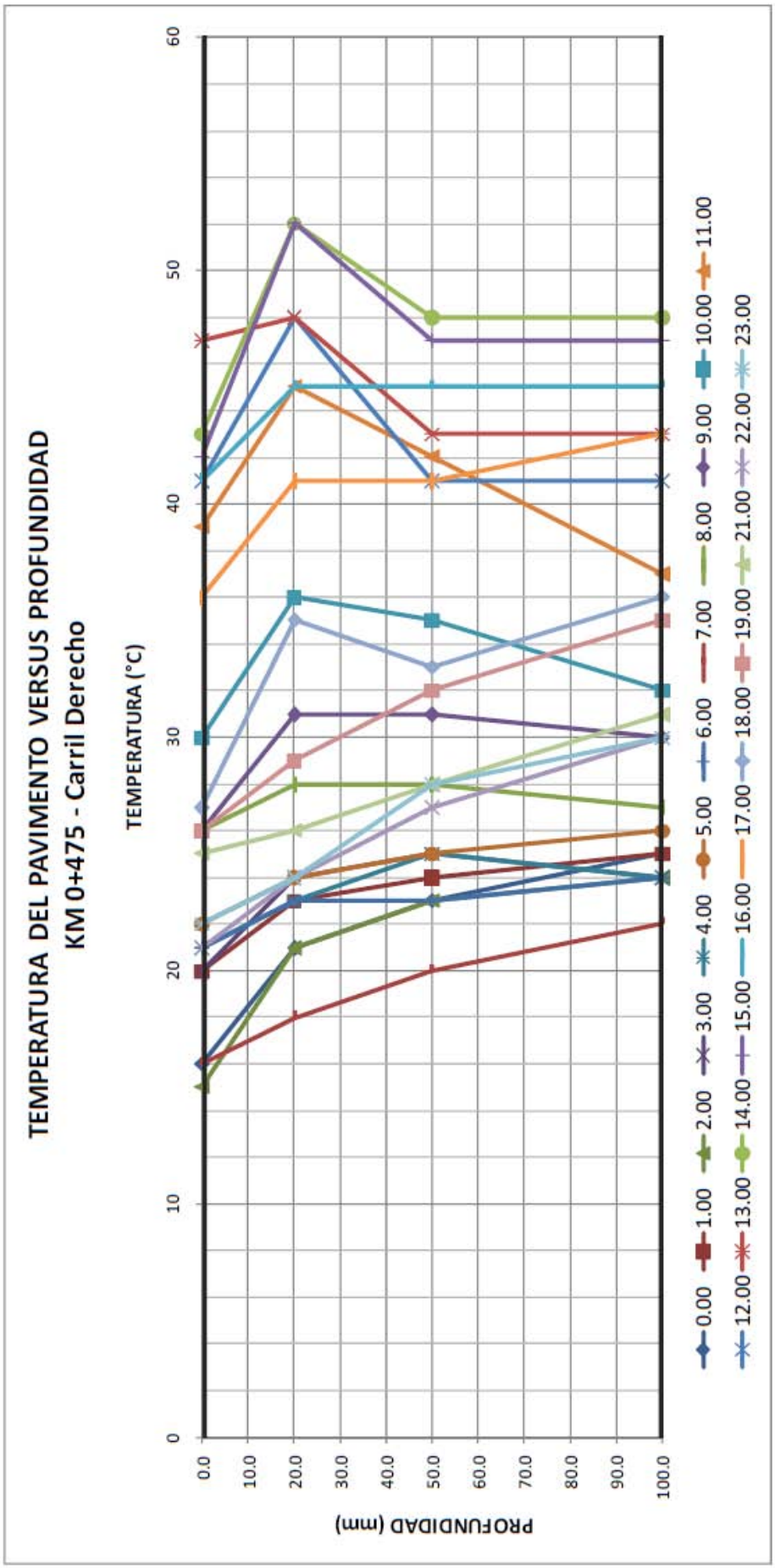


Figura 4.50. Distribución de la temperatura del pavimento con respecto a la profundidad, día 15/09/2010

4.7.Evaluación de los materiales (Octubre, 2010)

4.7.1.Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

4.7.1.1.Evaluación del tipo de asfalto requerido

La selección del ligante asfáltico para la construcción del pavimento es una tarea de suma importancia para la durabilidad y en general la performance de la estructura, más aun si se trata de una vía que estará ubicada en una zona donde las condiciones climáticas y las condiciones del flujo y cargas del tráfico vehicular, pueden constituir factores sumamente críticos para la supervivencia del pavimento.

Según la EG-2000[31], la selección del ligante asfáltico para un proyecto debe efectuarse en base a la temperatura ambiente media anual, tal como se muestra en la Tabla 4.46.

Tal como se indica en el ítem 4.6.1, la temperatura media anual en Piura es de 24 °C, por lo tanto el tipo de cemento asfáltico que se podría emplear de acuerdo a la EG-2000, sería un asfalto PEN 40-50, un PEN 60-70 o asfalto modificado. En otras palabras, la norma peruana te permite elegir entre tres opciones, pero no entrega ningún criterio adicional que permita seleccionar alguna ellas, por lo que se podría inferir que son opciones "casi equivalentes".

Este tipo de limitación en las especificaciones técnicas, impide considerar los posibles efectos en la performance del pavimento por la ocurrencia de temperaturas que superan los 36°C en el verano e inclusive los episodios de temperaturas de hasta 40°C, presentados durante el Fenómeno El Niño. De igual manera, las especificaciones no permiten considerar los efectos de condiciones críticas relacionadas con flujo de tráfico vehicular, como son las sobrecargas o velocidades bajas.

En la actualidad existe una metodología evolucionada para la selección del tipo de ligante necesario, la cual forma parte de la denominada tecnología SUPERPAVE, basada en la determinación de un grado de performance PG[32] (*Performance Grade*), el mismo que debe ser cumplido por el material asfáltico a emplearse y que se define en función a las condiciones de servicio que regirán en el proyecto.

Tabla 4.46. Especificaciones para la selección del tipo de cemento asfáltico

Mezclas en Caliente
Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó 60-70 ó Modificado	60-70	85 – 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras - EG-2000

[31] Norma peruana: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras. Año 2000
[32] *ASTM D 6373. Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder.*

Contrariamente a lo que establecen los sistemas tradicionales para la gradación de asfaltos, como la recomendada por la EG- 2000, la especificación para asfaltos *SUPERPAVE* está basada en la medición directa de la performance del material, en lugar que en el cumplimiento de correlaciones empíricas entre las propiedades físicas básicas del material a una determinada temperatura (p.ej., Penetración a 25°C, Viscosidad a 60°C) y una supuesta performance previamente observada, procedimiento que durante décadas se ha empleado en el Perú y el mundo y cuyas limitaciones hoy son reconocidas.

Los asfaltos definidos por su grado de performance son seleccionados en base al clima en el cual trabajará el pavimento. En contraposición a lo que establecen los sistemas tradicionales, los requerimientos para las propiedades físicas son constantes para todos los grados de performance, es decir, el asfalto debe cumplir siempre con mantener las mismas propiedades, no obstante las temperaturas a la que se encuentre y dentro de determinados límites de temperatura o rango térmico.

Lo determinante para clasificar a los asfaltos por su PG son las temperaturas máximas y mínimas especificadas, entre las cuales se garantiza que se cumplirán los requerimientos. Por ejemplo, un asfalto clasificado como un PG 58-34, significa que el material cumplirá con las propiedades físicas requeridas a alta temperatura hasta una temperatura del ligante de 58°C y con los requerimientos para las propiedades físicas a baja temperatura hasta una temperatura del ligante de -34°C.

Existe un listado de los grados más comunes publicados por la norma AASHTO-MP1[33]. Sin embargo, los grados de performance PG no están limitados a estas clasificaciones. En la actualidad las temperaturas especificadas son ilimitadas extendiéndose sin topes en ambas direcciones. Las temperaturas altas y bajas se extienden tanto como sea necesario con un incremento estándar de seis grados centígrados (6 °C). Por ejemplo, aunque no se muestra un PG 58-10, existe como un grado legítimo del sistema.

Para el cálculo del grado del ligante asfáltico requerido, para un proyecto o ubicación particular, existe un programa de cómputo "*SUPERPAVE"*, el cual permite a los usuarios, con la introducción de algunos datos, la selección del tipo de asfalto que se requiere para las condiciones extremas del clima y los esfuerzos particulares a los que estará sometido el material. El software desarrollado para la implementación de la tecnología *SUPERPAVE* contiene tres métodos con los cuales el usuario puede seleccionar el grado para el asfalto:

a)Área geográfica: Para lo cual la agencia o entidad vial debe desarrollar un mapa mostrando los grados de asfalto a ser usados basados en los climas y/o en las políticas institucionales.

b)Temperatura del pavimento: En donde es el diseñador quién determina las temperaturas de diseño del pavimento.

c)Temperatura del aire: Es el diseñador quién determina las temperaturas del aire de diseño, en base a datos estadísticos, las cuales se convierten en temperaturas de diseño del pavimento.

[33] *AASHTO MP1: Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder*

Para el caso de Norteamérica, el programa de cómputo *SUPERPAVE* para la aplicación del tercer método, tiene incorporado una base de datos con la información proveniente de 6,092 estaciones climatológicas de EE.UU. y Canadá, lo que permite a los usuarios seleccionar el grado para el asfalto de acuerdo al clima en la ubicación del proyecto.
Para cada año de operación de cada una de estas estaciones, se identifica el periodo de 7 días más calientes y se calcula el promedio de la temperatura máxima del aire para este período.

Los investigadores del Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (*Strategic Highway Research Program*, SHRP), quienes fueron los que desarrollaron la metodología *SUPERPAVE*, seleccionaron este valor promedio de siete días como el método óptimo para caracterizar al parámetro de diseño a alta temperatura. Asimismo, para todos los años de operación, se calcula la media y la desviación estándar de los promedios anuales de los siete días de mayor temperatura máxima del aire. Por otro lado, para el caso de la temperatura baja, se identifica el día con la temperatura mínima más baja de cada año y se calcula el promedio y desviación estándar de todos los años de registro.

A.Selección de la Temperatura del Aire

Para el sector en estudio (Ovalo Cáceres-Desvío Sullana), se han considerado los datos de temperatura ambiente obtenidos de la Estación Meteorológica de la UDEP. Esta información, la cual se presenta como parte de los anexos del presente trabajo, ha sido procesada de acuerdo a lo indicado por la metodología *SUPERPAVE*, (utilizando el tercer método) y se han obtenido los resultados mostrados en la Tabla 4.47.

Tabla 4.47. Temperaturas Ambiente Máxima y mínima desde el año 1999 al 2009, según metodología *Superpave*

AÑO	Temp. Máxima (Promedio 7 días)	Temp. Mínima (Día más frío)
1990	35.8	14.3
1991	36.4	14.7
1992	34.8	15.1
1993	36.2	13.0
1994	35.2	14.9
1995	38.3	13.0
1996	37.9	13.5
1997	38.4	17.0
1998	34.4	13.3
1999	35.1	13.2
2000	35.1	13.0
2001	35.2	14.0
2002	36.7	14.0
2003	36.4	14.0
2004	37.3	13.5
2005	36.3	14.0
2006	37.0	14.5
2007	36.8	14.0
2008	36.1	15.0
2009	35.7	15.5
Promedio	36.2	14.2
Desviación Estándar	1.14	1.01

Fuente: Estación Meteorológica de la UDEP-Piura

El sistema *SUPERPAVE* permite a los diseñadores usar niveles de confiabilidad para las temperaturas del pavimento (alta o baja) usadas para la selección del grado del asfalto, lo que implica asignar un determinado riesgo de diseño. Tal como se define en la tecnología *SUPERPAVE*, la confiabilidad es la probabilidad porcentual que en un año cualquiera la temperatura real (la mínima del día más frío o el promedio de los siete días más calurosos) no exceda las temperaturas de diseño. Una mayor confiabilidad significa un nivel de riesgo más bajo.

Por ejemplo, considerando las temperaturas del aire en verano consignadas en la Tabla 4.47, se tiene un promedio para los siete días de mayor calor de 36.2°C y una desviación estándar de 1.14°C. Entonces, en un año promedio, hay un 50 % de probabilidad que la temperatura máxima del aire de siete días excederá los 36.2°C. Sin embargo, asumiendo una distribución estadística normal de frecuencias, habría solo un 2 % de probabilidad que la temperatura máxima de siete días excediera los 38.6°C (promedio más dos desviaciones estándar). Por lo tanto, tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**5, una temperatura del aire para diseño de 38.6°C proveerá un 98% de confiabilidad.

Usando un esquema similar para las condiciones en invierno, Piura tiene un promedio de temperatura mínima de 14.2°C con una desviación estándar de 1.01°C; entonces, para el caso de un invierno muy frío, la temperatura del aire puede alcanzar 12.1°C, con una confiabilidad del 98% (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**6).

Sin embargo, las temperaturas de diseño que son usadas para seleccionar el PG requerido para el cemento asfáltico son las temperaturas del pavimento, no las temperaturas del aire. Para las capas superficiales, la tecnología *SUPERPAVE* define la "temperatura alta de diseño" del pavimento a una profundidad de 20 mm por debajo de la superficie del pavimento y la "temperatura baja de diseño" en la superficie del pavimento.

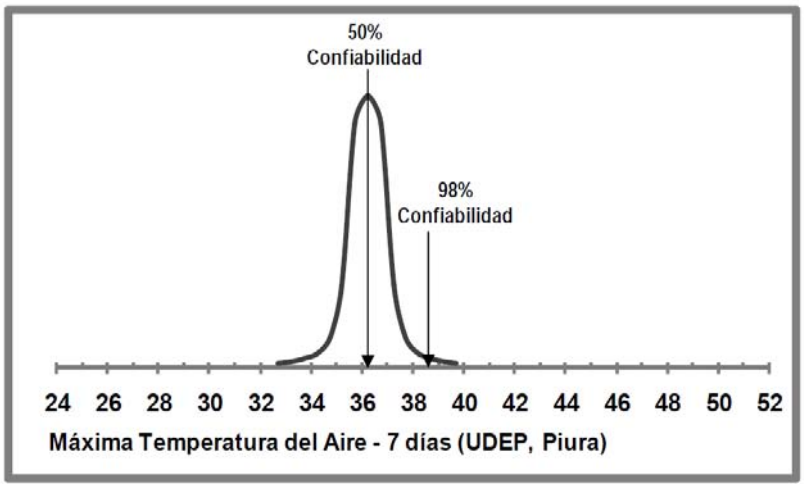


Figura 4.51.Confiabilidad de la temperatura máxima de diseño - Piura

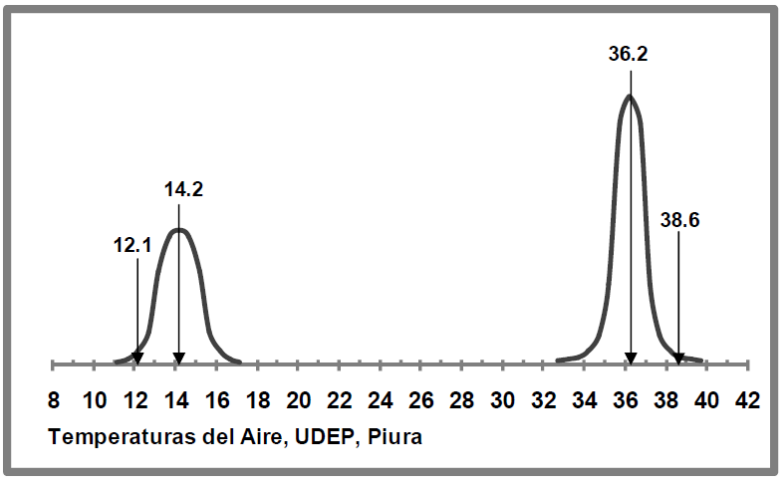


Figura 4.52. Variaciones de las Temperaturas del Aire - Piura

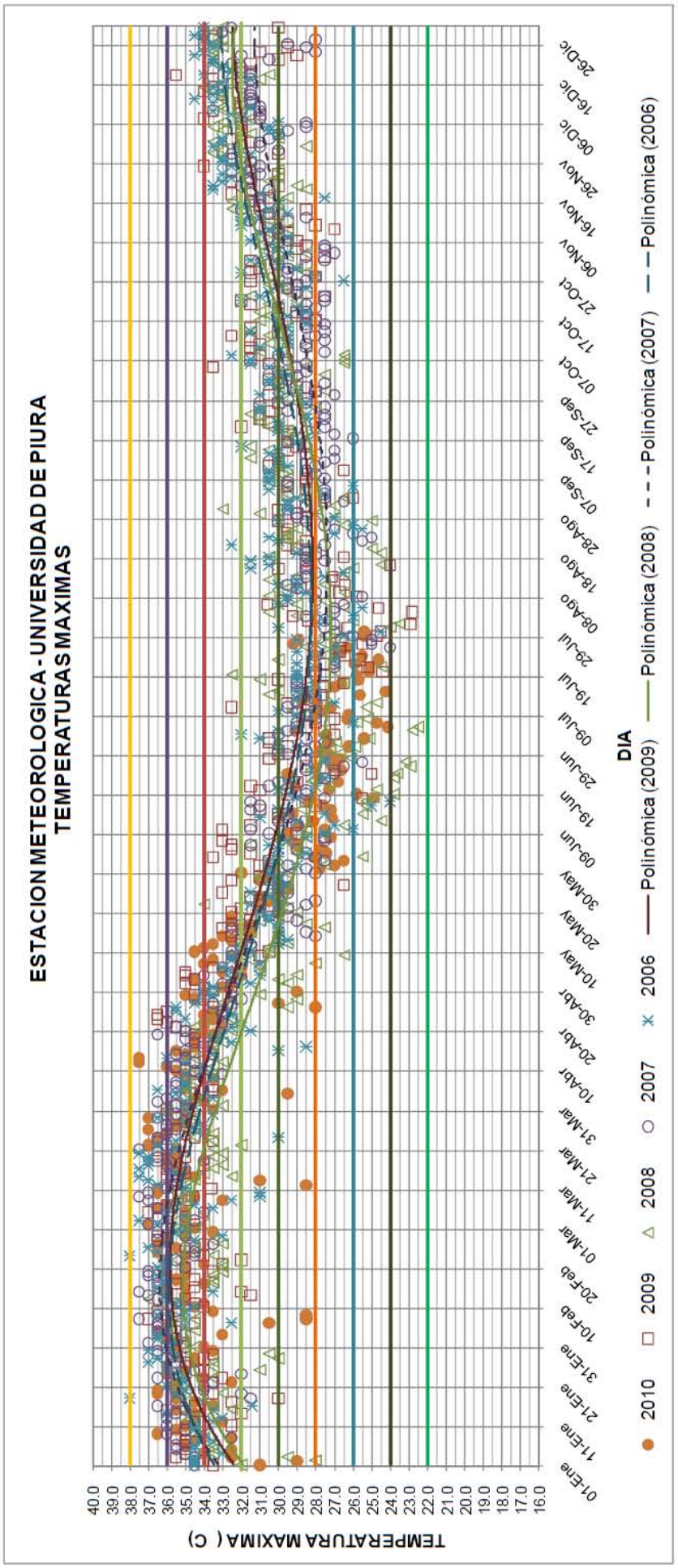


Figura 4.53. Temperaturas Máximas Ambientales en Piura

B.Cálculo de las temperaturas del pavimento

Mediante un análisis teórico de las condiciones reales, definidas con modelos para el flujo de calor neto y el balance de energía, y asumiendo valores típicos para la absorción solar (0.90), transmisión de la radiación a través del aire (0.81), radiación atmosférica (0.70), y velocidad del viento (4.5 m/s), fue desarrollada como parte del **proyecto SHRP** (1999) una ecuación para la "temperatura alta de diseño" del pavimento:

$$T_{superficie} = T_{aire} - 0.00618 \cdot Lat^2 + 0.2289 \cdot Lat + 24.4 \qquad \textbf{(Ec. 4.3)}$$

Donde:
$T_{superficie}$: Temperatura del pavimento en la superficie, °C
T_{aire} : Temperatura alta promedio del aire en siete días más calurosos (36.2 °C.)
Lat : Latitud geográfica del proyecto, en grados. (5.21°)

Por lo tanto:
$T_{superficie}$ = 61.6 °C (142.9 °F)

Luego,

$$T_{20\,mm} = T_{superficie}\,(1 - 0.063\,d + 0.007\,d^2 - 0.0004\,d^3) \ldots \textbf{(Ec. 4.4)}$$

Donde:
$T_{20\,mm}$: Temperatura del pavimento a 20 mm de profundidad, °F
$T_{superficie}$: Temperatura del pavimento en la superficie, (143.06 °F)
d : profundidad en pulgadas, (0.78 pulg)

Entonces, realizando el cálculo obtenemos que:
$T_{20\,mm}$ = 136.5 °F (58 °C)

La temperatura alta para más de 50% de confiabilidad se calcula como sigue:

$$T_{pav\,máx} = T_{20\,mm} + z * S_{aire} \qquad \textbf{(Ec. 4.5)}$$

Donde:

$T_{pav\,máx}$: Temperatura alta del pavimento asfáltico con la confiabilidad deseada, °C
$T_{20\,mm}$: Temperatura alta del pavimento asfáltico a 20 mm de profundidad, (58 °C)
S_{aire} : Desviación Estándar de la temperatura promedio del aire, para los7 días más calurosos, (1.14 °C)
z : Distancia estándar normal, para 98% confiabilidad=2.055

Finalmente, la temperatura alta de diseño de pavimento, a 20 mm de profundidad y un grado de confiabilidad de 98%, es igual a **60.4 °C**, mientras que para una confiabilidad de 50%, es igual a 57.5 °C.

Luego, a manera de comprobación, también se ha calculado la temperatura alta con la ecuación obtenida de resultados del estudio **LTPP** (1997), utilizando la siguiente expresión:

$$T_{pav\,máx} = 54.32 + 0.78 \cdot T_{air} - 0.0025 \cdot Lat^2 - 15.14 \cdot log_{10}(H + 25) + z \cdot (9 + 0.61 s_{air}^{\,2})^{0.5} \quad \textbf{(Ec. 4.6)}$$

Donde:

$T_{pav\,máx}$: Temperatura alta del pavimento asfáltico bajo la superficie, °C
T_{air} : Temperatura máxima del aire, (36.2 °C)
Lat : Latitud de la sección, (5.21 °)
H : Profundidad desde la superficie, (20 mm)
S_{aire} : Desviación Estándar de la temperatura promedio del aire, para los 7 días más calurosos, (1.14 °C)
z : Distancia estándar normal, para 98% confiabilidad (z = 2.055)

De la Ec. 4.6, se obtiene que según el estudio *LTPP,* la temperatura alta de diseño de pavimento (a 20 mm de profundidad), es igual a **63.9 °C.**

De acuerdo a la metodología SUPERPAVE, la "temperatura baja de diseño" en la superficie del pavimento es la temperatura mínima del aire.

$$T_{pav\,mín} = T_{aire} \quad \textbf{(Ec. 4.7)}$$

Donde:

T_{aire} : Temperatura mínima del aire del día más frío, °C.
$T_{pav\,mín}$: Temperatura baja del pavimento asfáltico, °C

Por lo tanto, la "temperatura baja de diseño" en el pavimento, con un porcentaje de confiabilidad del 50%, es igual a 14.2 °C.

C.Selección de las Temperaturas del Pavimento

Para una carpeta de rodadura en Piura, las temperaturas del pavimento para diseño serán aproximadamente 57.5°C y 14.2°C para un 50% de confiabilidad, y aproximadamente **63.9°C y 12.1°C** para un 98% de confiabilidad (el promedio más/menos dos desviaciones estándar, respectivamente). La Figura 4.54 representa gráficamente la variación estadística de las dos temperaturas del pavimento seleccionadas.

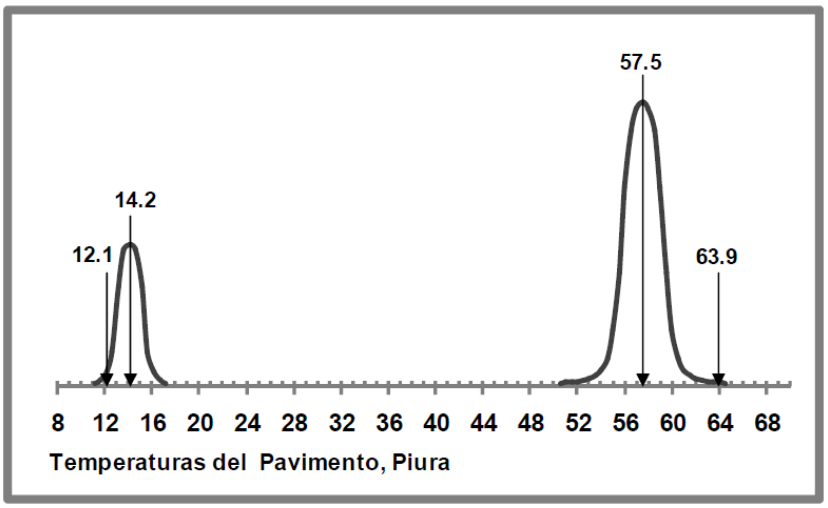


Figura 4.54. Variación de las Temperaturas Altas y bajas del Pavimento

D. Selección del Grado de Performance (PG) del Ligante Requerido basado en las Temperaturas del Pavimento

Para alcanzar una confiabilidad de por lo menos 50% y que se cumpla para una temperatura promedio máxima del pavimento de 57.5°C, la graduación correspondiente a la "temperatura alta" bastará con que sea la mínima especificada, es decir "**PG 58 "**. Usando el mismo razonamiento, la graduación correspondiente a la "temperatura baja" será "**PG -10"** para cumplir con una confiabilidad de 50%.

Como se muestra en la Figura 4.55, para obtener por lo menos un 98% de confiabilidad, bastará con elevar el grado de temperatura alta a PG 64 (según metodología los rangos de temperatura aumenta o disminuyen en 6°C), para obtener una protección por encima de 58°C. Asimismo, el grado de temperatura baja deberá ser PG -10 (mínimo especificado), para obtener una protección por debajo de 12°C.
Se observa que para la temperatura alta (64%), del grado del ligante seleccionado **PG 64 -10,** la confiabilidad resultante excede del 98%, mientras que para la temperatura baja (-10°C) la confiabilidad es superior al 100%, ello debido al "redondeo hacia arriba" originado por la diferencia de 6°C entre cada graduación estandarizada del sistema.

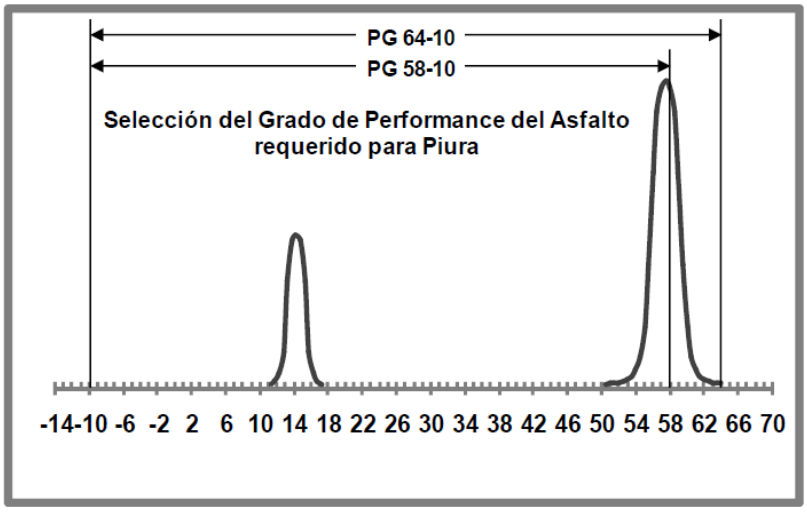


Figura 4.55. Grados de Performance para 50% y 98% de Confiabilidad

Cabe mencionar que el "redondeo hacia arriba" confiere un carácter conservador al proceso de selección del ligante. Otra fuente adicional de conservadurismo ocurre cuando se sigue el procedimiento de verificación mediante los ensayos de clasificación del ligante asfáltico. Sin embargo, se debe indicar que una apropiada o conservadora selección del ligante no garantiza totalmente la performance del afectado por la estructura del pavimento y el tráfico; es necesario lograr un balance entre los diversos factores al momento de seleccionar un ligante.

E.Ajuste del PG del Ligante Asfáltico por la Velocidad y Cargas de Tráfico

El procedimiento para la selección del ligante asfáltico que ha sido descrito, es el procedimiento básico para condiciones de flujos de tráfico normales de carreteras. Bajo estas condiciones, se asume que el pavimento está sujeto a un número de cargas de diseño rápidas y temporales. Para la situación de la temperatura alta de diseño, controlada por propiedades especificadas relacionadas con la deformación permanente, la velocidad de la carga tiene un efecto adicional en la performance.

La especificación para la selección del Grado de Performance ASTM D 6373 (AASHTO MP1) incluye un incremento adicional en la graduación seleccionada de la temperatura alta para el grado del ligante (6°C adicionales), *para t omar e n c uenta l as aplicaciones de* cargas temporales lentas y/o de parada, es decir, es posible considerar uno o más grados para la temperatura alta, para compensar el efecto de una velocidad de carga más lenta (realidad actual del tramo en estudio).

Para cargas de diseño de movimiento lento o al menos de **velocidad i nferior a la velocidad d e cru cero** considerada en SUPERPAVE (90 km/h), el ligante debe seleccionarse con un grado de temperatura alta adicional (un grado más caliente), tal como un PG 70 en lugar de un PG 64. Para cargas muy **lentas o estáticas** (radios reducidos, zonas de descanso o parada), el ligante debe seleccionarse con un grado adicional para la temperatura alta, tal como un **PG 76** en lugar de PG 70.

El grado final de la temperatura alta (70°C ó 76°C) no tiene un significado físico, ya que el pavimento nunca alcanzará esa condición. La especificación de este grado es un medio simple de asegurar que el ligante tendrá una rigidez suficientemente alta a los 64°C, temperatura alta de diseño del pavimento, para que así pueda sobrellevar los efectos de las solicitaciones críticas a las que estará sujeto (velocidades lentas y cargas estáticas).

Asimismo, se debe considerar incrementos en el grado de temperatura alta, para altos volúmenes de cargas de tráfico pesadas. Para lugares donde se espera que el tráfico del carril de diseño esté entre 10×10^6 y 30×10^6 EAL's, se puede considerar la selección de un grado de temperatura alta más alto que aquel definido basado en el clima. Si se espera que el tráfico de diseño exceda los 30×10^6 EAL's, entonces el ligante deberá seleccionarse con dos grados de temperatura alta adicionales.

Finalmente, según los resultados obtenidos y las correcciones planteadas, el Grado de Performance requerido para el tramo en estudio: Ovalo Cáceres-Desvío Sullana, es un **PG 76-10**. Para entender con mayor claridad la determinación del Grado de Performance (PG) del ligante asfáltico, se ha generado una tabla resumen del procedimiento. (Ver Tabla 4.48.)

F. Módulo de Rigidez del asfalto (*Stiffness)*

Las propiedades cohesivas del cemento asfáltico se relacionan directamente con el Módulo de Rigidez del material, denominado también como *Stiffness Modulus (Sbit*), el cual depende de:

a) La velocidad de aplicación de la carga (*time of Loading*),
b) Punto de Ablandamiento e Índice de Penetración del material (*Penetration Index, PI*),
c) La temperatura de servicio de la mezcla.

Aplicando el método del Nomograma de Van der Poel, se ha determinado el *Stiffness* del asfalto PEN 60-70, para una velocidad de 60 km/h, 30 km/h y para 5 km/h, considerando para todos los casos una temperatura del pavimento de 56°C (temperatura máxima del pavimento a 20 mm obtenida mediante el estudio en campo). En el Anexo VIII se presentan los resultados la determinación de este parámetro mediante el nomograma mencionado.

El efecto perjudicial de las cargas lentas, se refleja en que para conseguir el mínimo de deformación posible, no deben presentarse velocidades bajas y además, se debe tener un asfalto con un módulo de rigidez alto. De esta manera, utilizando el nomograma podemos determinar el módulo de rigidez que posee el asfalto para velocidades bajas. Por ejemplo, para velocidades de 30 km/hr y 5 km/hr se obtienen: módulos de rigidez igual a **S(0.033 seg)=50 kPa** y **S(0.2)=10 kPa** , respectivamente. Por lo tanto, considerando que el módulo de rigidez para prevenir la aparición de ahuellamientos debe ser **S=100 kPa**, entonces el tiempo de aplicación de carga debería ser aprox. 0.015 seg., es decir, la velocidad media del flujo vehicular debería ser aprox. **60 km/hr.**

Tabla 4.48. Resumen cálculo de PG del cemento asfáltico en el sector en estudio.

SELECCION DEL LIGANTE ASFALTICO
CALCULO DEL GRADO DE PERFORMANCE REQUERIDO (PG)

PROYECTO :		**CARRETERA PIURA-PAITA**	**Latitud:**	05°10´14.0"
TRAMO	:	**OVALO CACERES - DV. SULLANA**	**Longitud:**	80°38´18.6"
DATOS	:	**UNIVERSIDAD DE PIURA**	**Altitud:**	45 msnm

Temperatura del Aire:

Máxima (prom)	:	36.2 °C (50% Confiabilidad)
Desv. Std.	:	1.1 °C
Máxima (R=98)	:	38.6 °C (98% Confiabilidad)
Minima (prom)	:	14.2 °C (50% Confiabilidad)
Desv. Std.	:	1.0 °C
Mínima (R=98)	:	12.1 °C (98% Confiabilidad)

Temperatura máxima del pavimento (TPmax):

Latitud	:	5.21 °
T superficie	:	61.7 °C (Modelo SHRP 1999)
H	:	20 mm (Profundidad estándar de medición)
TPMAX	:	**60.4 °C (Modelo SHRP 1999)**
TPMAX	:	**63.9 °C (Modelo LTPP)**
TPMAX	:	**56.0 °C (Método Experimental Camineros-Zona Piura - 98% confiabilidad)**
TPMAX MAX	:	**63.9 °C**

Temperatura mínima del pavimento (TPmin):

TPMIN : 12.1 °C (Modelo Superpave)

PG 64 -10 (Grado de Performance SUPERPAVE)

Efecto de la reducción de velocidad:

Vel.Standard	:	90 km/h (Velocidad de Referencia SUPERPAVE)
Vel.Proyecto	:	35 km/h (Velocidad Directriz del Proyecto)

PG 70 -10 (Grado de Performance SUPERPAVE)

Efecto de pendientes pronunciadas:

Pendiente Std.	:	4 % (Pendiente de Referencia SUPERPAVE)
Pendiente Proy.	:	2 % (Pendiente Máxima del Proyecto)

PG 70 -10 (Grado de Performance SUPERPAVE)

Efecto de las cargas lentas y/o zonas de parada (Semáforos, Rompemuelles)

SI : X
NO :

PG 76 -10 (Grado de Performance SUPERPAVE)

Efectos del tráfico (ESAL > 10 millones)

SI :
NO : X

PG 76 -10 Considera los efectos de las condiciones especificas del proyecto, sobre el comportamiento del ligante

4.7.1.2.Ensayos a muestras asfálticas

Como parte complementaria del estudio para hallar las causas del ahuellamiento en el Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana, en Noviembre del 2010 se determinó realizar 10 calicatas a lo largo del tramo, estratégicamente ubicadas según la severidad del ahuellamiento identificado en el levantamiento visual detallado. La distribución y ubicación de las calicatas a lo largo del sector de estudio se visualizan en la Figura 4.56.

Estas calicatas se hicieron con el objetivo de recoger muestras de material de carpeta asfáltica y material de base, sub-base y sub-rasante, para evaluar sus principales propiedades. En este ítem se desarrollará lo concerniente a la mezcla asfáltica.

Las muestras asfálticas se extrajeron con el fin de determinar el Grado de Compactación de una muestra asfáltica (MTC E 509 - AASHTO T 230), y de este modo obtener los parámetros siguientes:

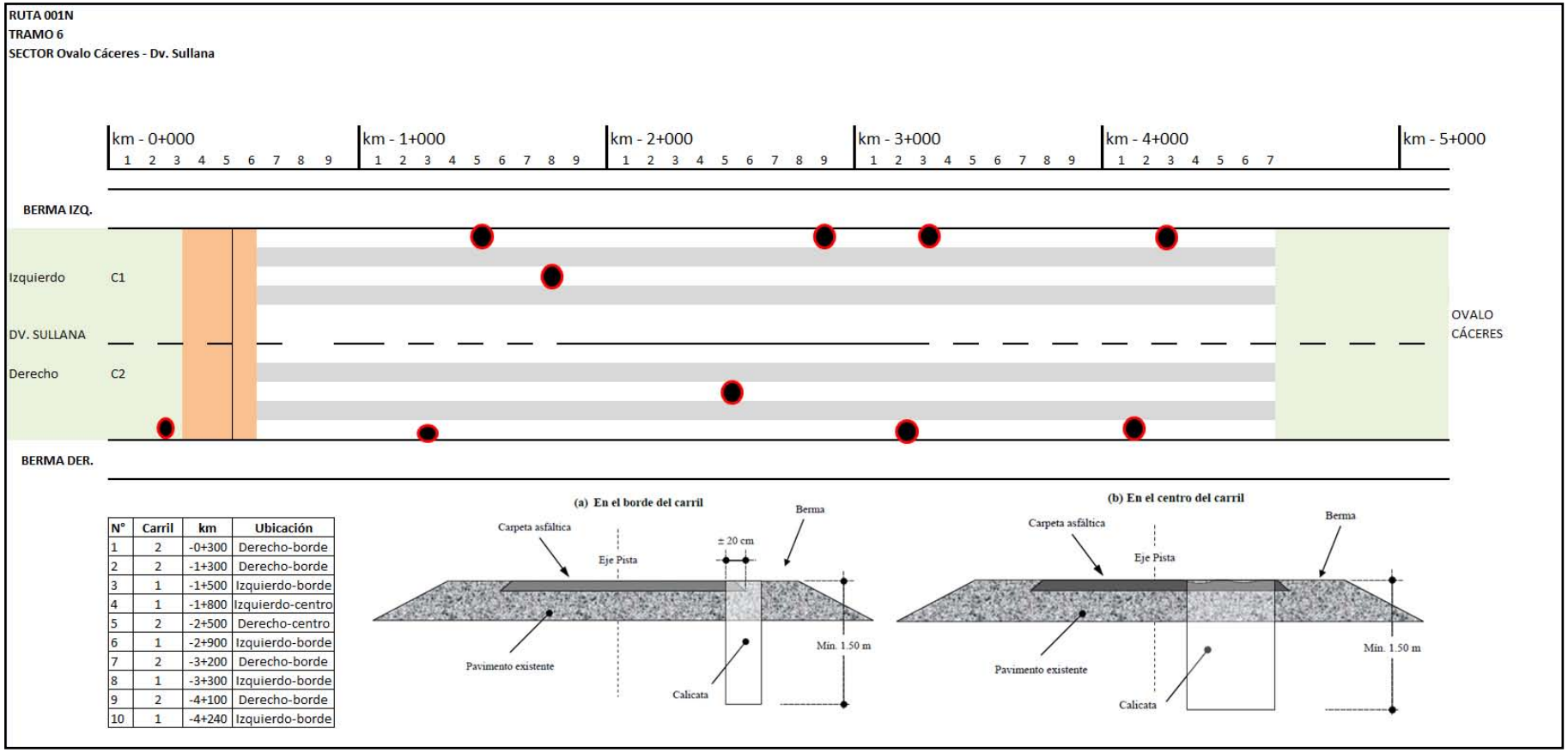
- Peso de la muestra asfáltica al aire (gr)
- Peso de la muestra asfáltica saturada S.S.S.(gr)
- Densidad de Campo - Bulk (gr/cm^3)
- Densidad de Laboratorio (Marshall) (gr/ cm^3)
- Compactación en campo (%)
- Vacíos de Campo según ASTM D-2041 (%)
- Máxima Densidad Teórica RICE (gr/ cm^3)
- % de Asfalto en la mezcla asfáltica

Uno de los parámetros más importantes a evaluar son el porcentaje de compactación y el porcentaje de vacíos en campo. El primero resulta ser significativamente más importante en la etapa post-construcción, de manera de verificar si se ha logrado el grado de compactación establecida para una óptima performance del pavimento. Asimismo, en la etapa de post-construcción es esencial conocer el porcentaje de vacíos en campo, dado que éste es un parámetro controlado y exigido por la norma peruana para la construcción de carreteras. Según la norma de diseño, el porcentaje de vacíos en una mezcla asfáltica debe estar entre 3 y 5%.

Por otro lado, también es importante evaluar el porcentaje de compactación habiendo transcurrido años desde la construcción, para analizar en qué medida está influyendo el tráfico en la zona de estudio en la densificación del material asfáltico, y de manera paralela, calcular el porcentaje de vacíos existentes en la mezcla.

Tal como se menciona en el ítem 2.6 (caracterización de suelos y pavimentos), en marzo de 2010, se realizó un control de calidad a muestras de asfalto extraídas con diamantina. Los resultados evidenciaron que el porcentaje de compactación promedio se incrementó de 99.5% (2006) a 101.5% (2010), es decir, 2 puntos porcentuales, y consecuentemente el contenido de vacios de aire promedio decreció de 4.1% (2006) a 2.0% (2010). Ello refleja claramente la ocurrencia de un proceso de densificación adicional post-construcción (primera etapa del proceso de aparición de ahuellamientos).

Respecto a la evolución del fenómeno, una primera explicación está en el proceso típico de generación del fenómeno, lo cual es reportado en diversos estudios efectuados a nivel internacional.



N°	Carril	km	Ubicación
1	2	-0+300	Derecho-borde
2	2	-1+300	Derecho-borde
3	1	-1+500	Izquierdo-borde
4	1	-1+800	Izquierdo-centro
5	2	-2+500	Derecho-centro
6	1	-2+900	Izquierdo-borde
7	2	-3+200	Derecho-borde
8	1	-3+300	Izquierdo-borde
9	2	-4+100	Derecho-borde
10	1	-4+240	Izquierdo-borde

Figura 4.56. Croquis de ubicación de calicatas

Verhaeghe et al[34], en un trabajo presentado en la 9ª Conferencia de Pavimentos Asfálticos para África del Sur, indican que el desarrollo de las deformaciones permanentes en capas asfálticas, se ha descrito generalmente como un proceso de dos etapas; una primera que consiste principalmente en la consolidación de la capa (densificación acompañada por un cambio de volumen), mientras que la segunda etapa consiste principalmente de deformación por corte (flujo plástico no asociado con cambio de volumen). En la Figura 4.57 se ilustran dichas etapas.

En casos extremos la consolidación y la deformación por corte pueden producirse en forma simultánea, originando una distorsión severa de la capa.

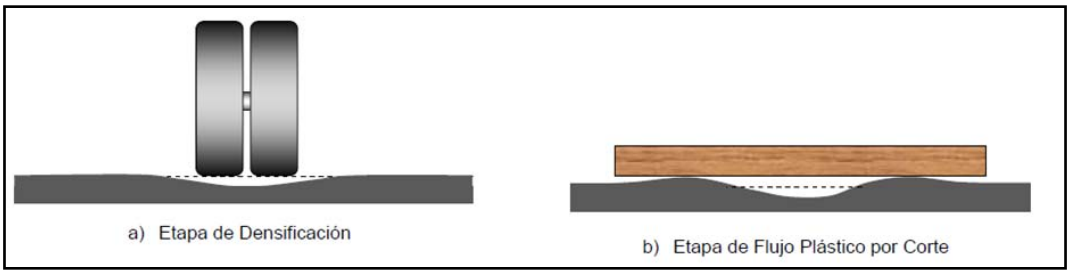


Figura 4.57. Etapas del proceso de evolución del ahuellamiento

De acuerdo al proceso que se ha descrito, luego de concluida la construcción, se produce un leve ahuellamiento como resultado de la continuación de la densificación de la mezcla asfáltica bajo la acción del tráfico y mientras los agregados se reacomodan a sus posiciones de equilibrio, resultando en un decremento del porcentaje de vacíos. Esta primera etapa ha sido claramente identificada en el tramo en estudio entre los años 2006 y 2009, período en que se presentaron valores de ahuellamiento de menor magnitud (en su mayoría menores a 5 mm; ver Figura 4.9).

Conforme la densificación se incrementa con el tiempo y el tráfico, la estabilidad de la mezcla usualmente mejora lo que trae como resultado la *disminución de la tasa de deformación permanente*. El mejoramiento de la estabilidad de la mezcla como resultado de la densificación se puede atribuir al "endurecimiento" causado por el reacomodo de la matriz de agregados y el incremento de la trabazón entre las partículas y el asfalto.

Típicamente, el contenido de vacíos en campo en una mezcla bien diseñada y una capa bien construida se reducirá de un valor inicial de vacíos de 7 % (post-compactación) al contenido de vacios de diseño (entre 3% y 5%), en un período de aproximadamente 2 años.

Según prácticas internacionales, las mezclas se diseñan normalmente para operar a esta densidad de diseño, denominada "densidad última", donde se espera que la resistencia al cortante sea la óptima para la demanda del tráfico. La magnitud de las deformaciones que se produzcan durante la fase inicial de densificación, hasta que se alcanza el **contenido de vacíos "objetivo" (4 %)**, dependerá obviamente de la densidad inicial alcanzada durante la construcción de la capa asfáltica, y del espesor de la misma.

Sin embargo, en el caso del tramo en estudio, siguiendo las normas peruanas para la construcción de carreteras (EG-2000) y cumpliendo con los rangos establecidos por dicha

[34] *B.M.J.A. Verhaeghe; P.A. Myburgh; E. Denneman. "Asphalt Rutting and its Prevention". Proceedings of the 9th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA 2007). September 2007. Botswana.*

norma para el porcentaje de vacíos en la mezcla, se ha colocado un pavimento asfáltico con valores de "porcentajes de vacíos *post-construcción"* que oscilan en un 4% (Ver Anexo I).

Por tal razón, y según los resultados obtenidos en 2010, se revela que el porcentaje de vacíos luego de la etapa de densificación es de aprox.2% (Marzo, 2010) lo cual se presenta como un posible causante de la gran deformación plástica que se ha suscitado en el tramo comprendido entre el Óvalo Cáceres – Dv. Sullana.

La relación entre el porcentaje de vacíos post-construcción y la profundidad del ahuellamiento, se muestra en la Figura 4.58. Así se tiene por ejemplo, que para una capa de 7 cm de espesor, con un contenido de vacíos de 7% después de la construcción, este se reducirá a 4% al cabo de 2 años de servicio al tráfico, resultando un ahuellamiento mínimo de 2 mm.

Esta figura está basada en el escenario asumido que los ahuellamientos desarrollados durante la primera etapa son solamente el resultado de la densificación asociada con el cambio de volumen, sin que se produzca alguna distorsión por los esfuerzos de corte. Existe un consenso general que las mezclas asfálticas en caliente usualmente alcanzan la densidad última después del segundo o tercer verano, aunque algunos estudios indican que la densidad última puede alcanzarse en el transcurso de unos pocos meses, particularmente durante un verano muy caliente, o que la densificación puede continuar hasta 4, y en algunos casos aún 10 años después de la construcción.

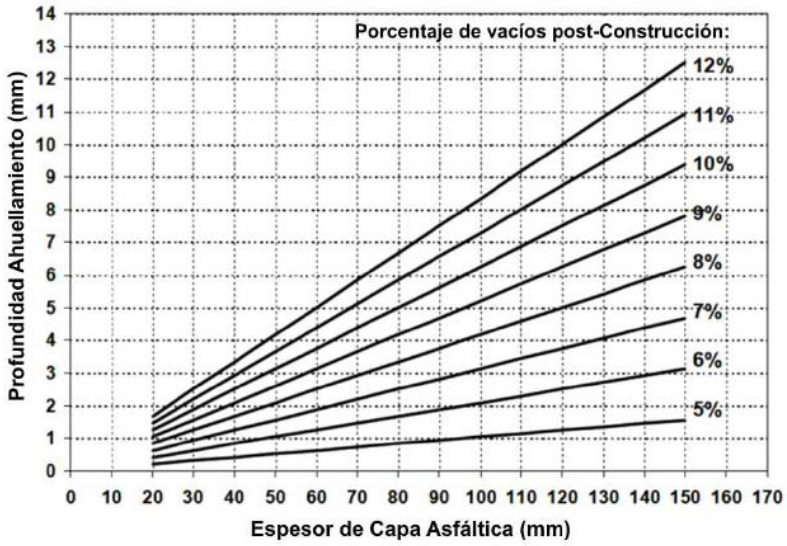


Figura 4.58. Relación Espesor de capa, Vacíos Post-construcción y ahuellamiento

Por otro lado, los resultados de las muestras asfálticas extraídas en Setiembre de 2010[35], indican que la deformación permanente en la carpeta asfáltica ya se encuentran en la etapa de flujo plástico, dado que ésta se ha venido incrementando de manera progresiva, elevándose los esfuerzos de corte y produciendo grandes abultamientos paralelos al eje de la vía (junto a la huella del neumático) dando como resultados un porcentaje de vacíos de 0.5% en promedio.

[35] Las muestras fueron ensayadas en Junio de 2011.

En el tramo en estudio, se han dado las condiciones necesarias para que la capa asfáltica pase a una segunda etapa de deformación debido al flujo plástico de la mezcla. Según registros, el ahuellamiento se ha acelerado y alcanzará magnitudes bastante mayores, ya no por la disminución del espesor por efecto de la consolidación, sino por el contrario, por la elevación generada por el desplazamiento del material en los bordes marginales de la huella de los neumáticos.

4.7.1.3.Granulometría de la mezcla asfáltica

Un tema importante que también ha sido observado en la revisión de los antecedentes técnicos, se relaciona con la composición granulométrica de la mezcla asfáltica, la cual como ya se señaló, cumple la franja MAC-2 de las especificaciones EG-2000. Sin embargo, esta especificación obliga a que el diseñador deba resignarse a obtener como resultado una combinación de agregados con "granulometría arenosa", como se observa en el caso particular del proyecto en estudio, en el cual la fracción de grava retenida en la malla N° 4 es 45.2%, siendo por la tanto la fracción arenosa igual a 54.8% (Ver Tabla 4.49).

El esqueleto mineral de una mezcla asfáltica es un factor determinante para el desarrollo de la resistencia al esfuerzo cortante y por ende el comportamiento de la capa en servicio, más aun cuando se prevé condiciones críticas en el proyecto, relacionadas con el clima, volumen y velocidad del tráfico, etc. En ese sentido, el haberse optado por una mezcla arenosa, debido al efecto inducido por el empleo de las especificaciones EG-2000, el resultado ha sido la obtención de una estructura mineral débil, *con poc a t rabazón estructural e ntre l as p artículas y por l o t anto baj o ángul o de f ricción i nterna*, y definitivamente una *gran de pendencia de l a mezcla e n l as pr opiedades de l l igante asfáltico* empleado, de acuerdo a la recomendación de las especificaciones EG-2000 un cemento asfáltico PEN 60-70. Obviamente, al haber utilizado un ligante asfáltico que tampoco cumplía con la performance exigida (tal como se ha visto en el ítem 4.7.1.1), se intuye que la probabilidad de tener altos niveles de ahuellamiento, es mucho mayor.

Tabla 4.49. Granulometría de la combinación de agregados

Tamiz	Combinación de agregados utilizados en el proyecto – 2006 (% pasa)	Especificación EG-2000 MAC-2 (% que pasa)
¾"	100	100
½"	92.1	80-100
3/8"	80	70-88
N° 4	54.8	51-68
N° 10	43.3	38-52
N° 40	25.3	17-28
N° 80	10.5	8- 17
N° 200	5.2	4 - 8

4.7.2.Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)

El Estudio de Mecánica de Suelos se presenta y desarrolla en el Anexo IX. En él se indican los resultados obtenidos de las calicatas realizadas, tal como se indicó en el ítem 4.7.1.2. El EMS fue ejecutado por el Laboratorio de Geotécnica y Pavimentos de la Concesionaria IIRSA Norte. Cabe indicar que el acápite: "condiciones climáticas del proyecto", que se desarrolla normalmente en un Estudio de Mecánica de Suelos, han sido omitidos dado que ya se han desarrollado dentro de la presente memoria (ítem 2.4).

Los acápites desarrollados en el EMS son:

- Aspectos generales
- Geología y geotécnica
- Actividades realizadas
- Análisis de la estructura del pavimento
- Conclusiones y recomendaciones
- Anexos

Como parte de las actividades realizadas, se ejecutaron trabajos de excavación (calicatas), descripción de calicatas y muestreo de suelos. Con el objeto de ubicar los puntos de excavación de las calicatas, se realizó un reconocimiento del terreno; determinándose la excavación de diez (10) calicatas con una sección de 1.20 m. x 2.00 m. y 1.50 m. de profundidad, ubicadas en toda el área donde se ha elaborado el Estudio de Mecánica de Suelos.

En las calicatas excavadas se procedió al muestreo de los horizontes estratigráficos obteniéndose muestras disturbadas para realizar en laboratorio: Análisis Granulométricos, Plasticidad, Proctor Modificado, CBR, Partículas chatas y alargadas, Partículas con una, dos más caras fracturadas

Cabe indicar que sólo se analizaron los materiales provenientes de 3 calicatas: Calicata N° 01, 05 y 10, por las razones siguientes:

•In situ, las características de los materiales (pertenecientes a cada una de los estratos pavimento en estas tres calicatas), eran similares a las encontradas en los materiales de otras calicatas
•Disponibilidad de tiempo y espacio del Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Concesionaria IIRSA Norte.

Del análisis de los resultados de los ensayos realizados, se evidenció que al no encontrar napa freática a la profundidad excavada (1.5 m), se descarta la posibilidad de que exista un problema de fundación por temas de humedad y saturación. Asimismo, se comprobó que términos generales, los materiales de base, sub-base y subrasante encontrados en las diez (10) calicatas, tienen propiedades similares. Además, en el EMS, se ha buscado hallar los principales parámetros de los materiales exigidos por la EG-2000, para verificar su cumplimiento.

Conclusiones

- La aparición de ahuellamientos en pavimentos asfálticos es un fenómeno normal en la mezcla asfáltica. Durante el análisis del ahuellamiento en el tramo de estudio se ha comprobado que el ahuellamiento, dentro del margen estimado, se ha producido de manera gradual, mientras no tuvo desencadenantes que lo elevaran.

- Con respecto a los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos, se ha encontrado que la variabilidad en los espesores de los estratos es mínima, así como en sus principales propiedades a lo largo de todo el tramo en estudio. Las propiedades de los estratos como la densidad, el contenido de humedad, los índices de plasticidad y el CBR de los materiales que conforman la estructura del pavimento, cumplen con los requerimientos de una sub-estructura para un pavimento con estas características. Tampoco se han registrado deformaciones en los estratos inferiores (base, sub-base o sub-rasante). No se ha registrado el nivel freático a la profundidad excavada durante los trabajos. Por tanto, se concluye que la deformación permanente en el pavimento no es consecuencia de un problema en los materiales de fundación.

- Se ha encontrado que el tráfico real (número de ejes equivalentes, *EAL's*) es mayor al tráfico de diseño. Esto se ha obtenido como resultado de evaluar los sobrepesos de los ejes de distintos tipos de camiones y la presión de inflado de ellos. Asimismo, se ha comprobó que en las zonas de tráfico pesado, el ahuellamiento era mayor que en las zonas de vehículos ligero. Por lo tanto, se puede concluir que uno de los factores que incrementa el ahuellamiento es la sobrecarga de los vehículos, principalmente de los pesados.

- Por otro lado, respecto a las velocidades del flujo vehicular, los valores de mayor deformación permanente, son aquellos que coinciden con las zonas que contienen reductores de velocidad "no normalizados", zona de parada/estacionamiento, entre otros. Los valores de deformación permanente plástica y el proceso rápido de evolución en dichos puntos, evidencia que la presencia de estos elementos de control de velocidad, son un factor muy importante en la aparición y desarrollo del ahuellamiento.

- El cemento asfáltico (PEN 60/70) utilizado en la rehabilitación y construcción en la Carretera IIRSA Norte Tramo 6, Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana, tiene un punto de ablandamiento menor a la temperatura crítica en el asfalto en este proyecto, lo cual representa otro factor que acelera el proceso del ahuellamiento y hace concluir que es indispensable evaluar este parámetro en el diseño de un pavimento asfáltico principalmente en zonas cálidas como el norte del Perú.

- En referencia a lo antes mencionado, se podría decir que específicamente en este proyecto, los factores que incrementan el ahuellamiento son tres: sobrecargas en los ejes de vehículos pesados (EAL's mayor al de diseño), velocidades bajas por elementos de control de tránsito y el cemento asfaltico que no satisface las condiciones climáticas de la zona de proyecto. Estos factores son determinantes en la performance del pavimento, por lo que deberían tomarse en cuenta para un futuro diseño.

- Además, como parte del estudio realizado, se puede concluir que debido a la realidad del tráfico en las carreteras del Perú y sobre todo en vías de primer orden que cruzan zonas urbanas, utilizar la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento asfáltico *no garantiza una bue na performance del pav imento* puesto que no considera factores importantes en el diseño, como son: la velocidad de flujo vehicular, la temperatura de la zona del proyecto (por ende la temperatura a la que será expuesto el pavimento) y las cargas pesadas lentas sobre el pavimento. Por lo antes mencionado, según la realidad de nuestro país, no es lo mismo realizar un diseño de pavimento asfáltico con el Método AASHTO 93 ó 97 que con el Método SUPERPAVE, el cual sí considera los factores antes mencionados e inclusive otros criterios más (tráfico elevado, .pendientes pronunciadas, entre otros)

Recomendaciones

- Se recomienda que se evalúe la temperatura de ablandamiento de los cementos asfálticos utilizados en las mezclas asfálticas en caliente (MAC) y además, evaluar la temperatura de los pavimentos para hallar las solicitaciones específicas del asfalto para cada proyecto en particular.

- Se sugiere ejecutar un mayor estudio sobre el efecto de las dos (2) etapas de deformación en un pavimento nuevo (elástica y plástica); es decir, indagar sobre la solicitación de un mayor porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica, para prevenir y/o retrasar la aparición del ahuellamiento, si fuera necesario.

- Por otro lado, se propone ejecutar censos de carga en varias carreteras nacionales. Lo más probable es que los resultados indicarán que existe un contexto similar al del proyecto en estudio, es decir, un gran porcentaje los vehículos pesados tienen sobrecarga en sus ejes. Entonces, de manera de prever este "daño extra" sobre el pavimento por los EAL's no previstos durante la fase de diseño del proyecto, se recomienda que se estudie la posibilidad de hacer una "variación al cálculo de Ejes Equivalentes (metodología AASHTO 93)", de tal manera de determinar un "factor de amplificación", y de esta forma ser más conservadores con el diseño del pavimento. De esta forma el pavimento asfáltico en su período de servicio, podrá soportar el "tráfico real" que se da en nuestras vías nacionales. La idea es zonificar el Perú, y determinar uno o más factores de amplificación dependiendo el contexto de cada región y/o ciudad.

- Se recomienda que las autoridades estatales encargadas de modificar las Especificaciones Generales para Carreteras (EG-2000), hagan un estudio profundo y actualicen la normatividad vigente, de tal manera de incluir criterios más actuales de diseño , tales como: cálculo del PG del asfalto, % óptimo de vacíos en el asfalto, efecto de velocidades y carga en la deformación permanente, entre otros. Estas nuevas metodologías (SUPERPAVE, por ejemplo) ya se vienen utilizando desde hace mucho tiempo en otros países del mundo y particularmente de Latinoamérica, dando muy buenos resultados.

Bibliografía

- Asphalt Institute. MS-1 Thickness Design-Highways & Street. Kentucky Transportation Research Program. 1985.

- ASTM Standard D6433-07. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. DOI: 10.1520/D6433-07. PA, 2007

- Bitumix CVV Especialidades Asfálticas. Metodología SUPERPAVE para el Diseño de Mezclas Asfálticas. [en línea]. Chile. Julio, 2005. < http://www.bitumixcvv.cl/articulos/2005/julio/archivos/superpave.pdf > [Consulta: 15 de octubre de 2010 :P]

- Brown, E. R. y Cross, S. A National Study of Rutting in Hot Mix Asphalt (HMA) Pavements. Report No. 92-5, National Center for Asphalt Technology, Alabama, 1992.

- Brown, E. R., Cross, S. A Study of In-Place Rutting of Asphalt Pavements, Report No. 89-2, National Center for Asphalt Technology, Alabama, 1989.

- Camineros S.A.C. Informe Inicial del Estudio del Pavimento Asfáltico. Contrato de Concesión de la Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte. Tramo 6 – Sector 1. Octubre 2010.

- Consorcio Constructor IIRSA Norte – CONCIN. Informe Final de Control de Calidad – Tramo 6. - Concesión de las obras y el mantenimiento de los tramos viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte. Marzo, 2010

- Del Aguila Rodriguez, Pablo. Método directo para la evaluación de las necesidades estructurales de pavimentos flexibles basado en deflexiones con el deflectómetro de impacto (FWD). [en línea]. Lima, Perú. < http://www.camineros.com/docs/cam061.pdf > [Consulta: 16 de Octubre de 2010]

- Empresa Consultora Proyectista COPAVEL. Proyecto de Ingeniería de Detalle para la Rehabilitación del Tramo 6: Piura- Paita - Concesión para la Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte. Lima, Perú. Febrero, 2006.

- Manual MS-1: "*Thickness Design-Highways & Streets"., Kentucky Transportation Research Program* (1985)

- Ongel A. y Harvey J. Analysis of 30 Years of Pavement Temperatures using the Enhanced Integrated Climate Model (EICM). California, USA. August, 2004.

- Lovato, Rodrigo y Jaña, Cristian. Concesionaria IIRSA NORTE S.A. Informe Técnico Nº 014: Evaluación de ahuellamiento. Tramo individual n° 1. Óvalo Cáceres – Dv. Sullana. Piura, Perú. Marzo, 2010

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones – Estado Peruano. Concesionaria IIRSA NORTE S.A. Contrato de Concesión de la Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte del Plan de Acción para la Integración de infraestructura Regional Sudamericana – IIRSA. Lima-Perú. Junio, 2005.

- Páez, Diego; Pereira, Henry. Estudio de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas. Universidad. De los Andes. Bogotá, Colombia 2001

- Rodríguez Velásquez, Edgar Daniel. Calculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero – Distrito de Castilla. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Piura, Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2009. 160pp.

- Romero, Giomar y Jaña, Cristian. Concesionaria IIRSA NORTE S.A. Informe técnico Nº 075- Levantamiento de PCI (Parámetros de condición de calzada: Ahuellamiento). Piura, Perú. Setiembre 2010.

- Romero, Giomar y Lovato, Rodrigo. Concesionaria IIRSA NORTE S.A Informe Técnico Nº 089. Avance de los estudios para análisis del comportamiento a la deformación permanente de un sector urbano en Piura. Piura, Perú. Setiembre 2010.

- Shahin, Mohamed Y. Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots. Chapman & Hall. New York. USA. 1994.

- Shell International Petroleum Company Limited. Shell Pavement Design Manual – Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic. London, United Kingdom, 1978.

- Sayers, M.W. et al. The International Road Roughness Experiment: establishing correlation and a calibration standard for measurements. World Bank Technical Paper Nº 45. The World Bank, Washington D.C., 1986

- Solaimanian, M. and Bolzan P. Analysis of the Integrated Model of Climatic Effects on Pavements: Sensitivity Analysis and Pavement Temperature Prediction. SHRP-A-637. 1993. LTPP Seasonal Asphalt Concrete (AC) Pavement Temperature Models, FHWA-RD-1997.

- Superpave Performance Grade Asphalt Binder Specification Summary Table http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/03_materials/pg_table.htm [Consulta: 30 de setiembre de 2010]

- Thenoux Z., Guillermo; Carrillo O., Héctor. Análisis de casos de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas chilenas. [en línea]. Santiago, Chile. 2002. < http://www2.udec.cl/~provial/trabajos_pdf/16GmoThenouxAhuellamiento.pdf > [Consulta: 30 de octubre de 2010]

- Van de Ven, M.F.C. et al. Concepts used for Development of Bitumen Specifications. In: 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa. Proceedings. September, 2004.

- Vásquez Torres, Luis Carlos. Notas del Curso de Pavimentos Avanzados de la Especialización en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Manizales. Colombia. 2000.

- Verhaeghe B.M.J.A., Myburgh P.A. and Denneman E. Asphalt Rutting and its Prevention. In: 9th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa. Proceedings. September 2007. Gaborone, Botswana.

Anexo I

Control de calidad
Marzo 2010

CONCESIÓN DE LAS OBRAS Y EL MANTENIMIENTO DE LOS TRAMOS VIALES DEL EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
- IIRSA NORTE -

INFORME FINAL
CONTROL DE CALIDAD

TRAMO 6 : PIURA - PAITA

Marzo del 2010

INDICE

1. Generalidades 3
2. Información de la Obra 3
3. Ubicación de la Obra 4
4. Canteras del Proyecto..... 5
4.1. Canteras Evaluadas 5
5. Resultados Obtenidos 8
5.1. Diseño de Mezclas Asfálticas 8
5.1.1. Material de Cantera La Bendita (Pueblo Nuevo) 8
5.2. Pavimento de Concreto Asfaltico..... 10
6. Evaluación Realizada en Marzo 2010..... 12
7. Panel Fotográfico..... 13

1. GENERALIDADES

Como parte del proyecto de Infraestructura de Integración Regional Perú - Brasil, en el mes de Marzo del 2006 se dio inicio a la rehabilitación y mejoramiento del eje Multimodal Amazonas Norte, el cual tiene como punto de partida por el Occidente en el Puerto de Paita, departamento de Piura, llegando a su fin por el Oriente en la Ciudad de Yurimaguas, departamento de Loreto, con una longitud total de 960 km de vía.

El Tramo 6 : Piura – Paita, corresponde a la primera etapa de ejecución de la obra, consignada por la Suscripción de la Segunda Addenda al contrato de Concesión.

2. INFORMACIÓN DE LA OBRA

Todo el Tramo transcurre en topografía plana y presenta características que permiten establecer una velocidad directriz de 100 Km/h, siendo esta de 50 Km/h, en zonas urbanas.

Debido al Nivel de Servicio establecido para el horizonte del proyecto, el ancho de calzada se ha fijado en 6.60 m, para una velocidad directriz de 100 Km/h, con bermas a ambos lados, de 1.50 m.

El Tramo tiene una longitud total de 53.790 Km, estando este dividido en dos sub tramos comprendidos entre :

- Ovalo Cáceres Km 0+000 al Dv. Paita Km 4+720.
- Dv. Paita Km 0+000 al Pto. Paita Km 49+070.

En este tramo el espesor de carpeta asfáltica de recapeo es variable, oscilando estos espesores entre:

7 cm : Para el sub tramo Ovalo Cáceres Km 0+000 al Dv. Paita Km 4+720 ,

3 y 4 cm : Dv. Paita Km 0+000 al Ovalo Grau (Paita) Km 48+720.

5 cm : Ovalo Grau (Paita) Km 48+720 al Pto. Paita Km 49+070.

3. UBICACIÓN DE LA OBRA

El proyecto se encuentra ubicado en el Departamento de Piura. La Vía Piura - Paita, es la principal vía de ingreso al Puerto de Paita,

El inicio del proyecto se ubica a la altura de la progresiva 48+200, ubicada esta en el Ovalo Grau, del Puerto de Paita, con dirección a la ciudad de Piura, la cual tiene su fin en el Ovalo Cáceres, dentro de la zona urbana de la ciudad de Piura.

4. CANTERAS DEL PROYECTO

4.1 Canteras Evaluadas

La evaluación para definir la calidad de los materiales, se hizo partiendo de la información básica descripta en el Proyecto, complementándose y/ o verificándose con relevamientos y ensayos de laboratorio.

Se estudiaron diferentes fuentes de provisión de materiales, a saber:

1. Cantera la Blanca, en Km 7+000, L. Derecho, con acceso 4 km.
2. Cantera La Bendita, en Km. 36+000, L. Derecho, con acceso de 2 Km, carretera Paita – Sullana.
3. Cantera Tortugas, en Km 44+000, L. Izquierdo, con acceso 12 km.
4. Cantera Ñaupe, Km 143+400, L. Derecho, con acceso de 2 Km, carretera Piura – Olmos
5. Cantera Cascajal, Km 98+100, L. Derecho, con acceso 140 m. , carretera Piura – Olmos.

Todas ellas fueron evaluadas para su utilización en los siguientes tipos de trabajo:

N°	Cantera	Progresiva	Utilización
1	La Blanca	7+000	BGB
2	La Bendita	36+000	MA-BGB-TSB
3	Tortugas	44+000	SF
4	Cascajal	98+100	AC
5	Ñaupe	143+400	GC

Simbología:

BGB	:	Base granular para bermas
MA :		Mezclas asfálticas
TSB :		Tratamiento superficial Bicapa
AC	:	Arena para Concreto
GC	:	Grava para Concreto
SF	:	Sello de Fisuras

Utilización de Canteras

El proceso de chancado y clasificación de agregados para mezcla asfáltica, se realizó en el predio ubicado en la progresiva km 28+000, de la Carretera Piura – Paita, con un acceso de 300 m. hacia la derecha de la carretera, el material fue extraído de la Cantera La Bendita, que en un inicio se le denominó Pueblo Nuevo, ubicada en el Km. 36+000, de la carretera Paita – Sullana, con un acceso de 2 Km.

APTITUD DE CANTERA PARA SU UTILIZACION EN LOS TRABAJOS DE PAVIMENTO ASFALTICO
Cantera Pueblo Nuevo "La Bendita" (Km 36+000) Paita - Sullana

Ensayo	Norma	Requerimiento	Resultado	Conclusión
Para Agregado Grueso				
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12 % Máx.	0.93%	Cumple
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	40 % Máx.	7.00%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	10 % Máx.	4.09%	Cumple
Con una cara fracturada		85 % Mín.	86.80%	Cumple
Con dos caras fracturadas	MTC E 210	50 % Mín.	83.30%	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5 % Máx.	0.08%	Cumple
Absorción	MTC E 206	1% Máx.	0.88%	Cumple
Adherencia MTC	E 519	+95	+95	Cumple
Para Agregado Fino				
Equivalente de Arena	MTC E 209	50 % Mín.	64.20%	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	40 % Mín.	46.80%	Cumple
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4 Mín.	6	Cumple
Indice de Plasticidad (Malla Nª 40)	MTC E 111	NP	NP	Cumple
Indice de Plasticidad (Malla Nª 200)	MTC E 111	Máx 4	1.28%	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5 % Máx.	0.08%	Cumple
Absorción MTC	E 205	0.50%		

5.0 Resultados Obtenidos

5.1 Diseño de Mezclas Asfálticas

5.1.1 Material de Cantera La Bendita (Pueblo Nuevo) Km. 36+000 Carretera Paita – Sullana, acceso 2 Km.

Para el cumplimiento de las especificaciones técnicas, las mezclas bituminosas para el empleo en pavimentación en caliente fueron utilizados agregados minerales grueso y finos, filler mineral , material bituminoso y Aditivo mejorador de adherencia. Siguiendo el procedimiento en cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto y especificaciones generales - Sección 410, se utilizo la gradación de la mezcla asfáltica normal MAC - 2, la cual se ha desarrollado siguiendo el método de diseño Marshall y adjuntando las correspondientes certificaciones de calidad de los componentes del MAC

La planta de concreto asfáltico de Marca Cifali Modelo DVC 100, cuyo sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto debe permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura por serpentines de Aceite caliente.

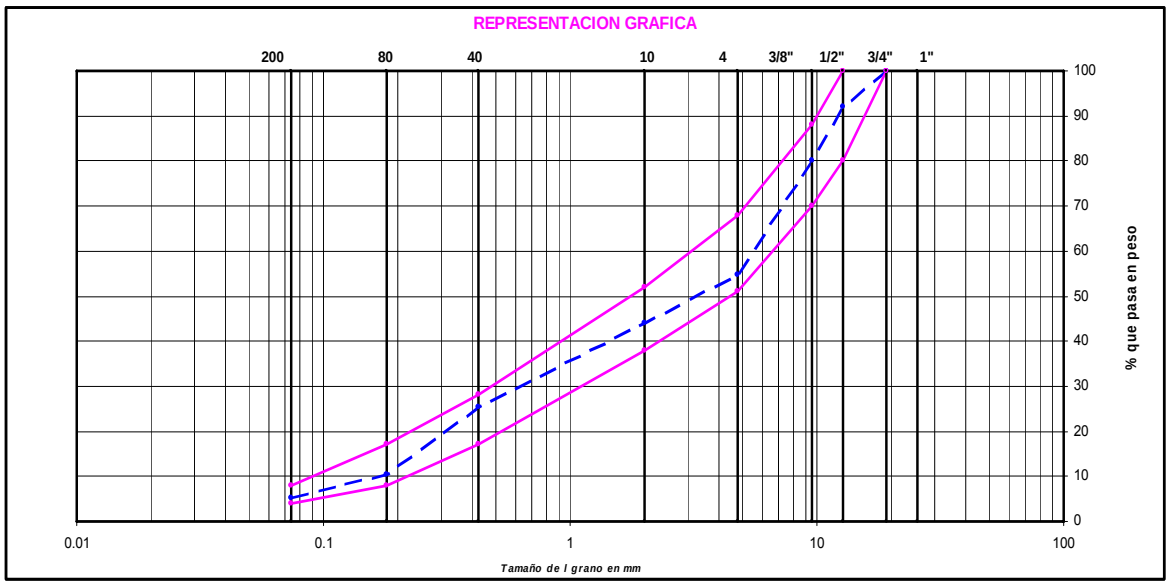
La planta de trituración marca Faço mod. L 170 consta de una trituradora primaria y una secundaria con 03 fajas y una zaranda con clasificación de tres tipo agregado, garantiza el suministro de un producto de características uniformes y limpias.

La cantera de donde se extrajeron los materiales para la producción del MAC-2, se denomino en un inicio Cantera Pueblo Nuevo, posteriormente se le denomino Cantera la

Bendita, u bicada e n la Car retera Pa ita – Sul lana, Km 36+000 con un acceso de 2 Km.

Características Mezcla Granulométrica Obtenida

Cantera Bendita							
TAMIZ	Porcentajes que pasan					ESPECIFICACION	
	Grava trit. 3/4"	Grava trit. 1/2"	Arena Trit. 3/16"	Filler Cal	Mezclas Física	MAC-2	
	10%	37%	52%	1%	% Pasa		
3/4"	100	100	100	100	**100**	100	
1/2"	20.3	100	100	100	**92.1**	80	100
3/8"	3.4	71.9	100	100	**80.0**	70	88
Nº4	0.1	4.9	99.7	100	**54.8**	51	68
Nº10	0.0	0.2	82.5	100	**43.3**	38	52
Nº40	0.0	0.0	46.6	100	**25.3**	17	28
Nº80	0.0	0.0	18.3	99.0	**10.5**	8	17
Nº200	0.0	0.0	8.3	91.4	**5.2**	4	8



MEZCLA ASFALTICA PARA CARPETA PEN 60 – 70 (MAC-2)		
DOSAJE	**%**	**FORMULA**
Piedra Chancada ¾"	10.0	Optimo C.A. 6.10%
Piedra Chancada ½"	37.0	Aditivo Mejorador de Adher. Quimibond 3000: 0.6%. en peso del C.A.
Arena Chancada 3/16"	52.0	
Filler Mineral (Cal Hidratada)	1.0	
TOTAL	100.0	
CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		**ESPECIFICACIÓN**
Estabilidad	891 kg	815 min
Flujo	3.00 mm	2.00 - 4.00
Vacíos	3.8 %	3.00 - 5.00
V.M.A.	15 %	14 min
Estababilidad Retenida	82.6%	75 min
Estabilidad / Flujo	2970 kg/cm	1700 / 4000
Índice de Compactibilidad	6.24	5 min
GRADUACION		
TAMIZ	**% PASA**	**ESPECIFICACION**
3/4" 1	00	100
1/2"	92.1	80 – 100
3/8"	80.0	70 – 88
N° 4	54.8	51 – 68
N° 10	43.3	38 – 52
N° 40	25.3	17 – 28
N° 80	10.5	8 – 17
N° 200	5.2	4 – 8

5.2 Pavimento de Concreto Asfáltico

Este servicio consiste en la colocación de una capa asfáltica bituminoso fabricada en caliente, construida sobre una superficie previamente preparada, según la especificación técnica.

La formula de diseño se encuentra indicada en el item 5.1.1, los controles realizados por nuestra área tanto en planta como en pista reflejan la buena calidad del producto el mismo que fue

ensayado mediante pruebas de densidades, utilizando para ello un equipo de diamantina.

En los cuadros siguientes reflejamos los resultados obtenidos de los ensayos de campo, tales como el porcentaje de compactación y la densidad individual, los mismos que cumplen con la especificación técnica que rige el proyecto :

$$Dm > 0.98\ De$$

$$Di > 0.97\ Dm$$

RESUMEN POR KILOMETRO PORCENTAJES DE COMPACTACION Y DENSIDADES INDIVIDUALES (OVALO CACERES - DV. SULLANA)

PROGRESIVA	%COMPACTACION > 98%	(DENS. INDIVIDUAL) Di > 0.79Dm (DENS. MEDIA)	
		Di	0.97% Dm
00+000 - 01+000	99.8	2.370	2.316
01+000 - 02+000	99.4	2.364	2.309
02+000 - 03+000	99.6	2.352	2.308
03+000 - 04+000	99.5	2.351	2.306
04+000 - 04+700	99.5	2.353	2.309

6.0 Evaluación Realizada en Marzo 2010.

1. Según los reportes realizados durante la ejecución de los trabajos de pavimentado del tramo 5, los sectores evaluados corresponden a las producciones ejecutadas entre el 5 de Junio y 16 de Junio del 2006.
2. Se ha extraído diamantinas en los sectores que han presentado fallas en la actualidad, aproximadamente 4 años después de haber sido colocada la carpeta asfáltica en el Tramo 5 : Piura – Paita, en el sector comprendido en el Ovalo Cáceres y Desvió a Sullana, dentro de la zona urbana de la ciudad de Piura.
3. Los ensayos a los especímenes asfalticos se realizaron a la capa de reforzamiento, la cual fue ejecutada como parte de los trabajos de concesión.
4. Los ensayos solicitados son: Peso Unitario, Lavado Asfaltico y Espesor de capa de refuerzo y se detallan los resultados a continuación.

ENSAYOS REALIZADOS EL 2010

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES NACIONAL - CONSECIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

DENSIDAD INSITU
CARPETA ASFALTICA

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

Obra : **EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE**

Tramo 5 : **Piura - Paita Km. 0+000 - Km 4+700 - Ovalo Caceres - Dv. Sullana**

Material : ASFALTO EN CALIENTE

Km. 0+000 al 4+700

Técnico : M.M / J. V.

Fecha : **12-mar-10**

N° Ensayo	Progresiva de Extracción	Fecha de Extracción	Carril	Lado	Espesor	Peso de la Briqueta al Aire	Peso de la Briqueta con Superficie Saturada	Peso de la Briqueta al Agua	Volumen de la Briqueta	Peso Unitario	Densidad de Marshall	Densidad Rice	Vacios	% Compactación
01	0+700	12-mar-10	Der		6.57	1212.5	1213.3	715.5	497.8	2.436	2.388	2.475	1.6	102.0
02	1+000	12-mar-10	Izq		7.42	1352.8	1353.5	797.0	556.5	2.431	2.385	2.479	1.9	101.9
03	1+500	12-mar-10	Izq		6.00	1075.6	1077.9	634.6	443.3	2.426	2.391	2.479	2.1	101.5
04	2+000	12-mar-10	Der		6.51	1230.3	1231.2	727.0	504.2	2.440	2.386	2.471	1.3	102.3
05	2+500	12-mar-10	Der		6.62	1267.1	1267.9	747.9	520.0	2.437	2.388	2.475	1.5	102.0
06	2+800	12-mar-10	Der		8.12	1508.7	1509.4	889.8	619.6	2.435	2.394	2.475	1.6	101.7
07	3+000	12-mar-10	Izq		7.65	1430.7	1432.6	844.9	587.7	2.434	2.389	2.475	1.6	101.9
08	3+500	12-mar-10	Izq		7.91	1512.3	1513.7	879.7	634.0	2.385	2.390	2.488	4.1	99.8
09	4+000	12-mar-10	Der		7.50	1433.2	1434.4	847.6	586.8	2.442	2.388	2.475	1.3	102.3
10	4+600	12-mar-10	Der		7.60	1460.9	1461.5	860.2	601.3	2.430	2.399	2.488	2.3	101.3
11	4+600	12-mar-10	Izq		7.89	1498.0	1500.0	878.7	621.3	2.411	2.399	2.488	3.1	100.5

Dm	>	**0.98 De**
2.428	>	2.343
Di	>	**0.97 Dm**
2.385	>	2.355

Observaciones : Colocación de Carpeta : Entre el 05/06/2006 y 16/06/200

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA : Eje Multimodal Amazonas Norte

TRAMO :Piura - Paita

MATERIAL : **Mezcla Asfáltica en Caliente**

MUESTRAS EXTRAIDAS PARA ENSAYOS 2010

TÉCNICO : S.CH.G.

ING° RESP. : **R.B.B.**

AL MES : **Marzo 2010**

RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS MARSHALL - MAC-2-01

Fecha	Tramo Asfaltado		Carril	Muestra	C.A. (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								Peso Esp. Bulk (gr/cc)	M.D.T. ASTM 2041 (gr/cc)	Vacíos (%)	V.M.A. (%)	V.F.A. (%)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	E/F (kg/cm)
	Inicio	Final				3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200								
12/03/2010	0+700		Derecho		6.37	100	93.5	81.9	58.2	43.3	24.7	11.6	4.1								
12/03/2010	1+000		Izquierdo		6.55	100	95.2	82.1	58.6	44.8	26.3	14.5	4.7								
12/03/2010	1+500		Izquierdo		6.06	100	96.3	83.2	58.4	45.5	27.3	15.4	4.2								
12/03/2010	2+000		Derecho		6.01	100	95.1	80.9	55.5	44.2	27.2	15.4	4.2								
12/03/2010	2+500		Derecho		6.80	100	94.3	82.4	58.3	44.7	26.6	13.6	4.4								
12/03/2010	2+800		Derecho		6.33	100	93.4	80.1	57.6	45.4	27.3	15.0	4.0								
12/03/2010	3+000		Derecho		5.77	100	90.7	75.8	50.7	37.9	22.6	9.7	3.5								
12/03/2010	3+500		Izquierdo		5.89	100	95.6	80.9	55.6	42.0	24.5	10.7	3.7								
12/03/2010	4+000		Derecho		6.00	100	96.5	79.0	54.1	43.1	23.1	11.5	4.0								
12/03/2010	4+600		Derecho		6.18	100	93.6	80.4	55.0	43.6	25.1	11.2	3.6								
12/03/2010	4+600		Izquierdo		6.23	100	93.9	83.1	56.8	45.5	25.6	11.3	3.6								

RESUMEN ESTADÍSTICO		C.A. (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								Peso Esp. Bulk (gr/cc)	M.D.T. ASTM 2041 (gr/cc)	Vacíos (%)	V.M.A. (%)	V.F.A. (%)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	E/F (kg/cm)
			3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200								
NÚMERO DE ENSAYOS (n)		11	11	11	11	11	11	11	11	11								
SUMA DE VALORES (Σ)		68	1100	1038	890	619	480	280	140	44								
PROMEDIO		**6.20**	**100**	**94.4**	**80.9**	**56.3**	**43.6**	**25.5**	**12.7**	**4.0**								
DESV.STANDAR (Σ/n)		0.30	0.00	1.64	2.14	2.42	2.21	1.65	2.07	0.38								
VARIANZA		0.09	0.0	2.67	4.60	5.85	4.89	2.72	4.28	0.15								
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		4.84	0.0	1.73	2.65	4.30	5.07	6.47	16.28	9.58								
VALORES LÍMITES ESPECIFICADOS	MIN. ESP.	5.80	100	80	70	51	38	17	8	4								
	MAX. ESP.	6.40	100	100	88	68	52	28	17	8								
VALORES LÍMITES ESTADÍSTICOS	MIN. ESTAD.	5.77	100	90.7	75.8	50.7	37.9	22.6	9.7	3.5								
	MAX. ESTAD.	6.80	100	96.5	83.2	58.6	45.5	27.3	15.4	4.7								

ENSAYOS REALIZADOS EL 2006

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA : Eje Multimodal Amazonas Norte

TRAMO :Piura - Paita

MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente

CONTROLES REALIZADOS EN EL 2006

TÉCNICO : S.CH.G.

INGº RESP. : R.B.B.

AL MES : Junio 2006

RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS MARSHALL - MAC-2-01

Fecha	Tramo Asfaltado		Carril	Muestra	C.A. (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								Peso Esp. Bulk (gr/cc)	M.D.T. ASTM 2041 (gr/cc)	Vacíos (%)	V.M.A. (%)	V.F.A. (%)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	E/F (kg/cm)
	Inicio	Final				3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200								
05/06/2006	4+600	4+530	Der / Izq		6.22	100	92.1	76.4	55.0	41.9	21.7	10.1	3.9	2.399	2.488	3.5	15.0	76.4	1011	3.56	2849
07/06/2006	4+120	3+330	DER		5.84	100	88.9	74.3	52.5	39.8	24.0	9.6	3.9	2.373	2.463	3.7	15.6	76.5	1020	3.39	3023
07/06/2006	4+120	3+330	DER		6.04	100	95.3	79.1	59.0	45.8	23.9	12.1	4.0	2.388	2.475	3.5	15.2	76.7	976	3.56	2743
08/06/2006	3+470	3+535	Izquierdo		6.20	100	94.1	83.7	57.5	44.5	24.7	11.3	3.8	2.400	2.488	3.5	14.9	76.4	1001	3.05	3302
08/06/2006	3+470	3+535	Izquierdo		6.23	100	96.1	84.5	60.7	46.8	23.7	9.3	3.8	2.390	2.488	3.9	15.3	74.4	1082	3.39	3197
09/06/2006	2+810	2+760	Derecho		6.05	100	91.1	78.4	52.4	40.1	23.9	9.4	3.9	2.388	2.475	3.5	15.2	76.9	935	3.13	2995
09/06/2006	2+810	2+760	Derecho		6.16	100	94.1	80.2	56.4	44.6	24.4	12.6	4.0	2.394	2.475	3.3	15.1	78.4	1047	3.22	3253
10/06/2006	3+000	3+040	Izquierdo		6.28	100	93.4	82.0	57.3	45.0	27.0	12.4	3.8	2.389	2.475	3.5	15.4	77.4	838	3.05	2748
12/06/2006	2+000	2+040	Derecho		6.22	100	91.7	76.2	53.3	42.3	25.7	9.7	4.0	2.386	2.471	3.5	15.5	77.8	1008	3.22	3141
12/06/2006	2+000	2+040	Derecho		6.16	100	94.5	83.1	57.1	44.4	27.2	27.2	4.1	2.391	2.471	3.2	15.2	78.7	1052	3.56	2978
14/06/2006	1+500	1+580	Izquierdo		6.14	100	93.0	80.8	53.8	41.1	25.9	10.2	4.3	2.391	2.479	3.6	15.2	76.6	1133	3.39	3353
14/06/2006	1+500	1+580	Izquierdo		6.05	100	91.8	80.6	54.7	41.7	26.0	8.9	3.8	2.385	2.479	3.8	15.3	75.2	1119	3.47	3226
16/06/2006	0+690	+720	Derecho		6.00	100	91.3	76.3	53.7	42.1	24.5	10.0	3.7	2.388	2.475	3.5	15.2	76.8	1080	3.37	3216
16/06/2006	0+690	+720	Derecho		5.90	100	91.9	79.9	53.4	42.1	24.0	9.6	3.4	2.386	2.475	3.6	15.2	76.2	1080	3.13	3453

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA	: Eje Multimodal Amazonas Norte	**TÉCNICO**	: S.CH.G.
TRAMO	:Piura - Paita	**ING° RESP.**	: **R.B.B.**
MATERIAL	: **Mezcla Asfáltica en Caliente**	**AL MES**	: **Junio 2006**

CONTROLES REALIZADOS EN EL 2006

RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS MARSHALL - MAC-2-01

Fecha	Tramo Asfaltado		Carril	Muestra	C.A. (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								Peso Esp. Bulk (gr/cc)	M.D.T. ASTM 2041 (gr/cc)	Vacíos (%)	V.M.A. (%)	V.F.A. (%)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	E/F (kg/cm)
	Inicio	Final				3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200								

RESUMEN ESTADÍSTICO		C.A. (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								Peso Esp. Bulk (gr/cc)	M.D.T. ASTM 2041 (gr/cc)	Vacíos (%)	V.M.A. (%)	V.F.A. (%)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	E/F (kg/cm)
			3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200								
NÚMERO DE ENSAYOS (n)		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
SUMA DE VALORES (Σ)		86	1400	1299	1115	777	602	347	162	54	33.4	34.7	49.7	213.4	1074.4	14379	46.5	43476
PROMEDIO		**6.11**	**100**	**92.8**	**79.7**	**55.5**	**43.0**	**24.8**	**11.6**	**3.9**	**2.389**	**2.477**	**3.5**	**15.2**	**76.7**	**1027.1**	**3.3**	**3105**
DESV.STANDAR (Σ/n)		0.13	0.00	1.92	3.08	2.55	2.16	1.47	4.65	0.21	0.007	0.007	0.18	0.18	1.13	77.3	0.18	221.61
VARIANZA		0.02	0.0	3.69	9.50	6.52	4.67	2.15	21.63	0.04	0.000044	0.00005	0.03	0.03	1.3	5980.9	0.03	49112
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		2.13	0.0	2.07	3.87	4.60	5.02	5.92	40.11	5.34	0.28	0.28	5.06	1.16	1.47	7.53	5.57	7.14
VALORES LÍMITES ESPECIFICADOS	**MIN. ESP.**	5.80	100	80	70	51	38	17	8	4	-	-	3	14	-	815	2	1700
	MAX. ESP.	6.40	100	100	88	68	52	28	17	8	-	-	5	-	-	-	4	4000
VALORES LÍMITES ESTADÍSTICOS	**MIN. ESTAD.**	5.84	100	88.9	74.3	52.4	39.8	21.7	8.9	3.4	2.373	2.463	3.2	14.9	74.4	838	3.0	2743
	MAX. ESTAD.	6.28	100	96.1	84.5	60.7	46.8	27.2	27.2	4.3	2.400	2.488	3.9	15.6	78.7	1133	3.6	3453

MINISTERIO DE TRANSPORTES y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

OBRA : EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE

TRAMO : Piura - Paita

CERTIFICADO : DC-09

HECHO POR : M.C.G.

FECHA : 31-jul-06

DENSIDAD IN SITU
CARPETA ASFALTICA

	NUMERO DE ENSAYO	PROGRESIVA		LADO	ALTURA DE BRIQUETA	PESO DE BRIQUETA AL AIRE	PESO DE BRIQUETA AL AIRE SSS	PESO DE BRIQUETA AL AGUA	VOLUMEN DE BRIQUETA POR DEZPLAZAM.	DENSIDAD DE DE CAMPO	DENSIDAD MARSHALL NSIDAD LABORATORIO	COMPACTACION DE CAMPO	VACIOS DE CAMPO SEGÚN ASTM D-2041	RICE
		km.	CARRIL		cm.	gr.	gr.	gr.	CORREGIDO	gr/c.c.	gr/c.c.	%	%	
	323	04+700	IZQ		6.80	1406.0	1406.9	820.1	586.8	2.396	2.399	99.9	3.7	2.488
	324	04+600	DER		7.60	714.6	715.0	414.2	300.8	2.376	2.399	99.0	4.5	2.488
	325	04+500	IZQ		7.30	1514.4	1515.0	880.0	635.0	2.385	2.399	99.4	4.1	2.488
	326	04+400	DER		6.70	1384.4	1384.8	801.0	583.8	2.371	2.374	99.9	4.2	2.475
	327	04+300	IZQ		6.90	1431.1	1431.4	832.4	599.0	2.389	2.399	99.6	4.0	2.488
	328	04+200	DER		6.80	1321.2	1322.7	771.2	551.5	2.396	2.397	99.9	3.4	2.480
	329	04+100	IZQ		7.40	1516.7	1517.1	879.5	637.6	2.379	2.400	99.1	4.4	2.488
	330	04+000	DER		6.00	1192.7	1192.9	686.1	506.8	2.353	2.373	99.2	4.9	2.475
	331	03+900	IZQ		6.20	1229.2	1229.6	716.2	513.4	2.394	2.400	99.8	3.8	2.488
	332	03+800	DER		6.50	1339.4	1339.8	773.4	566.4	2.365	2.373	99.7	4.5	2.475
	333	03+700	IZQ		6.30	1261.6	1262.0	735.9	526.1	2.398	2.400	99.9	3.6	2.488
	334	03+600	DER		5.70	1178.0	1178.4	681.7	496.7	2.372	2.373	99.9	4.2	2.475
	335	03+500	IZQ		5.50	1142.0	1142.4	664.3	478.1	2.389	2.400	99.5	4.0	2.488
	336	03+400	DER		6.80	1425.2	1425.7	819.4	606.3	2.351	2.373	99.1	5.0	2.475
	337	03+300	IZQ		5.60	1135.1	1135.6	656.3	479.3	2.368	2.400	98.7	4.9	2.490
	338	03+200	DER		7.20	1216.7	1217.1	706.4	510.7	2.382	2.388	99.8	3.7	2.475
	339	03+100	IZQ		7.30	1501.8	1502.5	869.1	633.4	2.371	2.389	99.2	4.2	2.475
	340	03+000	DER		7.20	1453.8	1454.4	845.6	608.8	2.388	2.396	99.7	3.9	2.484
	341	02+900	IZQ		6.80	1382.7	1383.3	802.9	580.4	2.382	2.389	99.7	3.7	2.475
	342	02+800	DER		6.30	1186.4	1186.9	682.4	504.5	2.352	2.388	98.5	5.0	2.475
	343	02+700	IZQ		7.00	1414.7	1415.3	820.9	594.4	2.380	2.393	99.5	3.5	2.467
	344	02+600	DER		6.70	1381.8	1382.2	802.4	579.8	2.383	2.388	99.8	3.7	2.475
	345	02+500	IZQ		7.60	1571.3	1572.0	914.8	657.2	2.391	2.393	99.9	3.1	2.467
	346	02+400	DER		7.40	1521.6	1522.2	882.1	640.1	2.377	2.386	99.6	4.0	2.475
	347	02+300	IZQ		7.40	1543.8	1544.5	894.5	650.0	2.375	2.393	99.3	3.7	2.467
PROMEDIO					**6.8**							**99.5**	**4.1**	

MINISTERIO DE TRANSPORTES y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

OBRA : EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE

TRAMO : Piura - Paita

CERTIFICADO : DC-010

HECHO POR : M.C.G.

FECHA : 31-jul-06

DENSIDAD IN SITU
CARPETA ASFALTICA

	NUMERO DE ENSAYO	PROGRESIVA		LADO	ALTURA DE BRIQUETA	PESO DE BRIQUETA AL AIRE	PESO DE BRIQUETA AL AIRE SSS	PESO DE BRIQUETA AL AGUA	VOLUMEN DE BRIQUETA POR DEZPLAZAM.	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD MARSHALL LABORATORIO	COMPACTACION DE CAMPO	VACIOS DE CAMPO SEGÚN RICE ASTM D-2041	
		km.	CARRIL		cm.	gr.	gr.	gr.	CORREGIDO	gr/c.c.	gr/c.c.	%	%	
	348	02+200	DER		7.00	1430.4	1431.1	831.2	599.9	2.384	2.386	99.9	3.5	2.471
	349	02+100	IZQ		7.50	1580.8	1581.4	919.8	661.6	2.389	2.391	99.9	3.6	2.479
	350	02+000	DER		6.60	1381.5	1381.8	801.4	580.4	2.380	2.386	99.8	3.7	2.471
	351	01+900	IZQ		8.00	1661.8	1662.4	959.3	703.1	2.364	2.391	98.9	4.7	2.479
	352	01+800	DER		7.10	1498.2	1498.7	871.3	627.4	2.388	2.391	99.9	3.5	2.475
	353	01+700	IZQ		6.90	1378.6	1379.2	802.1	577.1	2.389	2.391	99.9	3.6	2.479
	354	01+600	DER		7.10	1479.0	1479.5	861.4	618.1	2.393	2.396	99.9	3.5	2.479
	355	01+500	IZQ		6.70	1314.4	1316.2	764.1	552.1	2.381	2.391	99.6	4.0	2.479
	356	01+400	DER		10.70	2296.0	2298.0	1331.1	966.9	2.375	2.396	99.1	4.1	2.475
	357	01+300	IZQ		6.50	1316.9	1318.1	761.0	557.1	2.364	2.391	98.9	4.6	2.479
	358	01+200	DER		7.40	1459.6	1460.9	849.9	611.0	2.389	2.406	99.3	3.6	2.479
	359	01+100	IZQ		7.40	1528.8	1529.1	889.3	639.8	2.389	2.391	99.9	3.6	2.479
	360	01+000	DER		7.10	1459.0	1460.8	846.1	614.7	2.374	2.406	98.6	4.3	2.479
	361	00+900	IZQ		7.60	1584.8	1585.0	919.8	665.2	2.382	2.391	99.6	3.9	2.479
	362	00+800	DER		7.50	1576.2	1576.5	920.7	655.8	2.403	2.406	99.9	3.0	2.479
	363	00+700	IZQ		7.20	1510.0	1510.6	879.5	631.1	2.393	2.397	99.8	3.6	2.483
	364	00+600	DER		7.40	1352.2	1352.9	787.5	565.4	2.392	2.406	99.4	3.5	2.479
	365	00+500	IZQ		7.00	1434.5	1434.9	833.5	601.4	2.385	2.397	99.5	3.9	2.483
	366	00+400	DER		8.20	1442.1	1443.0	843.6	599.4	2.406	2.406	100.0	3.1	2.483
	367	00+300	IZQ		6.20	1282.7	1283.2	743.8	539.4	2.378	2.381	99.9	4.2	2.483
	368	00+200	DER		7.20	1499.5	1500.5	867.9	632.6	2.370	2.381	99.6	4.5	2.483
	369	00+100	IZQ		7.50	1536.4	1536.7	892.1	644.6	2.383	2.381	100.1	4.0	2.483
	370	00+000	DER		6.60	1355.9	1357.0	787.5	569.5	2.381	2.385	99.8	3.8	2.475
PROMEDIO					**7.3**							**99.6**	**3.8**	

Anexo II

Mediciones de Ahuellamiento – APSA
Febrero 2009

APSA
Gestión de Infraestructura

ESTIMACIÓN DEL AHUELLAMIENTO MEDIANTE TPL
EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - PAITA RUTA 01N

DEPARTAMENTO : Piura
RUTA : 01N
SECTOR EVALUADO : Km -4,760 al Km 0,000
PISTA EVALUADA : 1
SUPERFICIE : Asfalto
FECHA DE MEDICIÓN : Febrero 2009

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	HC (mm)	HP (mm)	Máximo (mm)	Observaciones
-4	750	-4	700	50	2.1	1.2	2.1	--
-4	700	-4	600	100	2.1	0.9	2.1	--
-4	600	-4	500	100	2.9	1.1	2.9	--
-4	500	-4	400	100	2.0	1.4	2.0	--
-4	400	-4	300	100	1.3	1.2	1.3	--
-4	300	-4	200	100	1.2	0.9	1.2	--
-4	200	-4	100	100	1.4	0.9	1.4	--
-4	100	-4	000	100	1.3	0.7	1.3	--
-4	000	-3	900	100	1.2	1.1	1.2	--
-3	900	-3	800	100	2.2	1.1	2.2	--
-3	800	-3	700	100	2.4	1.6	2.4	--
-3	700	-3	600	100	2.3	1.3	2.3	--
-3	600	-3	500	100	2.1	1.4	2.1	--
-3	500	-3	400	100	1.9	1.5	1.9	--
-3	400	-3	300	100	2.2	1.2	2.2	--
-3	300	-3	200	100	2.2	1.6	2.2	--
-3	200	-3	100	100	1.8	1.3	1.8	--
-3	100	-3	000	100	2.4	1.2	2.4	--
-3	000	-2	900	100	2.8	0.6	2.8	--
-2	900	-2	800	100	2.4	0.9	2.4	--
-2	800	-2	700	100	2.0	1.1	2.0	--
-2	700	-2	600	100	1.9	0.8	1.9	--
-2	600	-2	500	100	1.9	0.7	1.9	--
-2	500	-2	400	100	2.6	1.1	2.6	--
-2	400	-2	300	100	2.0	0.8	2.0	--
-2	300	-2	200	100	2.2	0.9	2.2	--
-2	200	-2	100	100	2.5	0.6	2.5	--
-2	100	-2	000	100	2.6	0.7	2.6	--
-2	000	-1	900	100	2.1	0.7	2.1	--
-1	900	-1	800	100	2.3	0.5	2.3	--
-1	800	-1	700	100	2.2	0.6	2.2	--
-1	700	-1	600	100	2.1	0.8	2.1	--
-1	600	-1	500	100	2.7	1.0	2.7	--
-1	500	-1	400	100	2.6	1.0	2.6	--
-1	400	-1	300	100	2.4	0.4	2.4	--
-1	300	-1	200	100	2.4	0.7	2.4	--
-1	200	-1	100	100	2.7	1.1	2.7	--
-1	100	-1	000	100	2.3	0.4	2.3	--
-1	000	0	900	100	1.6	0.4	1.6	--
0	900	0	800	100	1.8	0.6	1.8	--
0	800	0	700	100	2.0	0.6	2.0	--
0	700	0	600	100	2.5	0.8	2.5	--
0	600	0	500	100	1.5	0.5	1.5	--
0	500	0	400	100	2.2	1.6	2.2	--
0	400	0	300	100	2.4	0.7	2.4	--
0	300	0	200	100	1.9	0.9	1.9	--
0	200	0	100	100	1.5	1.1	1.5	--
0	100	0	000	100	1.4	1.3	1.4	--

APSA
Gestión de Infraestructura

ESTIMACIÓN DEL AHUELLAMIENTO MEDIANTE TPL
EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - PAITA RUTA 01N

DEPARTAMENTO : Piura
RUTA : 01N
SECTOR EVALUADO : Km 0,000 al Km -4,760
PISTA EVALUADA : 2
SUPERFICIE : Asfalto
FECHA DE MEDICIÓN : Febrero 2008

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	HC (mm)	HP (mm)	Máximo (mm)	Observaciones
0	000	0	100	100	1.9	1.3	1.9	--
0	100	0	200	100	3.5	2.2	3.5	--
0	200	0	300	100	2.3	1.3	2.3	--
0	300	0	400	100	2.0	0.8	2.0	--
0	400	0	500	100	2.0	0.4	2.0	--
0	500	0	600	100	1.7	0.6	1.7	--
0	600	0	700	100	3.4	0.6	3.4	--
0	700	0	800	100	3.5	0.9	3.5	--
0	800	0	900	100	3.7	0.3	3.7	--
0	900	-1	000	100	3.0	1.0	3.0	--
-1	000	-1	100	100	3.7	1.0	3.7	--
-1	100	-1	200	100	3.2	0.5	3.2	--
-1	200	-1	300	100	2.9	0.3	2.9	--
-1	300	-1	400	100	3.7	0.6	3.7	--
-1	400	-1	500	100	3.1	0.7	3.1	--
-1	500	-1	600	100	2.4	0.6	2.4	--
-1	600	-1	700	100	2.3	1.2	2.3	--
-1	700	-1	800	100	2.5	0.8	2.5	--
-1	800	-1	900	100	1.5	1.8	1.8	--
-1	900	-2	000	100	2.5	4.0	4.0	--
-2	000	-2	100	100	1.2	1.1	1.2	--
-2	100	-2	200	100	2.0	1.8	2.0	--
-2	200	-2	300	100	2.5	0.2	2.5	--
-2	300	-2	400	100	2.4	0.5	2.4	--
-2	400	-2	500	100	2.2	0.3	2.2	--
-2	500	-2	600	100	2.4	0.2	2.4	--
-2	600	-2	700	100	2.4	0.3	2.4	--
-2	700	-2	800	100	1.9	0.7	1.9	--
-2	800	-2	900	100	2.4	1.0	2.4	--
-2	900	-3	000	100	2.3	0.8	2.3	--
-3	000	-3	100	100	2.0	1.5	2.0	--
-3	100	-3	200	100	1.5	1.4	1.5	--
-3	200	-3	300	100	2.0	1.8	2.0	--
-3	300	-3	400	100	1.6	1.3	1.6	--
-3	400	-3	500	100	1.6	1.6	1.6	--
-3	500	-3	600	100	1.7	1.5	1.7	--
-3	600	-3	700	100	1.5	1.4	1.5	--
-3	700	-3	800	100	1.6	1.4	1.6	--
-3	800	-3	900	100	2.1	1.3	2.1	--
-3	900	-4	000	100	2.1	1.5	2.1	--
-4	000	-4	100	100	1.9	1.4	1.9	--
-4	100	-4	200	100	1.6	1.3	1.6	--
-4	200	-4	300	100	1.6	1.1	1.6	--
-4	300	-4	400	100	2.1	1.3	2.1	--
-4	400	-4	500	100	1.9	1.3	1.9	--
-4	500	-4	600	100	1.7	0.7	1.7	--
-4	600	-4	700	100	2.2	1.4	2.2	--
-4	700	-4	760	60	1.7	1.8	1.8	--

APSA
Gestión de Infraestructura

ESTIMACIÓN DEL AHUELLAMIENTO MEDIANTE TPL
EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - PAITA RUTA 01N

DEPARTAMENTO : **Piura**
RUTA : **01N**
SECTOR EVALUADO : **Km -4,760 al Km -4,400**
PISTA EVALUADA : **3**
SUPERFICIE : **Asfalto**
FECHA DE MEDICIÓN : **Febrero 2009**

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	HC (mm)	HP (mm)	Máximo (mm)	Observaciones
-4.000	760	-4.000	700	0.060	2.2	1.9	2.2	--
-4.000	700	-4.000	600	0.100	2.0	2.3	2.3	--
-4.000	600	-4.000	500	0.100	1.9	1.7	1.9	--
-4.000	500	-4.000	400	0.100	1.9	1.2	1.9	--
-4.000	400	-4.000	370	0.100	1.5	0.7	1.5	--

APSA
Gestión de Infraestructura

ESTIMACIÓN DEL AHUELLAMIENTO MEDIANTE TPL
EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - PAITA RUTA 01N

DEPARTAMENTO : **Piura**
RUTA : **01N**
SECTOR EVALUADO : **Km -4,400 al Km -4,760**
PISTA EVALUADA : **4**
SUPERFICIE : **Asfalto**
FECHA DE MEDICIÓN : **Febrero 2008**

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	HC (mm)	HP (mm)	Máximo (mm)	Observaciones
-4	390	-4	400	10	1	0.8	1.3	--
-4	400	-4	500	100	2	2.4	2.4	--
-4	500	-4	600	100	2	1.4	2.0	--
-4	600	-4	700	100	2	1.6	1.9	--
-4	700	-4	750	50	2	1.5	1.5	--

Anexo III

Panel Fotográfico



FOTO 1. Inicio del Tramo: km -4+731 – Ovalo Cáceres – Zona Urbana de Piura



FOTO 2. Ingreso al tramo Ovalo Cáceres-Desvío Sullana, sentido Piura-Paita



FOTO 3. Sector con dos vías de dos carriles cada una, con separador central



FOTO 4. Separador central L= 285 m, en la parte inicial del tramo, km -4+445 – km -4+731



FOTO 5. Av. Marcavelica, km 4+150 (Vista sentido Paita-Piura). Ubicación de Rompemuelles



FOTO 6. Ubicación de Rompemuelles en Av. Marcavelica, km -4+150



FOTO 7. Av. Marcavelica, km -4+150 (Vista sentido Piura-Paita). Ubicación de Rompemuelles.



FOTO 8. Av. Marcavelica, Vista transversal al tramo Ovalo Cáceres-Desvío Sullana



FOTO 9. Vista del pavimento, sentido Paita-Piura, desde Textil Piura (km -3+380)



FOTO 10. Vista del pavimento, sentido Piura-Paita) desde Textil Piura (km -3+380)



FOTO 11. Tramo de tráfico ligero a la altura de Textil Piura (km -3+380)



FOTO 12. Ingreso a Textil Piura, en el km -3+380



FOTO 13. Cruce Av. Chulucanas, km -3+080 (Vista sentido Piura-Paita)
Ubicación de semáforo y desvío de tránsito pesado hacia y de Av. Grau



FOTO 14. Desvío Tráfico Pesado por Av. Chulucanas. Del km -3+080 al km -4+731 solo tráfico ligero.



FOTO 15. Vista cruce Av. Chulucanas, km -3+080, sentido Piura-Paita



FOTO 16. Vista sentido Piura-Paita, km -3+080, cruce con la Av. Chulucanas



FOTO 17. Puerta de Acceso a la planta de distribución de PETROPERU (km -2+700)



FOTO 18. Sector de Ahuellamientos Severos, desde Av. Chulucanas (km -3+080) hasta Desvío Sullana (km 0+000), sector de tráfico pesado.



FOTO 19. Vista desde km -2+700 (Petroperú) hacia Ovalo Cáceres. Tráfico pesado y ahuellamientos.



FOTO 20. Vista desde km -2+700 (Petroperú) hacia Desvío Sullana. Tráfico pesado y ahuellamientos.

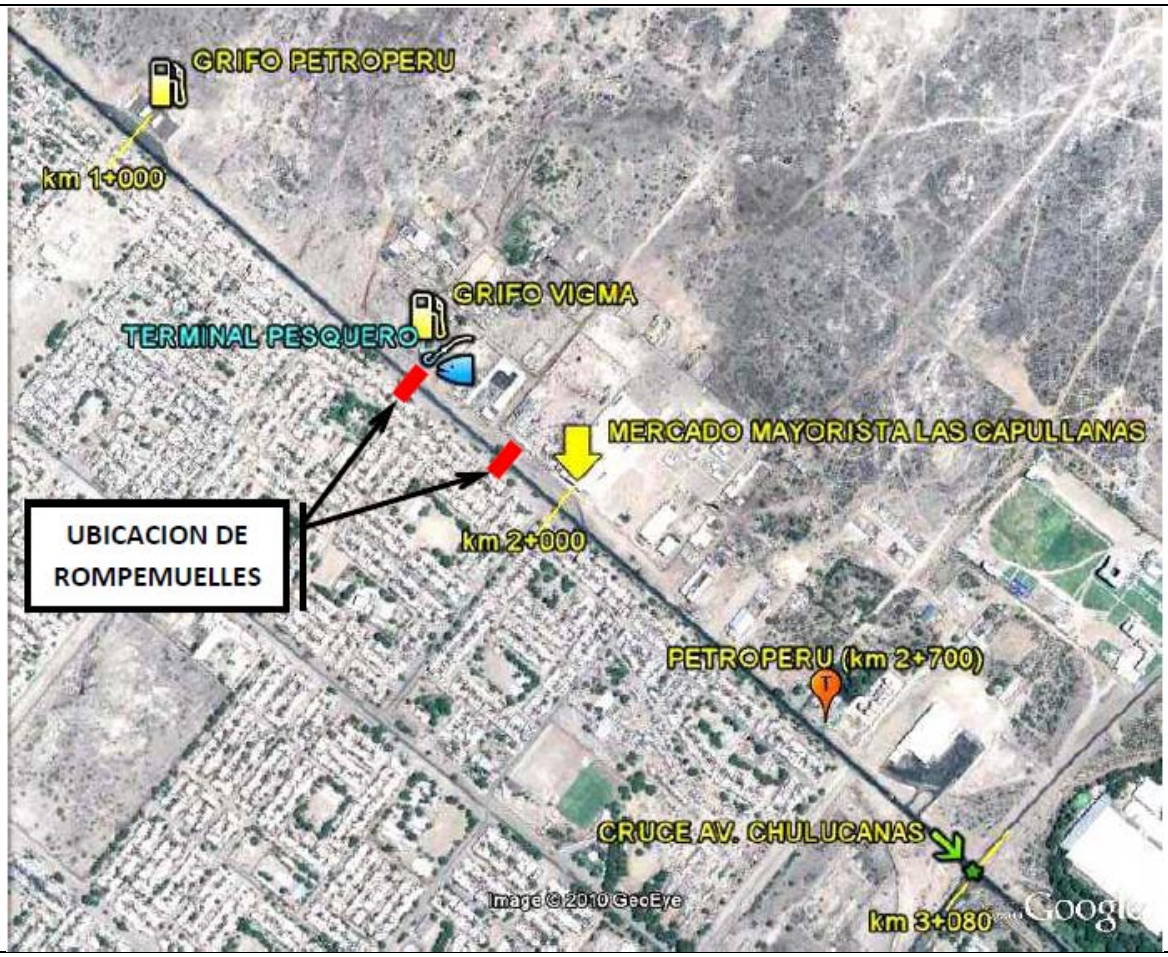


FOTO 21. Sector entre el km -1+000 y km -3+000 con tránsito pesado, y ubicación de Rompemuelles en el Terminal Pesquero y el Mercado Mayorista Las Capullanas





FOTO 22. Ubicación de Rompemuelles. Vista desde el frente del Mercado Mayorista (km -2+000) hacia Piura. Existencia de ahuellamientos severos en las zonas próximas a los Rompemuelles.



FOTO 23. Tráfico Pesado en zona de Rompemuelles, en el sector del Mercado Mayorista Las Capullanas, en el km -2+000 del tramo, en donde existen deformaciones severas en la capa asfáltica.



FOTO 24. Mercado Mayorista Las Capullanas (km -2+000) punto de referencia en el tramo.



FOTO 25. Medición de Ahuellamientos Severos en zona de Rompemuelles



FOTO 26. Vehículos pesados en zona de Rompemuelles a velocidad lenta



FOTO 27. Segundo Rompemuelles ubicado en el Terminal Pesquero (km -1+600). Tráfico pesado.



FOTO 28. Carpeta asfáltica con deformaciones permanentes severas en zona de Rompemuelles.



FOTO 29. Nuevo Grifo Petroperú, km -1+000, lado derecho en el sentido Piura-Paita.



FOTO 30. Carril derecho del pavimento recapado por ahuellamiento, km 0+100 al km -1+700.



FOTO 31. Pavimento reparado en un carril y con ahuellamiento severo en el otro. Km -1+000.



FOTO 32. Pavimento reparado en el km -1+000, lado derecho en el sentido Paita-Piura.v



FOTO 33. Camión semi-tráiler llantas Super Single en el tramo. Grifo Petroperú km -1+000.



FOTO 34. Vista trasera del camión semi-articulado con llantas tipo Super Single.



FOTO 35. Portal de la salida de Piura de la Concesión de la Carretera IIRSA Norte



FOTO 36. Inicio del tramo en el km 0+000, desvío a Sullana. Vista en el sentido Piura-Paita.

Anexo IV

Registro de ahuellamientos – Formato Método PCI
Setiembre 2010

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
0+000	15	5	4	18	18	3	3	18	18			
0+020	15	3	5	18	18	4	3	18	18			
0+040	15	5	3	18	18	2	3	18	18			
0+060	15	4	3	18	18	2	3	18	18			
0+080	15	3	7	18	22	2	2	18	18			
0+100	15	4	5	18	18	4	3	18	18			
0+120	15	7	5	22	18	9	4	22	18			
0+140	15	3	3	18	18	8	3	22	18			
0+160	15	5	5	18	18	4	3	18	18			
0+180	15	6	5	22	18	5	3	18	18			
0+200	15	5	7	18	22	6	4	22	18			
0+220	15	3	4	18	18	3	4	18	18			
0+240	15	4	5	18	18	6	4	22	18			
0+260	15	4	6	18	22	4	5	18	18			
0+280	15	10	6	22	22	8	7	22	22			
0+300	15	12	7	22	22	8	4	22	18			
0+320	15	8	8	22	22	7	7	22	22			
0+340	15	5	6	18	22	8	15	22	26			
0+360	15	7	7	22	22	5	12	18	22			

OBSERVACIONES:

* 0+000 INICIO DEL TRAMO, UNA CALZADA DE 6M DE ANCHO Y UN SOLO SENTIDO (DESVIO SULLANA)

** 0+280 INICIA UNA CALZADA CON DOS CARRILES (3.5+3.5)

*** 0+360 INICIA RECAPADO CARRIL DERECHO

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
0+380	15	13	7	26	22	2	2	18	18			
0+400	15	8	3	22	18	2	3	18	18			
0+420	15	17	6	26	22	1	2	18	18			
0+440	15	18	7	26	22	2	2	18	18			
0+460	15	11	3	22	18	3	2	18	18			
0+480	15	13	5	26	18	2	2	18	18			
0+500	15	6	2	22	18	3	2	18	18			
0+520	15	5	3	18	18	2	2	18	18			
0+540	15	4	4	18	18	1	2	18	18			
0+560	15	5	5	18	18	2	2	18	18			
0+580	15	7	5	22	18	1	1	18	18			
0+600	15	10	10	22	22	3	2	18	18			
0+620	15	5	4	18	18	2	2	18	18			
0+640	15	4	3	18	18	2	1	18	18			
0+660	15	5	3	18	18	3	3	18	18			
0+680	15	5	4	18	18	3	2	18	18			
0+700	15	5	4	18	18	2	3	18	18			
0+720	15	8	5	22	18	2	2	18	18			
0+740	15	6	3	22	18	2	1	18	18			

OBSERVACIONES:

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
0+760	15	5	4	18	18	1	2	18	18			
0+780	15	7	4	22	18	2	1	18	18			
0+800	15	4	5	18	18	2	3	18	18			
0+820	15	6	7	22	22	2	1	18	18			
0+840	15	8	5	22	18	2	2	18	18			
0+860	15	4	3	18	18	2	1	18	18			
0+880	15	14	4	26	18	1	2	18	18			
0+900	15	14	6	26	22	1	2	18	18			
0+920	15	8	5	22	18	1	2	18	18			
0+940	15	8	7	22	22	2	1	18	18			
0+960	15	9	5	22	18	2	1	18	18			
0+980	15	10	8	22	22	2	2	18	18			
1+000	15	11	7	22	22	2	1	18	18			
1+020	15	11	8	22	22	1	3	18	18			
1+040	15	15	9	26	22	2	3	18	18			
1+060	15	14	11	26	22	1	2	18	18			
1+080	15	17	14	26	26	2	1	18	18			
1+100	15	15	11	26	22	1	2	18	18			
1+120	15	17	15	26	26	2	2	18	18			

OBSERVACIONES:

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
1+140	15	14	12	26	22	3	2	18	18			
1+160	15	16	12	26	22	1	2	18	18			
1+180	15	14	10	26	22	1	1	18	18			
1+200	15	12	8	22	22	1	2	18	18			
1+220	15	15	12	26	22	1	2	18	18			
1+240	15	14	12	26	22	2	1	18	18			
1+260	15	18	12	26	22	2	1	18	18			
1+280	15	18	11	26	22	2	2	18	18			
1+300	15	16	12	26	22	1	1	18	18			
1+320	15	12	14	22	26	1	2	18	18			
1+340	15	20	12	26	22	2	2	18	18			
1+360	15	8	6	22	22	2	2	18	18			
1+380	15	12	12	22	22	1	2	18	18			
1+400	15	10	6	22	22	2	1	18	18			
1+420	15	15	14	26	26	2	2	18	18			
1+440	15	13	8	26	22	2	1	18	18			
1+460	15	10	7	22	22	2	1	18	18			
1+480	15	14	13	26	26	2	2	18	18			
1+500	15	13	9	26	22	2	1	18	18			

OBSERVACIONES:

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
1+520	15	18	10	26	22	2	1	18	18			
1+540	15	13	7	26	22	1	1	18	18			
1+560	15	5	5	18	18	2	1	18	18			
1+580	15	4	3	18	18	1	2	18	18			
1+600	15	15	8	26	22	2	2	18	18			
1+620	15	12	9	22	22	2	1	18	18			
1+640	15	18	5	26	18	2	2	18	18			
1+660	15	15	10	26	22	1	2	18	18			
1+680	15	17	13	26	26	2	1	18	18			
1+700	15	13	12	26	22	1	2	18	18			
1+720	15	14	13	26	26	2	2	18	18			
1+740	15	14	12	26	22	1	2	18	18			
1+760	15	18	15	26	26	1	1	18	18			
1+780	15	21	10	26	22	1	2	18	18			
1+800	15	26	21	28	26	2	1	18	18			
1+820	15	30	25	28	26	2	1	18	18			
1+840	15	20	23	26	26	2	2	18	18			
1+860	15	30	19	28	26	1	2	18	18			
1+880	15	16	15	26	26	2	1	18	18			

OBSERVACIONES:

* 1+820 PRIMER ROMPEMUELLE

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
1+900	15	16	11	26	22	1	2	18	18			
1+920	15	17	10	26	22	5	2	18	18			
1+940	15	18	15	26	26	2	1	18	18			
1+960	15	13	13	26	26	2	2	18	18			
1+980	15	16	18	26	26	3	2	18	18			
2+000	15	27	20	28	26	2	1	18	18			
2+020	15	11	10	22	22	12	15	22	26			
2+040	15	20	19	26	26	16	13	26	26			
2+060	15	18	10	26	22	17	13	26	26			
2+080	15	21	20	26	26	16	16	26	26			
2+100	15	27	21	28	26	18	24	26	26			
2+120	15	32	24	28	26	14	18	26	26			
2+140	15	28	26	28	28	30	28	28	28			
2+160	15	20	25	26	26	25	25	26	26			
2+180	15	16	17	26	26	25	24	26	26			
2+200	15	16	12	26	22	19	24	26	26			
2+220	15	19	14	26	26	16	12	26	22			
2+240	15	12	9	22	22	14	17	26	26			
2+260	15	18	13	26	26	18	19	26	26			

OBSERVACIONES:

* 2+000 TERMINA RECAPADO CARRIL DERECHO

** 2+120 SEGUNDO ROMPEMUELLE

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
2+280	15	14	18	26	26	18	19	26	26			
2+300	15	14	12	26	22	16	16	26	26			
2+320	15	13	14	26	26	15	16	26	26			
2+340	15	16	12	26	22	12	14	22	26			
2+360	15	15	6	26	22	12	18	22	26			
2+380	15	16	12	26	22	12	11	22	22			
2+400	15	10	7	22	22	16	16	26	26			
2+420	15	15	8	26	22	18	21	26	26			
2+440	15	14	7	26	22	16	12	26	22			
2+460	15	16	10	26	22	15	16	26	26			
2+480	15	12	6	22	22	16	18	26	26			
2+500	15	12	12	22	22	18	19	26	26			
2+520	15	16	9	26	22	14	15	26	26			
2+540	15	8	6	22	22	15	17	26	26			
2+560	15	16	8	26	22	14	14	26	26			
2+580	15	9	6	22	22	12	12	22	22			
2+600	15	14	6	26	22	15	12	26	22			
2+620	15	12	7	22	22	14	14	26	26			
2+640	15	14	8	26	22	14	19	26	26			

OBSERVACIONES:

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
2+660	15	11	8	22	22	14	15	26	26			
2+680	15	15	12	26	22	14	19	26	26			
2+700	15	15	4	26	18	13	12	26	22			
2+720	15	14	5	26	18	12	12	22	22			
2+740	15	14	8	26	22	13	19	26	26			
2+760	15	9	5	22	18	9	9	22	22			
2+780	15	11	11	22	22	14	10	26	22			
2+800	15	16	11	26	22	12	11	22	22			
2+820	15	19	12	26	22	11	13	22	26			
2+840	15	19	12	26	22	12	12	22	22			
2+860	15	12	11	22	22	14	16	26	26			
2+880	15	21	14	26	26	9	7	22	22			
2+900	15	21	16	26	26	15	18	26	26			
2+920	15	19	8	26	22	10	15	22	26			
2+940	15	18	15	26	26	18	15	26	26			
2+960	15	18	10	26	22	12	14	22	26			
2+980	15	21	16	26	26	10	9	22	22			
3+000	15	18	14	26	26	11	10	22	22			
3+020	15	17	13	26	26	12	12	22	22			

OBSERVACIONES:

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
3+040	15	12	13	22	26	11	12	22	22			
3+060	15	12	11	22	22	10	11	22	22			
3+080	15	12	13	22	26	10	13	22	26			
3+100	15	12	9	22	22	7	8	22	22			
3+120	15	5	7	18	22	5	6	18	22			
3+140	15	4	5	18	18	6	6	22	22			
3+160	15	7	6	22	22	4	5	18	18			
3+180	15	3	4	18	18	3	5	18	18			
3+200	15	5	5	18	18	4	3	18	18			
3+220	15	2	2	18	18	3	4	18	18			
3+240	15	3	6	18	22	3	5	18	18			
3+260	15	4	4	18	18	4	6	18	22			
3+280	15	5	3	18	18	3	4	18	18			
3+300	15	4	2	18	18	3	2	18	18			
3+320	15	3	3	18	18	2	3	18	18			
3+340	15	3	3	18	18	2	4	18	18			
3+360	15	3	4	18	18	2	4	18	18			
3+380	15	3	4	18	18	3	6	18	22			
3+400	15	5	4	18	18	3	4	18	18			

OBSERVACIONES:

* 3+060 INTERSECCION PANAMERICANA CON AV. CHULUCANAS

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
3+420	15	5	3	18	18	4	4	18	18			
3+440	15	4	4	18	18	3	4	18	18			
3+460	15	3	5	18	18	3	3	18	18			
3+480	15	2	3	18	18	2	4	18	18			
3+500	15	3	2	18	18	2	3	18	18			
3+520	15	3	3	18	18	3	2	18	18			
3+540	15	4	4	18	18	2	3	18	18			
3+560	15	4	2	18	18	4	3	18	18			
3+580	15	3	2	18	18	3	4	18	18			
3+600	15	5	4	18	18	3	4	18	18			
3+620	15	5	5	18	18	4	5	18	18			
3+640	15	6	6	22	22	3	3	18	18			
3+660	15	6	8	22	22	5	4	18	18			
3+680	15	5	6	18	22	3	4	18	18			
3+700	15	6	8	22	22	5	5	18	18			
3+720	15	5	6	18	22	3	4	18	18			
3+740	15	3	4	18	18	4	3	18	18			
3+760	15	4	3	18	18	3	3	18	18			
3+780	15	3	4	18	18	4	4	18	18			

OBSERVACIONES:

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
3+800	15	5	5	18	18	4	4	18	18			
3+820	15	4	9	18	22	3	4	18	18			
3+840	15	6	7	22	22	3	3	18	18			
3+860	15	3	4	18	18	3	3	18	18			
3+880	15	7	8	22	22	5	6	18	22			
3+900	15	7	6	22	22	5	4	18	18			
3+920	15	5	5	18	18	13	10	26	22			
3+940	15	3	4	18	18	5	4	18	18			
3+960	15	4	5	18	18	4	3	18	18			
3+980	15	3	4	18	18	6	5	22	18			
4+000	15	6	6	22	22	12	8	22	22			
4+020	15	5	6	18	22	11	8	22	22			
4+040	15	6	6	22	22	7	6	22	22			
4+060	15	5	5	18	18	12	12	22	22			
4+080	15	9	10	22	22	13	12	26	22			
4+100	15	8	6	22	22	17	13	26	26			
4+120	15	6	7	22	22	9	8	22	22			
4+140	15	4	3	18	18	5	7	18	22			
4+160	15	3	4	18	18	12	6	22	22			

OBSERVACIONES:

* 3+820 INTERSECCION PANAMERICANA CON AV. TALLANES
* 4+160 TERCER ROMPEMUELLE

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
4+180	15	5	6	18	22	4	3	18	18			
4+200	15	3	6	18	22	6	9	22	22			
4+220	15	6	6	22	22	5	6	18	22			
4+240	15	13	12	26	22	8	7	22	22			
4+260	15	9	10	22	22	8	7	22	22			
4+280	15	4	5	18	18	9	5	22	18			
4+300	15	3	4	18	18	7	6	22	22			
4+320	15	4	4	18	18	5	4	18	18			
4+340	15	4	5	18	18	4	3	18	18			
4+360	15	4	3	18	18	3	4	18	18			
4+380	15	4	3	18	18	2	3	18	18			
4+400	15	5	7	18	22	4	4	18	18			
4+420	15	5	5	18	18	6	5	22	18			
4+440	15	4	4	18	18	3	4	18	18			
4+460	15	4	3	18	18	4	3	18	18			
4+480	15	3	2	18	18	2	3	18	18			
4+500	15	3	3	18	18	5	3	18	18			
4+520	15	3	2	18	18	3	3	18	18			
4+540	15	4	2	18	18	3	4	18	18			

OBSERVACIONES:

* 4+180 INTERSECCION PANAMERICANA CON AV. MARCAVELICA

**4+200 CUARTO ROMPEMUELLE

*** 4+440 SE PASA DE UNA CALZADA CON DOS CARRILES A DOS CALZADAS CADA UNA CON DOS CARRILES (3+3 - 3+3)

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO			CROQUIS:
Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)			
Sector : Piura-Paita	**Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**		
Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**	
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**	
1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
4+560	15	5	5	18	18	3	5	18	18			
4+580	15	4	4	18	18	3	4	18	18			
4+600	15	6	7	22	22	7	6	22	22			
4+620	15	8	8	22	22	7	6	22	22			
4+640	15	8	7	22	22	7	5	22	18			
4+660	15	8	6	22	22	5	4	18	18			
4+680	15	6	8	22	22	10	10	22	22			
4+700	15	8	10	22	22	17	27	26	28			
4+731	15	5	5	18	18	6	7	22	22			
4+400	15	4	5	18	18	4	5	18	18			
4+420	15	5	4	18	18	4	4	18	18			
4+440	15	3	3	18	18	2	3	18	18			
4+460	15	2	3	18	18	8	6	22	22			
4+480	15	3	4	18	18	6	9	22	22			
4+500	15	3	3	18	18	8	11	22	22			
4+520	15	3	4	18	18	10	5	22	18			
4+540	15	14	7	26	22	8	12	22	22			
4+560	15	5	6	18	22	9	8	22	22			

OBSERVACIONES:

* 4+700 PARADERO DE BUSES, SE OBSERVA INCREMENTO EN EL AHUELLAMIENTO

** FIN DE CALZADA DERECHA CON DOS CARRILES (3+3)

*** INICIO CALZADA IZQUIERDA CON DOS CARRILES (3+3)

EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
METODO DEL PCI

HOJA DE DATOS PARA UN LOTE DE MUESTREO

CROQUIS:



Proyecto : Concesión del Eje Multimodal del Amazonas Norte (IIRSA Norte)

Sector : Piura-Paita **Tramo: Ovalo Cáceres - Desvío Sullana (KM 0+000 - KM 4+731)**

Hecho por:	**Lote de muestreo Nº :**	**Ubicación :**
Revisado:	**Fecha:** 10 - 11 setiembre 2010	**Area de muestra (m^2):**

1.-Fisura piel de cocodrilo	6.-Depresion	11.-Parches	16.-Desplazamiento
2.-Exudacion	7.-Grieta de borde	12.-Pulimento de Agregados	17.-Grieta Parabolica
3.-Agrietamiento en bloque	8.-Grieta de reflexion de junta	13.-Huecos	18.-Hinchamiento
4.-Abultamientos y Hundimientos	9.-Desnivel Carril Berma	14.-Cruce de Via Ferrea	19.-Desprendimiento de agregados
5.-Corrugacion	10.-Grietas Longitudinales y Transversales	15.-Ahuellamiento	

PK	TIPO DE DAÑO Y SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCTIVO
		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO						
		Profundidad (mm)		Area (m2)		Profundidad (mm)		Area (m2)				
		Huella Externa (HE)	Huella Interna (HI)	HE	HI	Huella Interna (HE)	Huella Externa (HI)	HI	HE		(%)	
4+580	15	7	9	22	22	8	12	22	22			
4+600	15	7	9	22	22	8	10	22	22			
4+620	15	9	12	22	22	12	11	22	22			
4+640	15	7	8	22	22	10	9	22	22			
4+660	15	6	9	22	22	8	7	22	22			
4+680	15	7	5	22	18	7	9	22	22			
4+700	15	7	8	22	22	6	9	22	22			
4+731	15	9	6	22	22	7	8	22	22			

OBSERVACIONES:

* 4+731 FIN CALZADA IZQUIERDA DE DOS CARRILES (3+3)

** 4+731 OVALO CACERES - FIN DEL TRAMO

Anexo V

Mediciones de IRI y Deflectometría
APSA 2009

4 EVALUACION ESTRUCTURAL CON EL DEFLECTOMETRO DE IMPACTO

En este capítulo se presenta el desarrollo de la Evaluación Estructural al pavimento de la ruta y los resultados obtenidos para el año 2009.

4.1 Metodología.

El Deflectómetro de Impacto, Figura 6 es un equipo que aplica una carga de impacto a la superficie del pavimento, determinando las deflexiones verticales (cuenco de deflexiones) producidas en él. Se trata de un ensayo no destructivo, que simula el comportamiento del pavimento ante el paso de los vehículos pesados. Puede ser utilizado en pavimentos de asfalto, hormigón o una composición de ambos, o bien, sobre cualquier capa de un pavimento en construcción. A través del análisis de este cuenco se obtiene información de la rigidez de la estructura de pavimentos y su suelo de fundación, siendo ella muy importante para definir la condición de la estructura a lo largo de un proyecto. Lo anterior es fundamental para evaluar actividades relacionadas con la rehabilitación, mantención o control de calidad.



Figura 6. Deflectómetro de Impacto – HWD.

En este proyecto se emplearon los valores medidos con HWD para determinar la caracterización de las capas según su rigidez y se obtuvo el parámetro de deflexión máxima (D_0), Modulo Resiliente (MR), Número Estructural (NEe) para todas las rutas.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

4.2 Recolección de Datos HWD.

La medición con HWD se realizó en los mese de Enero y Marzo del año 2009 y está referida al balizado de explotación existente, en donde se realizó la medición de deflexión de acuerdo a un muestreo de avance de 200 metros intercalado para cada una de las pistas de la concesión.

En cada ensayo se mide la carga aplicada y las deflexiones producidas a una distancia de 0, 8, 12, 18, 24, 30, 36 y 60 pulgadas, medidas desde el centro del plato de carga en la dirección y sentido del avance del tránsito. En este estudio se utilizó un plato de carga con un radio de 15 cm (5.91 pulgadas).

Dado que las propiedades de rigidez del asfalto varían con la temperatura, se realizaron mediciones en la superficie mediante sensores de temperatura automáticos, como también mediciones manuales de la temperatura del asfalto.

La Evaluación se llevo a cabo en las localidades comprendidas entre Paita – Dv. Olmos y Puente Bolivia – Yurimaguas. En cada una de estas, la evaluación se desarrollo en las rutas indicadas en la Tabla 7, y que se mantendrán para la entrega de resultados. El detalle del retroanálisis se presenta en el Anexo B.

Tabla 7. Tramos Evaluados con HWD.

TRAMOS		RUTAS	CODIGO DE RUTA
DESDE	HASTA		
PAITA	Dv. OLMOS	Paita - Ovalo Cáceres	002 y 01N
		Piura - Dv. Olmos	001B
PTE BOLIVIA	YURIMAGUAS	Puente Bolivia - Tarapoto	005N
		Tarapoto - Yurimaguas	008A

Los resultados obtenidos son considerados como base para la sectorización de los tramos evaluados. Debido a que no sólo utilizaran las Deflexiones Máximas como criterio de sectorización, sino que además se incorpora la variable del deterioro de pavimento, IRI, Resistencia la Deslizamiento y, de manera complementaria, los antecedentes proporcionadas por el mandante, de tal forma de seleccionar sectores homogéneos, lo más representativo posible de los pavimentos actuales de la ruta.

Cabe señalar, que los sectores ya han sido elegidos y están desarrollados en detalle en el informe APSA 08-145-15, los cuales serán presentados y utilizados en el presente informe.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

5 RESULTADOS DE EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

Con el ensayo de HWD, es posible la caracterización de los materiales y el comportamiento de las capas que conforman la estructura de pavimentos. A través del análisis del cuenco de deflexiones se obtiene información de la rigidez de la estructura de pavimentos y su suelo de fundación

La caracterización del material existente corresponde al proceso de retroanálisis mediante, el cual se obtienen las características o parámetros que son representativos de la condición estructural de las capas que componen el pavimento. Del proceso de retroanálisis podemos obtener el Número Estructural y Modulo Resiliente. Para poder conocer estas características de la estructura del pavimento es necesario contar con los espesores de cada una de las capas que componen un pavimento y el tipo de suelo.

i. D0@50kN y 20ºC: Deflexión máxima normalizada a una carga de 50 kN y a una temperatura de 20ºC, representa la deflexión vertical de la superficie del pavimento, bajo el punto donde se aplica la carga. Este parámetro es un indicador general de la condición estructural de los pavimentos, cuyo principal uso es definir sectores que presenten diferentes características estructurales.

ii. M_R : Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Representa el módulo elástico del suelo en el cual se funda la estructura de pavimento luego de aplicar cargas cíclicas sobre él. Este parámetro se utiliza en los diseños de pavimentos asfálticos y de repavimentaciones asfálticas.

iii. NE_{ef}: Número estructural efectivo, se obtiene del retroanálisis de los pavimentos asfálticos y considera tanto las capas asfálticas como las granulares. El número estructural es un concepto introducido en la prueba AASHO para caracterizar la estructura del pavimento asfáltico y utilizado por el método AASHTO para el diseño de pavimentos de asfalto.

A continuación se entregan los resultados del retroanálisis para cada una de las variables, ocupando las características estructurales de los pavimentos, utilizando la información del tipo y espesores de suelo obtenido de la memoria de cálculo desarrollada por la empresa COPAVEL para la construcción de la ruta 002; 01N; 005N y 008A concesionada a IIRSA NORTE.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

5.1 Deflexión Máxima Normalizada.

La Deflexión Máxima a una carga de 50 KN y a una temperatura de 20ºC, representa la deflexión vertical de la superficie, bajo el punto donde se aplica la carga. Este parámetro es un indicador general de la condición estructural, cuyo principal uso es definir sectores que presenten diferentes características estructurales.

Respecto de los resultados de deflexiones obtenidas en la evaluación del mes de Enero y Marzo del año 2009, estos nos hacen ver la condición estructural que presenta el pavimento, con valores promedios que fluctúan entre los 981 y 162 (µm) para la ruta de Tarapoto – Yurimaguas; de 489 y 120 (µm) para la ruta de Puente Bolivia – Tarapoto; de 958 y 108 (µm) para la ruta de Dv. Olmos - Piura y de 826 y 52 (µm) para la ruta de Ovalo Cáceres – Paita.

Con la información de suelo de fundación y de las capas que componen la estructura de pavimento proporcionadas por el mandante, más adelante se entregarán los resultados de vida remanente de los pavimentos, considerando la sectorización propuesta para este informe.

Desde la Figura 7, hasta la Figura 10, se presentan los gráficos con los valores de deflexión máxima normalizada a 50 kN y 20ºC para los pavimentos asfálticos de cada pista, en los tramos evaluados. En el Anexo B, se muestra el detalle con los resultados obtenidos.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

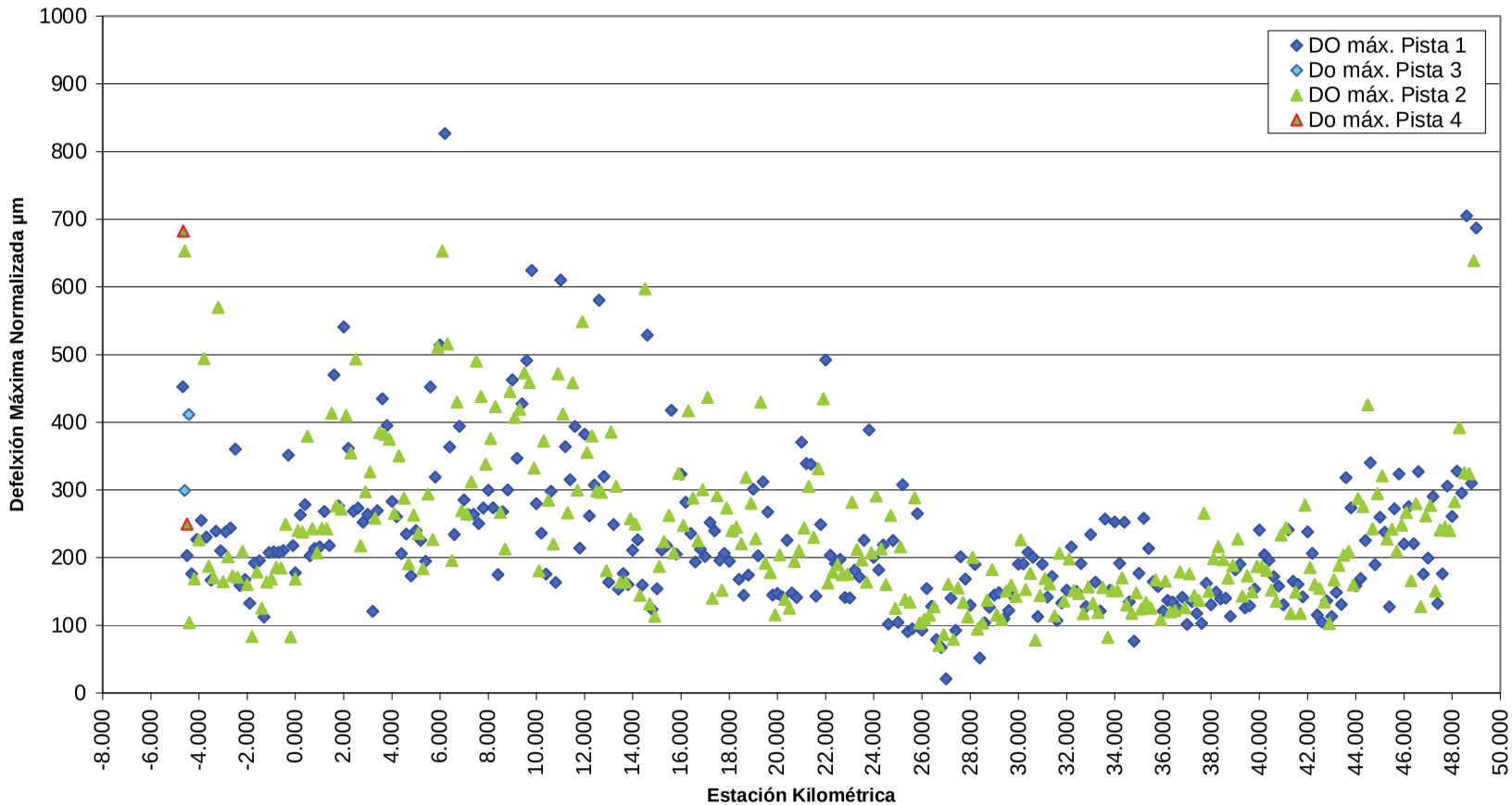


Figura 7. Deflexión máxima normalizada a 50 kN y 20ºC, Ruta Ovalo Cáceres - Paita.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

5.2 Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación.

El Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación es el parámetro utilizado por el método AASHTO para caracterizar al suelo de fundación en el diseño de pavimentos de asfalto. Mediante el proceso de retroanálisis se obtiene el módulo elástico de la subrasante con los datos de carga y deflexiones obtenidos con el HWD.

Para corregir el módulo elástico retroanalizado a módulo resiliente, AASTHO recomienda un factor de corrección C = 0.33 (*Numeral 5.3.4, Guía de Diseño de Estructura de Pavimentos, 1993*). Sin embargo, en Chile, y de acuerdo a las recomendaciones del Manual de Carreteras Volumen 3 en su edición de junio de 2002, para corregir el módulo elástico retroanalizado a módulo resiliente se utiliza el factor C calculado según las relaciones que se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Valores del Factor de corrección C.

Plataforma de Fundación	**Factor C**
Suelos finos	0.33
Suelos granulares	1.0
Terraplén granular sobre suelo fino	$C = 0.33 + 0.67 \times h/2$ $0 < h < 2$ m
Terraplén fino sobre suelo granular	$C = 1.0 - 0.67 \times h/2$ $0 < h < 2$ m

Fuente: Manual de Carreteras Volumen 3 en su edición de junio de 2002.
h: Altura de terraplén.
Para h > 2 m., utilizar 0.33 ó 1.0 según corresponda, esto es, de acuerdo al tipo de terraplén existente.

De acuerdo a los antecedentes proporcionados y de la experiencia del consultor, el factor C a utilizar, para cada sector homogéneo, considerando los CBR % de Diseño queda definido desde la Tabla 9 hasta la Tabla 12, en la cual este factor está estimado a partir de los datos proporcionados ha fecha de confeccionado este informe para cada uno de las rutas evaluadas.

Tabla 9. Factor de corrección C para Ruta Ovalo Cáceres – Paita.

Ubicación Kilométrica		CBR diseño %	Factor C
-4.730	20.100	12	1.00
20.100	39.300	18	1.00
39.300	44.400	34	1.00
44.400	48.800	10	1.00

Tabla 10. Factor de corrección C para Ruta Piura - Dv. Olmos.

Ubicación Kilométrica		CBR diseño %	Factor C
254.270	141.341	8	0.33
141.341	90.382	21	1.00
90.382	85.750	28	1.00

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

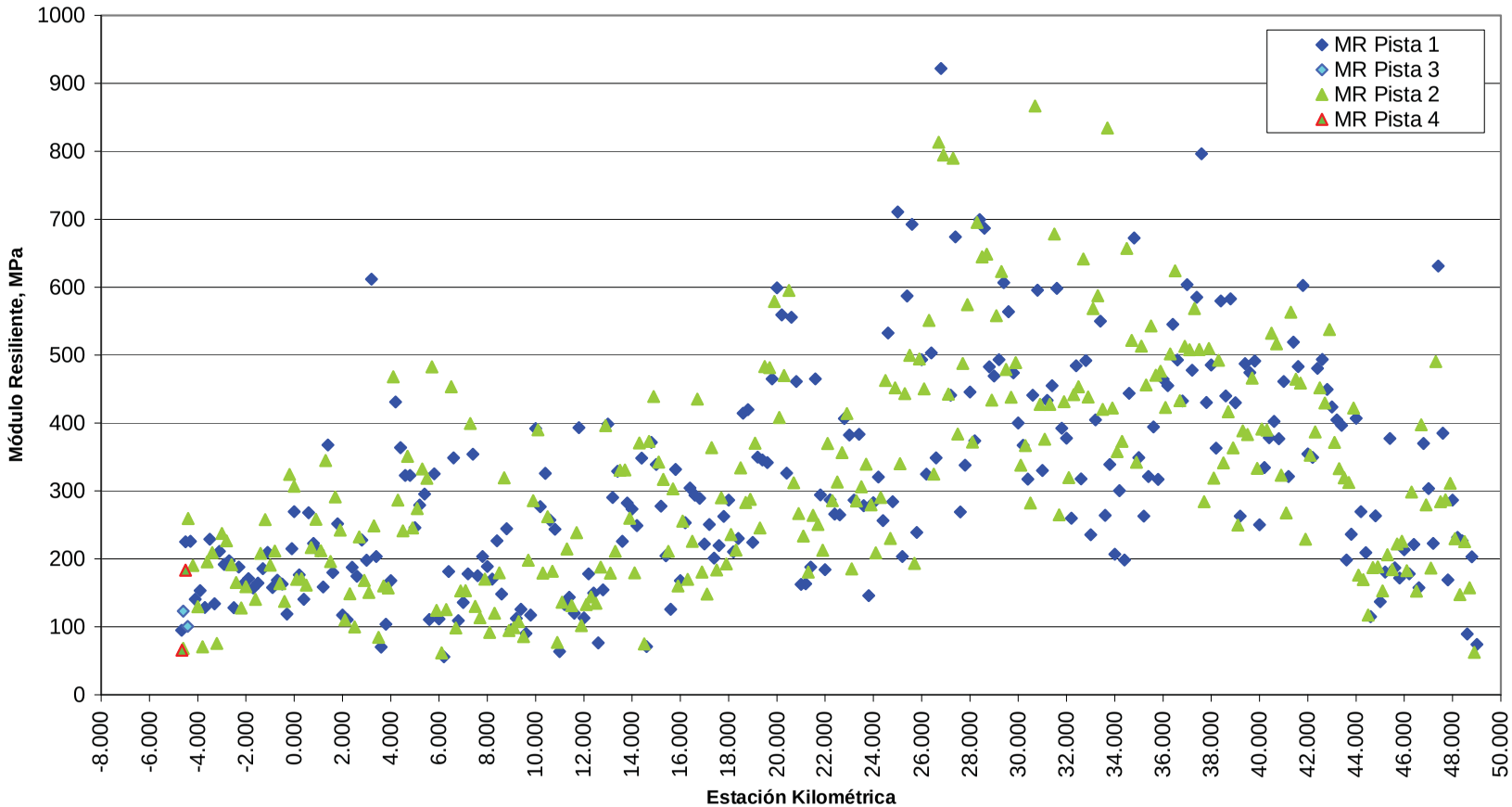


Figura 11. Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación, Ruta Ovalo Cáceres – Paita.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

5.3 Número Estructural Efectivo (NEef).

El Número Estructural Efectivo se obtiene del retroanálisis de pavimentos asfálticos y, en este caso, consideran las capas asfálticas y granulares de la estructura.

El número estructural es un concepto introducido en la prueba AASHO para caracterizar la estructura de los pavimentos asfálticos. Además es utilizado por el método AASHTO para el diseño de pavimentos de asfalto. En el caso de los pavimentos asfálticos la estructura de pavimentos se considera el conjunto de las capas asfálticas y base granular.

Desde la Figura 15 hasta la Figura 18, se presentan los gráficos con los valores del número estructural efectivo retroanalizado para los pavimentos asfálticos de cada pista. En el Anexo B, se muestra el detalle con los resultados obtenidos.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

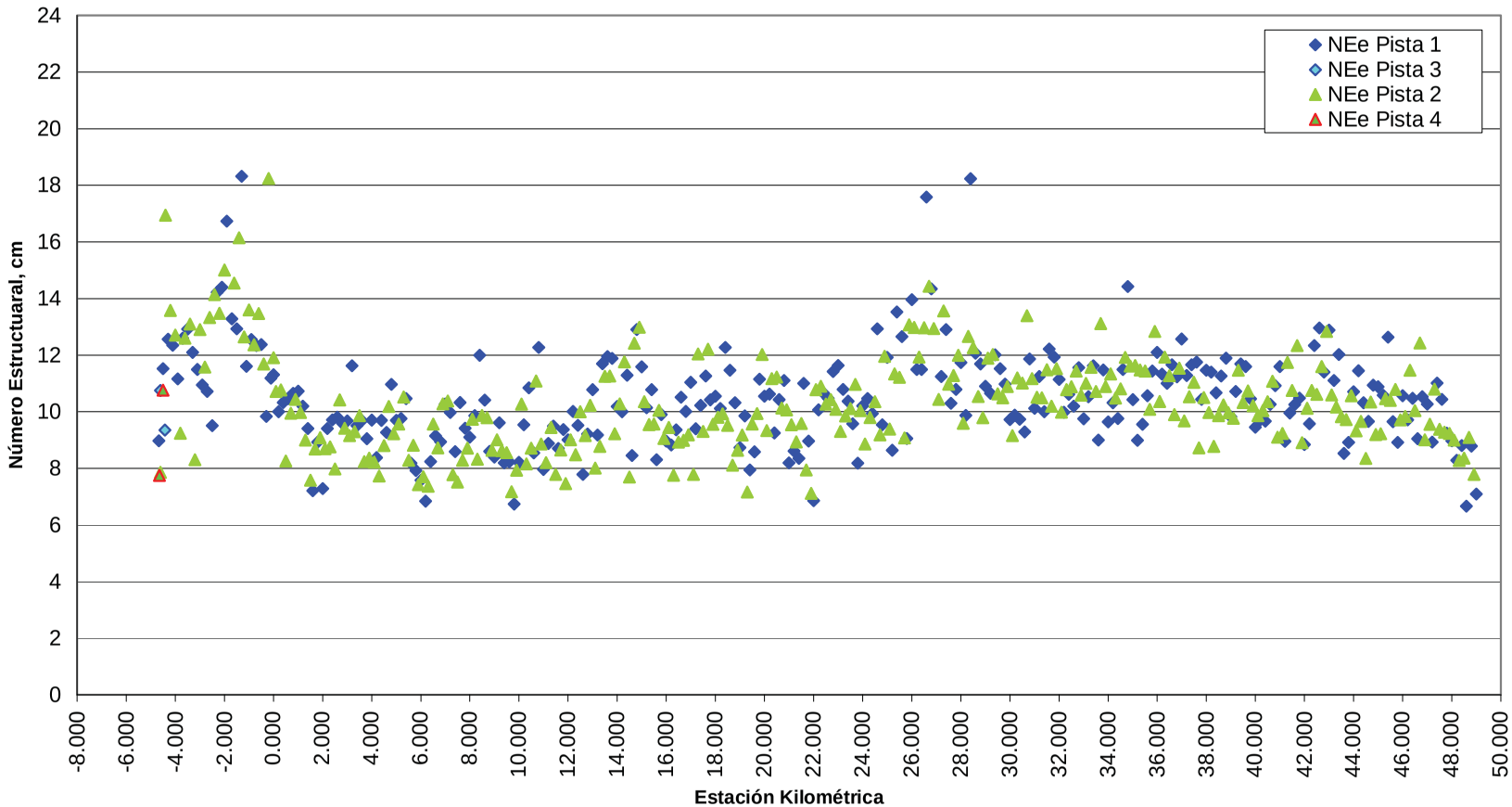


Figura 15. Número Estructural Efectivo Retroanalizado, Ruta Ovalo Cáceres – Paita.

Edo. Castillo Velasco Nº 1360, Ñuñoa, Santiago • Teléfono (56 2) 205 59 27. Fax 209 08 56 • E-mail: apsa@apsa.cl

APSA
Gestión de Infraestructura

CONCESIÓN DEL EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON DEFLECTOMETRO HWD

Tramo Evaluado : Dv. Paita-Ovalo Cáceres
Ruta : 002 - 01 N
Kilometraje : km 49,060 - km 0,000 - km -4,731
Pista Evaluada : Pista 1, Pista 3, Pista 2 y Pista 4

Estación (km)	Pista N°	Carga (KN)	D1 (µm)	D2 (µm)	D3 (µm)	D4 (µm)	D5 (µm)	D6 (µm)	D7 (µm)	D8 (µm)	D9 (µm)	Fecha (d-m-a)	H1 (cm)	H2 (cm)	D0n (µm)	MR (MPa)	NEe (cm)	Observaciones	T-Man (ºC)	Hora (h:m)	Fecha (d-m-a)
-0.100	1	49	342	225	177	122	89	67	55	32	191	04/04/2009	13.0	30.0	218	215	11.2		48.00	13:36	04/04/2009
-0.300	1	49	556	414	331	227	163	121	96	58	354	04/04/2009	13.0	30.0	352	119	9.8		48.00	13:35	04/04/2009
-0.500	1	49	334	244	214	164	125	96	77	43	222	04/04/2009	13.0	30.0	210	163	12.4		48.00	13:34	04/04/2009
-0.700	1	49	328	240	200	154	117	92	75	43	217	04/04/2009	13.0	30.0	208	169	12.3		48.00	13:32	04/04/2009
-0.900	1	49	329	211	184	145	118	98	83	48	194	04/04/2009	13.0	30.0	209	158	12.6		48.00	13:31	04/04/2009
-1.100	1	49	328	232	195	137	98	74	59	35	220	04/04/2009	13.0	30.0	207	210	11.6		48.00	13:29	04/04/2009
-1.300	1	49	177	147	140	120	100	84	71	42	150	04/04/2009	13.0	30.0	112	186	18.3		48.00	13:28	04/04/2009
-1.500	1	49	308	243	202	155	119	94	77	44	220	04/04/2009	13.0	30.0	196	165	12.9		48.00	13:27	04/04/2009
-1.700	1	49	303	220	197	155	122	98	83	49	201	04/04/2009	13.0	30.0	192	157	13.3		48.00	13:25	04/04/2009
-1.900	1	49	210	161	152	131	110	90	75	42	161	04/04/2009	13.0	30.0	133	171	16.7		48.00	13:24	04/04/2009
-2.100	1	49	264	194	176	142	115	93	79	46	181	04/04/2009	13.0	30.0	168	164	14.4		48.00	13:22	04/04/2009
-2.300	1	49	249	187	165	131	104	82	67	36	175	04/04/2009	13.0	30.0	159	188	14.2		48.00	13:20	04/04/2009
-2.500	1	49	572	424	355	248	174	121	96	49	371	04/04/2009	13.0	30.0	360	128	9.5		48.00	13:18	04/04/2009
-2.700	1	49	387	258	208	142	98	71	57	33	225	04/04/2009	13.0	30.0	244	198	10.7		48.00	13:16	04/04/2009
-2.900	1	49	376	272	231	162	113	81	63	35	242	04/04/2009	13.0	30.0	238	192	10.9		48.00	13:14	04/04/2009
-3.100	1	49	333	233	196	139	102	73	57	29	213	04/04/2009	13.0	30.0	210	211	11.5		48.00	13:13	04/04/2009
-3.300	1	49	378	301	262	203	154	115	87	41	288	04/04/2009	13.0	30.0	239	134	12.1		48.00	13:11	04/04/2009
-3.500	1	49	264	191	165	122	90	68	52	26	177	04/04/2009	13.0	30.0	167	229	12.9		48.00	13:10	04/04/2009
-3.700	1	49	366	287	255	201	157	121	98	52	273	04/04/2009	13.0	30.0	230	128	12.6		48.00	13:08	04/04/2009
-3.900	1	49	404	316	269	195	142	101	78	39	269	04/04/2009	13.0	30.0	255	153	11.2		48.00	13:07	04/04/2009
-4.100	1	49	357	247	215	172	137	110	92	55	242	04/04/2009	13.0	30.0	227	141	12.3		48.00	13:05	04/04/2009
-4.300	1	49	280	199	170	128	94	69	54	30	181	04/04/2009	13.0	30.0	176	226	12.6		48.00	13:04	04/04/2009
-4.500	1	48	315	188	154	110	84	68	59	38	182	04/04/2009	13.0	30.0	203	225	11.5		48.00	13:03	04/04/2009
-4.670	1	49	715	500	399	287	215	163	130	63	422	04/04/2009	13.0	30.0	453	95	9.0	Se corrio 30 mts por transito	48.00	13:01	04/04/2009

APSA
Gestión de Infraestructura

CONCESIÓN DEL EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON DEFLECTOMETRO HWD

Tramo Evaluado : Dv. Paita-Ovalo Cáceres
Ruta : 002 - 01 N
Kilometraje : km 49,060 - km 0,000 - km -4,731
Pista Evaluada : Pista 1, Pista 3, Pista 2 y Pista 4

Estación (km)	Pista N°	Carga (KN)	D1 (µm)	D2 (µm)	D3 (µm)	D4 (µm)	D5 (µm)	D6 (µm)	D7 (µm)	D8 (µm)	D9 (µm)	Fecha (d-m-a)	H1 (cm)	H2 (cm)	D0n (µm)	MR (MPa)	NEe (cm)	Observaciones	T-Man (ºC)	Hora (h:m)	Fecha (d-m-a)
0.000	2	50	270	183	146	92	64	48	41	29	153	04/04/2009	13.0	30.0	168	307	11.9		48.00	12:23	04/04/2009
-0.200	2	50	133	102	90	71	57	46	40	28	96	04/04/2009	13.0	30.0	83	325	18.2		48.00	12:26	04/04/2009
-0.400	2	49	396	309	269	204	152	113	91	53	281	04/04/2009	13.0	30.0	249	138	11.7		48.00	12:27	04/04/2009
-0.600	2	49	292	223	195	153	122	95	81	48	203	04/04/2009	13.0	30.0	185	164	13.5		48.00	12:29	04/04/2009
-0.800	2	48	287	189	160	118	91	71	59	36	184	04/04/2009	13.0	30.0	186	212	12.4		48.00	12:30	04/04/2009
-1.000	2	49	268	182	155	123	99	82	69	43	164	04/04/2009	13.0	30.0	168	191	13.6		48.00	12:32	04/04/2009
-1.200	2	49	258	185	154	106	75	55	43	27	159	04/04/2009	13.0	30.0	164	258	12.6		48.00	12:34	04/04/2009
-1.400	2	49	198	145	135	112	91	74	62	37	143	04/04/2009	13.0	30.0	125	208	16.1		48.00	12:35	04/04/2009
-1.600	2	49	280	199	188	159	131	110	91	53	199	04/04/2009	13.0	30.0	179	141	14.5		48.00	12:36	04/04/2009
-1.800	2	49	131	86	80	72	64	55	49	33	86	04/04/2009	13	30	84			Valor no representativo*	48.00	12:38	04/04/2009
-2.000	2	49	253	196	180	148	120	97	81	46	190	04/04/2009	13.0	30.0	160	159	15.0		48.00	12:39	04/04/2009
-2.200	2	49	332	259	240	199	160	126	101	48	256	04/04/2009	13.0	30.0	210	128	13.5		48.00	12:41	04/04/2009
-2.400	2	49	268	209	186	150	120	94	77	43	196	04/04/2009	13.0	30.0	171	165	14.1		48.00	12:42	04/04/2009
-2.600	2	49	275	194	168	130	102	81	67	38	176	04/04/2009	13.0	30.0	173	191	13.3		48.00	12:43	04/04/2009
-2.800	2	49	318	201	162	117	85	66	55	37	173	04/04/2009	13.0	30.0	201	227	11.6		48.00	12:45	04/04/2009
-3.000	2	49	262	191	160	119	88	66	52	29	169	04/04/2009	13.0	30.0	165	237	12.9		48.00	12:46	04/04/2009
-3.200	2	49	896	695	580	414	294	204	150	59	627	04/04/2009	13.0	30.0	570	76	8.3		48.00	12:48	04/04/2009
-3.400	2	49	272	213	184	141	104	74	58	27	193	04/04/2009	13.0	30.0	171	209	13.1		48.00	12:50	04/04/2009
-3.600	2	49	297	218	190	144	108	79	62	33	200	04/04/2009	13.0	30.0	187	196	12.6		48.00	12:51	04/04/2009
-3.800	2	49	778	610	524	390	291	218	172	84	563	04/04/2009	13.0	30.0	494	71	9.2		48.00	12:53	04/04/2009
-4.000	2	49	360	295	266	206	158	120	96	50	267	04/04/2009	13.0	30.0	226	130	12.7		48.00	12:54	04/04/2009
-4.200	2	49	268	188	169	135	105	82	68	41	179	04/04/2009	13.0	30.0	169	191	13.6		48.00	12:55	04/04/2009
-4.400	2	49	164	114	103	80	69	59	50	33	103	04/04/2009	13.0	30.0	104	260	16.9		48.00	12:57	04/04/2009
-4.600	2	49	1033	767	617	411	282	201	156	76	645	04/04/2009	13.0	30.0	653	69	7.9		48.00	12:59	04/04/2009

APSA
Gestión de Infraestructura

CONCESIÓN DEL EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON DEFLECTOMETRO HWD

Tramo Evaluado : Dv. Paita-Ovalo Cáceres
Ruta : 002 - 01 N
Kilometraje : km 49,060 - km 0,000 - km -4,731
Pista Evaluada : Pista 1, Pista 3, Pista 2 y Pista 4

Estación (km)	Pista N°	Carga (KN)	D1 (µm)	D2 (µm)	D3 (µm)	D4 (µm)	D5 (µm)	D6 (µm)	D7 (µm)	D8 (µm)	D9 (µm)	Fecha (d-m-a)	H1 (cm)	H2 (cm)	D0n (µm)	MR (MPa)	NEe (cm)	Observaciones	T-Man (ºC)	Hora (h:m)	Fecha (d-m-a)
-4.420	3	49	651	488	404	293	213	153	117	56	439	04/04/2009	13.0	30.0	411	101	9.4	Se corrio 20 mts por fin de pista	48.00	13:52	04/04/2009
-4.600	3	49	471	321	260	193	154	125	105	58	286	04/04/2009	13.0	30.0	299	123	10.8		48.00	13:51	04/04/2009
-4.500	4	49	396	262	198	140	106	81	63	32	209	04/04/2009	13.0	30.0	250	183	10.8		48.00	13:46	04/04/2009
-4.650	4	49	1069	770	603	411	293	216	168	79	644	04/04/2009	13.0	30.0	682	65	7.7		48.00	13:48	04/04/2009

Km: Ubicación kilométrica de acuerdo al balizado del proyecto.
Pista Nº: Pista evaluada.
Carga: Carga real aplicada.
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9: deflexiones ubicadas a 0, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 60 y -12 pulgadas medidas
desde el centro del plato en dirección del sentido del tránsito.
H1: Altura de Capas Asfálticas.
H2: Altura de Capas Granulares.
D0n: Deflexión máxima normalizada a 50 kN y 20 ºC
MR: Modulo Resiliente.
NEe: Número Estructural efectivo.
(*): De acuerdo a nuestra experiencia como consultor, estos puntos en particular distorcionan la representatividad del sector. No se incorporan en la evaluación estadística

APSA
Gestión de Infraestructura

INFORME CONTROL DE IRI
EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - KM 0.000

DEPARTAMENTO : **Piura**
RUTA : **01N**
SECTOR EVALUADO : **Km -4,760 al Km 0,000**
PISTA EVALUADA : **1**
SUPERFICIE : **Asfalto**
FECHA DE MEDICIÓN : **Febrero 2009**

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	IRI HP (m/km)	IRI HC (m/km)	IRI M (m/km)	IRI MD (m/km)	PSI
-4	760	-4	700	60	2.9	2.5	2.7	--	3.05
-4	700	-4	600	100	1.6	2.4	2.0	--	3.47
-4	600	-4	500	100	1.8	2.0	1.9	--	3.56
-4	500	-4	400	100	2.4	2.6	2.5	--	3.19
-4	400	-4	300	100	2.0	2.5	2.3	--	3.31
-4	300	-4	200	100	2.0	1.9	1.9	--	3.53
-4	200	-4	100	100	1.6	1.9	1.7	--	3.65
-4	100	-4	000	100	1.9	2.0	1.9	--	3.52
-4	000	-3	900	100	2.3	1.7	2.0	--	3.47
-3	900	-3	800	100	1.9	1.7	1.8	2.1	3.59
-3	800	-3	700	100	1.9	1.4	1.7	2.0	3.70
-3	700	-3	600	100	1.5	1.4	1.5	1.9	3.83
-3	600	-3	500	100	1.6	1.1	1.4	1.9	3.90
-3	500	-3	400	100	1.9	1.4	1.6	1.8	3.71
-3	400	-3	300	100	1.5	1.4	1.4	1.7	3.86
-3	300	-3	200	100	1.9	1.8	1.8	1.7	3.58
-3	200	-3	100	100	1.8	1.2	1.5	1.7	3.82
-3	100	-3	000	100	1.6	2.0	1.8	1.6	3.60
-3	000	-2	900	100	1.2	1.1	1.2	1.6	4.04
-2	900	-2	800	100	1.1	1.4	1.3	1.5	3.96
-2	800	-2	700	100	1.6	1.6	1.6	1.5	3.74
-2	700	-2	600	100	1.0	1.1	1.1	1.5	4.11
-2	600	-2	500	100	1.1	1.2	1.2	1.4	4.05
-2	500	-2	400	100	1.3	1.2	1.2	1.4	4.00
-2	400	-2	300	100	1.1	1.3	1.2	1.4	4.02
-2	300	-2	200	100	1.1	1.7	1.4	1.3	3.88
-2	200	-2	100	100	1.3	1.5	1.4	1.3	3.89
-2	100	-2	000	100	1.3	1.9	1.6	1.3	3.73
-2	000	-1	900	100	1.4	1.5	1.4	1.3	3.85
-1	900	-1	800	100	1.2	1.2	1.2	1.3	4.03
-1	800	-1	700	100	1.6	1.7	1.7	1.3	3.70
-1	700	-1	600	100	1.5	1.5	1.5	1.4	3.81
-1	600	-1	500	100	1.4	1.3	1.4	1.4	3.88
-1	500	-1	400	100	1.3	1.9	1.6	1.4	3.75
-1	400	-1	300	100	1.4	1.8	1.6	1.5	3.73
-1	300	-1	200	100	1.4	2.0	1.7	1.5	3.68
-1	200	-1	100	100	1.2	1.6	1.4	1.5	3.86
-1	100	-1	000	100	1.9	2.3	2.1	1.6	3.42
-1	000	0	900	100	1.6	1.5	1.5	1.6	3.78
0	900	0	800	100	1.9	1.4	1.6	1.6	3.71
0	800	0	700	100	2.0	1.6	1.8	1.6	3.61
0	700	0	600	100	2.5	1.5	2.0	1.7	3.49
0	600	0	500	100	2.2	1.8	2.0	1.7	3.47
0	500	0	400	100	2.0	2.0	2.0	1.8	3.48
0	400	0	300	100	2.0	2.1	2.0	1.8	3.46
0	300	0	200	100	1.8	2.4	2.1	1.9	3.41
0	200	0	100	100	1.1	0.9	1.0	1.8	4.18
0	100	0	000	100	1.4	1.9	1.7	1.8	3.69

IRI HP : IRI Promedio Huella Pasajero.
IRI HC : IRI Promedio Huella Conductor.
IRI M : IRI Individual Promedio IRI HP y IRI HC.
IRI MD : IRI Media Deslizante cada 10 valores de IRI M consecutivos.

INFORME CONTROL DE IRI
EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - KM 0.000

DEPARTAMENTO : **Piura**
RUTA : **01N**
SECTOR EVALUADO : **Km 0,000 al Km -4,760**
PISTA EVALUADA : **2**
SUPERFICIE : **Asfalto**
FECHA DE MEDICIÓN : **Febrero 2009**

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	IRI HP (m/km)	IRI HC (m/km)	IRI M (m/km)	IRI MD (m/km)	PSI
0	000	0	100	100	1.5	1.8	1.7	--	3.69
0	100	0	200	100	1.7	3.0	2.4	--	3.25
0	200	0	300	100	1.5	2.0	1.7	--	3.67
0	300	0	400	100	1.4	1.9	1.6	--	3.71
0	400	0	500	100	1.5	2.0	1.8	--	3.62
0	500	0	600	100	1.5	1.8	1.6	--	3.71
0	600	0	700	100	1.6	1.9	1.7	--	3.65
0	700	0	800	100	1.3	1.4	1.3	--	3.93
0	800	0	900	100	1.3	1.4	1.4	--	3.91
0	900	-1	000	100	1.3	1.5	1.4	1.7	3.89
-1	000	-1	100	100	1.3	1.8	1.6	1.7	3.75
-1	100	-1	200	100	1.4	1.4	1.4	1.6	3.88
-1	200	-1	300	100	1.4	1.6	1.5	1.5	3.79
-1	300	-1	400	100	1.2	1.4	1.3	1.5	3.97
-1	400	-1	500	100	1.2	1.7	1.5	1.5	3.83
-1	500	-1	600	100	1.1	2.3	1.7	1.5	3.68
-1	600	-1	700	100	1.7	2.3	2.0	1.5	3.48
-1	700	-1	800	100	2.2	1.8	2.0	1.6	3.47
-1	800	-1	900	100	2.0	1.7	1.8	1.6	3.57
-1	900	-2	000	100	2.3	2.6	2.5	1.7	3.20
-2	000	-2	100	100	1.3	1.5	1.4	1.7	3.87
-2	100	-2	200	100	2.0	2.3	2.1	1.8	3.38
-2	200	-2	300	100	1.4	1.7	1.6	1.8	3.75
-2	300	-2	400	100	1.3	1.4	1.4	1.8	3.91
-2	400	-2	500	100	1.0	1.8	1.4	1.8	3.86
-2	500	-2	600	100	1.2	1.5	1.3	1.8	3.93
-2	600	-2	700	100	0.9	1.3	1.1	1.7	4.08
-2	700	-2	800	100	1.3	1.8	1.5	1.6	3.78
-2	800	-2	900	100	1.1	1.8	1.5	1.6	3.84
-2	900	-3	000	100	1.3	1.5	1.4	1.5	3.88
-3	000	-3	100	100	1.8	1.6	1.7	1.5	3.67
-3	100	-3	200	100	1.5	1.0	1.3	1.4	3.98
-3	200	-3	300	100	1.8	1.5	1.7	1.4	3.70
-3	300	-3	400	100	1.7	1.1	1.4	1.4	3.88
-3	400	-3	500	100	1.7	1.4	1.6	1.4	3.77
-3	500	-3	600	100	1.4	1.1	1.3	1.4	3.98
-3	600	-3	700	100	1.6	1.5	1.5	1.5	3.79
-3	700	-3	800	100	1.5	1.3	1.4	1.5	3.86
-3	800	-3	900	100	2.0	1.7	1.9	1.5	3.57
-3	900	-4	000	100	1.6	1.5	1.6	1.5	3.76
-4	000	-4	100	100	1.5	1.6	1.6	1.5	3.77
-4	100	-4	200	100	2.4	2.0	2.2	1.6	3.37
-4	200	-4	300	100	1.9	1.5	1.7	1.6	3.69
-4	300	-4	400	100	2.3	2.3	2.3	1.7	3.30
-4	400	-4	500	100	2.3	2.3	2.3	1.8	3.29
-4	500	-4	600	100	2.1	1.6	1.8	1.8	3.59
-4	600	-4	700	100	2.8	2.0	2.4	1.9	3.25
-4	700	-4	760	60	3.4	2.3	2.9	2.0	2.96

IRI HP : IRI Promedio Huella Pasajero.
IRI HC : IRI Promedio Huella Conductor.
IRI M : IRI Individual Promedio IRI HP y IRI HC.
IRI MD : IRI Media Deslizante cada 10 valores de IRI M consecutivos.

INFORME CONTROL DE IRI
EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - KM 0.000

DEPARTAMENTO : **Piura**
RUTA : **01N**
SECTOR EVALUADO : **Km -4,760 al Km -4,400**
PISTA EVALUADA : **3**
SUPERFICIE : **Asfalto**
FECHA DE MEDICIÓN : **Febrero 2009**

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	IRI HP (m/km)	IRI HC (m/km)	IRI M (m/km)	IRI MD (m/km)	PSI
-4	760	-4	700	60	2.6	2.9	2.8	--	3.02
-4	700	-4	600	100	2.8	2.5	2.6	--	3.10
-4	600	-4	500	100	1.8	1.8	1.8	--	3.60
-4	500	-4	400	100	2.8	2.7	2.7	--	3.04

INFORME CONTROL DE IRI
EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
TRAMO 1 OVALO CACERES - KM 0.000

DEPARTAMENTO : **Piura**
RUTA : **01N**
SECTOR EVALUADO : **Km -4,400 al Km -4,740**
PISTA EVALUADA : **4**
SUPERFICIE : **Asfalto**
FECHA DE MEDICIÓN : **Febrero 2009**

Marco Inicio (km)	Fracción (m)	Marco Fin (km)	Fracción (m)	Longitud (m)	IRI HP (m/km)	IRI HC (m/km)	IRI M (m/km)	IRI MD (m/km)	PSI
-4	400	-4	500	100	2.9	2.5	2.7	--	3.06
-4	500	-4	600	100	2.7	2.0	2.3	--	3.28
-4	600	-4	700	100	3.5	2.7	3.1	--	2.86
-4	700	-4	740	40	3.9	3.9	3.9	--	2.47

Anexo VI

Resultados Método YONAPAVE

EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
TRAMO OVALO CACERES-DESVIO SULLANA
EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
METODOLOGIA YONAPAVE

RED VIAL	RADIO PLATO CARGA (mm)	PROGRESIVA (KM)	CARGA (KN)	ESFUERZO (KPa)	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	AREA (in)	RIGIDEZ (ton/cm)	Lo Yonapave (cm)	Esg Yonapave (MPa)	$SN_{efectivo}$	$SN_{efectivo}$ (corregido)	$SN_{efectivo}$ (Yonapave)	E_p (MPa)	a_p (MPa)	$H_{p\ efectivo}$ (cm)
					0	20	30	45	60	90	120	150										
					µm																	
1	150	4+670	50	707	715	500	399	287	215	163	130	63	17.7	71	16.4	109	1.4	2.4	2.9	553	0.194	15.1
1	150	4+650	50	707	1069	770	603	411	293	216	168	79	17.3	48	15.7	76	1.2	1.9	2.4	354	0.167	14.3
1	150	4+600	50	707	471	321	260	193	154	125	105	58	18.1	108	17.3	158	1.7	2.9	3.6	882	0.227	15.9
1	150	4+500	50	707	396	262	198	140	106	81	63	32	16.5	129	14.4	221	1.6	2.7	3.3	872	0.226	14.7
1	150	4+420	50	707	651	488	404	293	213	153	117	56	18.8	78	18.6	107	1.6	2.7	3.4	689	0.209	16.2
1	150	4+400	50	707	164	114	103	80	69	59	50	33	20.7	311	24.3	325	3.0	5.6	7.0	3127	0.346	20.2
1	150	4+300	50	707	280	199	170	128	94	69	54	30	18.8	182	18.6	249	2.1	3.8	4.7	1603	0.277	16.9
1	150	4+200	50	707	268	188	169	135	105	82	68	41	20.1	190	22.8	211	2.5	4.4	5.5	1782	0.287	19.3
1	150	4+100	50	707	357	247	215	172	137	110	92	55	19.7	143	21.8	164	2.2	3.8	4.8	1270	0.256	18.7
1	150	4+000	50	707	360	295	266	206	158	120	96	50	22.2	142	30.2	114	2.7	4.8	6.0	1483	0.270	22.3
1	150	3+900	50	707	404	316	269	195	142	101	78	39	19.7	126	21.9	145	2.1	3.7	4.6	1132	0.246	18.7
1	150	3+800	50	707	778	610	524	390	291	218	172	84	20.2	65	23.2	72	1.8	3.0	3.7	624	0.202	18.5
1	150	3+700	50	707	366	287	255	201	157	121	98	52	21.5	139	28.3	118	2.5	4.6	5.7	1342	0.261	21.8
1	150	3+600	50	707	297	218	190	144	108	79	62	33	19.6	172	21.7	199	2.3	4.1	5.1	1520	0.272	18.9
1	150	3+500	50	707	264	191	165	122	90	68	52	26	19.2	193	20.7	233	2.3	4.1	5.2	1619	0.278	18.6
1	150	3+400	50	707	272	213	184	141	104	74	58	27	20.4	188	23.5	202	2.5	4.5	5.6	1816	0.288	19.6
1	150	3+300	50	707	378	301	262	203	154	115	87	41	21.0	135	27.1	119	2.4	4.4	5.4	1225	0.253	21.5
1	150	3+200	50	707	896	695	580	414	294	204	150	59	19.1	57	20.5	69	1.5	2.6	3.2	472	0.184	17.4
1	150	3+100	50	707	333	233	196	139	102	73	57	29	18.1	153	17.1	225	1.9	3.3	4.1	1239	0.254	16.2
1	150	3+000	50	707	262	191	160	119	88	66	52	29	18.9	195	18.8	264	2.2	3.9	4.8	1730	0.284	17.1
1	150	2+900	50	707	376	272	231	162	113	81	63	35	18.3	136	17.6	195	1.9	3.2	4.0	1126	0.246	16.3
1	150	2+800	50	707	318	201	162	117	85	66	55	37	16.6	160	14.6	272	1.7	2.9	3.7	1104	0.244	15.0
1	150	2+700	50	707	387	258	208	142	98	71	57	33	16.6	132	14.7	223	1.6	2.7	3.4	910	0.229	14.9
1	150	2+600	50	707	275	194	168	130	102	81	67	38	19.6	186	21.6	216	2.4	4.2	5.3	1635	0.279	18.9
1	150	2+500	50	707	572	424	355	248	174	121	96	49	18.4	89	17.7	127	1.6	2.7	3.4	745	0.214	15.9
1	150	2+400	50	707	268	209	186	150	120	94	77	43	21.8	190	29.2	157	2.9	5.2	6.5	1906	0.293	22.3
1	150	2+300	50	707	249	187	165	131	104	82	67	36	20.9	204	24.7	211	2.7	4.9	6.1	2097	0.303	20.0
1	150	2+200	50	707	332	259	240	199	160	126	101	48	22.7	154	31.8	118	2.8	5.2	6.5	1725	0.284	22.8
1	150	2+100	50	707	264	194	176	142	115	93	79	46	21.3	193	27.8	166	2.8	5.1	6.3	1808	0.288	21.9
1	150	2+000	50	707	253	196	180	148	120	97	81	46	22.5	201	31.3	157	3.1	5.6	7.0	2209	0.308	22.8
1	150	1+900	50	707	210	161	152	131	110	90	75	42	23.6	243	37.8	138	3.6	6.6	8.2	2401	0.317	26.0
1	150	1+800	50	707	131	86	80	72	64	55	49	33	21.6	389	28.7	326	3.6	6.7	8.3	3809	0.369	22.6
1	150	1+700	50	707	303	220	197	155	122	98	83	49	20.6	168	23.9	178	2.5	4.4	5.5	1662	0.280	19.6
1	150	1+600	50	707	280	199	188	159	131	110	91	53	22.0	182	29.8	148	2.9	5.2	6.5	1875	0.292	22.4
1	150	1+500	50	707	308	243	202	155	119	94	77	44	20.3	165	23.4	179	2.4	4.3	5.4	1593	0.276	19.4
1	150	1+400	50	707	198	145	135	112	91	74	62	37	21.9	257	29.4	211	3.2	5.9	7.3	2593	0.325	22.5
1	150	1+300	50	707	177	147	140	120	100	84	71	42	25.1	288	44.4	142	4.2	7.9	9.9	3428	0.356	27.8
1	150	1+200	50	707	258	185	154	106	75	55	43	27	17.9	198	16.9	294	2.0	3.6	4.5	1576	0.275	16.3
1	150	1+100	50	707	328	232	195	137	98	74	59	35	18.1	155	17.2	227	1.9	3.3	4.1	1262	0.255	16.2

EJE MULTIMODAL DEL AMAZONAS NORTE
TRAMO OVALO CACERES-DESVIO SULLANA
EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
METODOLOGIA YONAPAVE

RED VIAL	RADIO PLATO CARGA (mm)	PROGRESIVA (KM)	CARGA (KN)	ESFUERZO (KPa)	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	AREA (in)	RIGIDEZ (ton/cm)	Lo Yonapave (cm)	Esg Yonapave (MPa)	$SN_{efectivo}$	$SN_{efectivo}$ (corregido)	$SN_{efectivo}$ (Yonapave)	E_p (MPa)	a_p (MPa)	$H_{p\ efectivo}$ (cm)
					0	20	30	45	60	90	120	150										
					µm																	
1	150	1+000	50	707	268	182	155	123	99	82	69	43	19.2	191	20.9	228	2.3	4.1	5.2	1616	0.277	18.6
1	150	0+900	50	707	329	211	184	145	118	98	83	48	18.8	155	18.6	212	2.0	3.5	4.4	1364	0.262	16.8
1	150	0+800	50	707	287	189	160	118	91	71	59	36	18.0	178	17.1	262	2.0	3.5	4.3	1432	0.266	16.3
1	150	0+700	50	707	328	240	200	154	117	92	75	43	19.3	155	20.9	186	2.2	3.8	4.8	1321	0.259	18.5
1	150	0+600	50	707	292	223	195	153	122	95	81	48	21.0	175	25.0	179	2.6	4.6	5.8	1814	0.288	20.0
1	150	0+500	50	707	334	244	214	164	125	96	77	43	19.9	152	22.3	172	2.3	4.0	5.0	1392	0.264	19.0
1	150	0+400	50	707	396	309	269	204	152	113	91	53	20.4	129	23.6	138	2.2	3.9	4.9	1254	0.255	19.3
1	150	0+300	50	707	556	414	331	227	163	121	96	58	18.0	92	17.0	136	1.6	2.7	3.3	733	0.213	15.6
1	150	0+200	50	707	133	102	90	71	57	46	40	28	21.4	383	28.0	328	3.5	6.5	8.1	3624	0.363	22.4
1	150	0+100	50	707	342	225	177	122	89	67	55	32	16.5	149	14.5	254	1.7	2.8	3.5	1015	0.238	14.9
1	150	0+000	50	707	270	183	146	92	64	48	41	29	16.4	189	14.3	326	1.8	3.1	3.9	1277	0.256	15.0

Anexo VII

Registros de temperaturas ambiente y del pavimento

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Ene	1	31.8	18.8	34.5	20.6	30.0	22.6	33.3	19.0	31.0	21.0	36.5	22.0	31.5	21.2	35.5	17.5	33.2	25.2	30.5	20.5
02-Ene	2	33.0	18.6	34.4	20.5	30.1	22.0	29.9	21.4	31.0	21.5	36.7	22.0	32.5	21.0	33.0	18.5	33.2	25.2	28.7	20.6
03-Ene	3	33.0	18.0	33.2	21.0	31.8	22.2	33.6	21.4	31.0	22.0	35.2	21.0	36.0	22.5	34.5	17.0	35.4	24.5	31.3	21.2
04-Ene	4	33.1	19.0	34.8	21.2	32.4	22.7	32.1	21.2	32.1	22.0	36.8	23.0	35.2	22.0	27.5	20.8	34.2	25.2	32.0	20.1
05-Ene	5	34.8	20.6	34.8	20.3	33.5	23.1	33.0	21.8	32.5	20.0	36.5	22.5	34.0	22.0	35.5	19.0	32.3	24.7	31.1	19.6
06-Ene	6	34.2	19.2	34.7	21.3	34.3	23.2	33.5	22.3	33.5	21.0	35.5	21.0	36.0	21.5	36.0	19.0	35.8	24.2	32.6	19.0
07-Ene	7	34.3	18.8	35.2	19.6	33.2	23.7	32.6	20.2	31.0	21.8	36.3	21.0	34.0	20.0	35.0	19.2	32.8	23.4	32.0	16.8
08-Ene	8	31.0	18.6	34.5	20.6	31.6	23.5	31.9	23.1	32.4	22.0	35.0	21.0	34.2	21.0	35.0	19.0	33.7	23.9	31.1	19.2
09-Ene	9	33.6	20.6	34.3	21.4	30.4	23.9	32.6	22.0	33.5	22.0	31.8	22.0	34.0	21.0	33.5	19.0	34.2	24.6	32.7	20.5
10-Ene	10	34.5	22.1	35.2	19.4	30.4	23.6	32.7	18.2	32.5	21.6	36.0	23.0	36.0	22.5	36.5	19.5	31.3	24.1	33.6	18.8
11-Ene	11	34.1	22.5	35.0	19.6	32.0	24.3	32.9	22.3	33.0	20.5	35.0	22.1	35.5	20.5	34.0	19.0	34.2	23.9	33.0	18.9
12-Ene	12	34.3	21.7	35.2	21.2	33.9	24.7	34.0	21.8	31.0	21.0	36.7	20.6	36.0	21.0	35.5	19.0	30.9	23.5	31.5	19.9
13-Ene	13	35.2	18.6	35.0	20.1	31.6	23.3	31.4	21.5	33.5	20.0	35.4	19.7	37.0	23.5	36.0	17.5	34.1	22.6	30.4	20.4
14-Ene	14	34.5	22.7	34.8	20.0	33.0	22.9	28.1	21.1	31.4	21.0	36.0	21.2	37.2	22.8	36.0	20.8	32.0	23.1	31.0	19.6
15-Ene	15	35.0	21.6	34.2	20.1	32.8	23.0	31.5	20.8	32.0	22.8	33.0	21.7	36.5	21.0	32.5	20.0	32.2	25.3	31.6	19.9
16-Ene	16	32.4	22.0	34.5	19.8	34.5	22.0	33.7	21.7	33.1	21.5	31.5	22.1	36.0	21.8	36.0	20.0	33.1	24.3	31.5	16.1
17-Ene	17	32.2	20.8	35.4	21.0	33.6	22.4	31.5	21.5	33.0	22.0	36.2	22.0	35.2	23.0	36.5	20.8	33.0	23.8	31.5	15.9
18-Ene	18	34.6	20.4	35.0	21.0	30.0	23.3	33.9	22.6	32.0	22.0	37.5	21.0	34.5	23.0	34.5	19.0	32.9	23.3	31.3	18.4
19-Ene	19	34.2	21.6	33.6	20.8	33.6	24.0	32.7	23.2	34.5	23.0	36.3	19.8	35.7	22.5	34.0	21.0	32.9	23.2	31.8	20.7
20-Ene	20	35.5	21.5	34.6	20.5	33.0	23.8	33.9	22.9	34.0	23.1	36.8	20.0	35.5	21.5	36.0	20.5	33.8	24.5	33.5	20.6
21-Ene	21	35.6	20.6	34.5	19.8	33.9	24.0	34.2	22.8	34.5	22.5	36.0	24.0	33.5	21.0	36.2	18.2	32.8	24.3	31.7	20.4
22-Ene	22	35.2	22.5	34.5	20.0	31.7	23.9	32.8	21.1	31.5	23.0	36.0	23.2	33.6	20.5	36.5	18.0	33.8	22.1	33.3	20.8
23-Ene	23	35.4	18.4	35.2	21.7	32.8	24.3	32.9	21.6	33.0	23.0	37.0	22.2	35.4	20.0	33.5	18.0	32.3	23.4	33.1	21.0
24-Ene	24	35.2	20.6	34.3	20.2	34.2	24.6	34.3	23.4	30.0	23.0	38.5	22.8	34.0	20.5	36.2	17.2	34.1	23.5	34.0	21.0
25-Ene	25	35.0	20.8	36.0	20.6	32.1	23.7	34.1	22.3	31.0	23.0	37.9	21.8	35.5	20.0	36.7	17.2	33.0	23.3	34.4	21.9
26-Ene	26	34.5	21.0	35.0	21.1	34.2	24.7	34.7	24.0	33.5	22.0	36.2	22.9	35.2	23.0	34.0	21.0	33.0	23.1	32.3	20.2
27-Ene	27	35.2	22.1	35.2	21.0	32.8	25.2	35.5	23.2	30.0	23.0	38.4	22.1	34.8	23.0	37.5	21.5	35.1	24.1	34.0	21.3
28-Ene	28	35.9	21.8	35.2	22.5	35.0	24.9	34.0	23.2	33.0	21.0	36.5	22.3	37.2	23.0	35.0	20.0	33.2	25.2	33.8	21.8
29-Ene	29	34.8	21.6	36.0	22.4	33.8	23.9	34.8	22.5	33.4	23.0	37.2	23.0	36.6	19.5	37.0	20.0	31.4	24.8	34.7	22.5
30-Ene	30	36.0	21.5	35.8	22.4	31.9	24.4	33.5	23.8	30.5	22.9	34.0	22.5	37.5	21.5	36.5	18.5	33.2	24.2	34.6	23.0
31-Ene	31	34.4	22.0	36.5	22.7	34.2	23.7	35.4	24.9	34.5	22.5	35.0	21.0	36.0	23.0	37.2	20.2	34.8	26.2	34.9	22.7

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Feb	32	34.3	22.5	33.7	23.0	34.6	23.7	34.8	23.3	31.0	21.0	38.2	22.1	37.8	22.5	36.0	19.0	35.6	25.4	34.7	23.4
02-Feb	33	35.2	22.2	32.8	21.4	29.7	24.2	31.3	23.8	35.0	21.0	37.5	22.8	38.0	24.0	35.8	21.0	33.4	25.4	34.0	22.1
03-Feb	34	33.0	22.1	35.6	22.6	32.1	24.0	33.7	23.6	34.6	24.0	36.4	21.9	37.0	23.0	35.5	21.0	34.6	25.5	34.8	23.3
04-Feb	35	35.8	22.1	36.5	23.1	30.6	24.9	34.6	24.4	31.0	23.5	36.2	23.2	37.2	22.8	33.5	20.5	35.8	25.0	34.0	22.2
05-Feb	36	36.1	22.0	37.0	21.0	34.0	24.0	35.3	23.1	31.4	22.7	31.5	23.5	36.8	24.0	32.2	20.5	33.1	24.9	30.7	23.0
06-Feb	37	36.2	23.1	35.4	22.5	32.4	24.7	34.0	22.9	32.0	21.5	36.5	20.8	37.9	22.5	35.2	19.2	33.3	24.4	31.0	23.0
07-Feb	38	36.0	23.2	36.0	21.7	34.7	23.8	34.9	23.8	34.0	22.0	38.6	22.8	36.0	20.0	35.0	19.0	33.7	25.4	34.5	23.3
08-Feb	39	35.4	22.5	36.3	21.8	32.1	23.3	33.8	24.4	34.4	22.1	37.0	22.0	35.6	21.6	35.0	20.0	31.9	23.4	35.1	23.2
09-Feb	40	36.0	23.0	34.6	21.3	32.1	25.4	32.7	23.2	34.0	22.6	38.5	21.2	37.0	23.0	36.0	22.0	30.6	23.4	34.9	23.3
10-Feb	41	35.1	23.0	36.0	22.5	31.3	23.3	34.5	24.0	33.5	22.4	34.0	23.2	38.0	23.5	37.0	21.5	33.0	23.7	33.7	23.3
11-Feb	42	35.0	22.2	35.3	21.6	33.4	24.4	32.5	24.1	32.0	20.0	37.0	21.0	38.0	24.0	37.0	22.0	31.4	24.6	35.0	23.2
12-Feb	43	36.5	23.0	36.0	22.2	33.3	25.4	34.5	22.0	34.0	24.0	38.0	23.0	37.0	22.3	37.0	21.5	34.2	25.1	33.8	22.4
13-Feb	44	31.4	22.0	36.8	24.7	33.7	25.0	34.0	21.5	35.4	23.0	38.0	22.2	35.8	21.5	37.3	20.0	33.3	24.7	36.0	22.0
14-Feb	45	35.6	23.8	34.8	22.1	32.7	23.6	32.7	22.0	33.0	23.5	37.4	22.8	37.2	23.0	37.0	20.8	32.0	24.1	31.2	21.0
15-Feb	46	32.2	22.5	36.0	24.1	30.8	25.1	32.5	23.0	32.0	22.5	36.2	22.7	36.5	23.2	36.0	20.0	34.7	23.9	29.6	22.2
16-Feb	47	32.2	22.5	35.4	23.3	33.8	25.2	33.4	23.0	32.5	22.0	36.5	23.8	38.0	22.5	35.8	20.8	34.4	25.1	29.6	22.0
17-Feb	48	34.6	22.6	35.6	23.2	34.6	23.5	35.5	21.3	33.5	20.0	36.4	23.0	37.8	22.5	34.0	20.5	31.8	25.7	28.9	22.1
18-Feb	49	34.2	22.2	36.4	24.5	32.8	23.6	33.7	21.0	35.0	23.0	33.8	23.1	38.2	24.0	32.0	21.0	34.4	24.5	32.8	22.1
19-Feb	50	36.6	22.0	35.4	23.4	33.3	24.5	34.1	23.0	32.0	22.2	35.0	22.0	36.0	24.0	36.0	23.0	33.1	24.0	32.3	23.3
20-Feb	51	36.2	22.6	36.5	24.4	34.1	23.9	34.2	22.0	32.0	22.0	35.0	21.6	37.8	24.0	36.0	23.0	34.9	23.9	32.7	22.4
21-Feb	52	34.3	22.8	35.4	23.6	36.1	24.8	33.4	22.0	32.5	24.0	36.2	21.2	37.8	23.0	36.8	23.0	33.9	24.0	31.1	22.7
22-Feb	53	35.6	23.0	34.6	23.8	33.1	25.2	35.0	21.0	32.0	23.0	36.5	23.0	37.5	23.0	37.8	23.0	34.3	24.2	35.4	23.2
23-Feb	54	34.2	22.8	36.6	23.7	31.8	24.5	33.7	21.2	34.6	25.0	35.0	21.5	38.2	23.0	36.0	22.5	33.9	23.9	35.1	22.9
24-Feb	55	34.0	23.0	35.0	24.1	32.1	25.1	32.5	22.6	34.0	24.6	37.0	20.0	37.2	23.5	37.0	22.0	33.6	24.5	35.7	23.6
25-Feb	56	31.0	22.6	36.0	23.0	34.8	25.5	34.8	22.5	34.0	22.5	36.3	20.5	38.0	24.0	37.5	21.5	33.2	26.7	33.3	23.3
26-Feb	57	31.0	20.2	35.5	22.5	34.8	25.0	34.7	22.8	35.0	23.0	36.0	21.5	38.2	23.0	38.0	22.5	32.1	25.4	33.7	23.3
27-Feb	58	33.6	19.8	34.0	23.5	33.5	24.6	32.0	20.7	36.5	22.5	35.0	20.1	38.0	22.8	37.5	23.0	34.0	23.4	32.8	23.1
28-Feb	59	33.5	20.5	34.5	23.0	35.4	24.6	35.4	20.4	35.7	24.0	36.0	20.5	38.0	23.0	37.8	23.0	32.9	23.0	34.7	22.9

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Mar	60	36.0	22.5	36.3	23.4	34.2	25.5	30.4	21.5	33.0	23.6	37.1	20.1	36.0	24.5	38.5	21.8	34.8	24.0	34.8	22.5
02-Mar	61	35.2	21.0	35.0	24.9	34.3	25.3	34.0	21.0	33.6	23.0	33.7	19.9	37.5	24.0	38.5	22.5	35.2	24.4	35.2	22.9
03-Mar	62	35.0	21.0	35.5	25.4	32.0	25.6	32.7	21.4	33.0	20.0	37.9	19.4	37.5	25.0	38.5	22.5	33.7	24.0	34.5	23.1
04-Mar	63	34.8	21.4	37.0	23.8	31.6	26.0	33.4	19.6	31.0	21.0	37.2	21.0	38.5	24.0	38.6	23.0	32.2	24.4	35.0	24.1
05-Mar	64	35.0	21.6	36.6	25.3	34.0	25.2	32.0	21.0	35.0	23.0	37.9	22.8	36.5	24.0	38.5	25.0	33.7	24.9	35.3	21.8
06-Mar	65	36.0	22.1	36.5	24.7	34.0	25.3	34.6	20.2	34.0	24.6	38.1	22.9	37.8	24.0	38.5	25.0	30.8	22.7	35.7	21.6
07-Mar	66	35.2	22.0	37.6	24.3	31.5	25.0	34.2	21.8	33.4	23.0	38.0	21.9	36.0	24.0	38.0	23.0	34.2	22.9	33.3	23.3
08-Mar	67	34.8	22.5	35.4	24.4	35.0	24.9	35.0	22.5	33.6	20.0	38.0	21.7	38.3	24.6	36.5	22.0	34.4	23.4	33.8	21.2
09-Mar	68	34.6	22.2	35.2	23.2	34.3	25.3	35.0	20.5	35.0	20.0	38.3	20.9	35.2	22.2	37.0	23.0	34.3	24.2	35.0	20.3
10-Mar	69	36.0	21.0	36.6	24.5	33.7	26.4	37.0	21.8	33.3	23.0	38.2	22.4	36.2	23.8	37.5	22.5	34.2	24.9	34.7	22.6
11-Mar	70	35.0	21.4	35.4	24.1	36.4	26.1	34.6	21.1	30.0	24.0	36.2	23.9	35.7	23.5	37.5	23.5	33.0	22.5	35.0	20.9
12-Mar	71	35.4	21.0	36.5	23.2	34.4	25.8	35.0	20.1	30.3	22.0	39.0	23.8	37.0	24.0	36.5	22.8	32.8	24.2	34.8	21.7
13-Mar	72	35.2	21.8	35.5	24.0	32.1	25.2	35.0	19.4	30.5	20.0	37.0	21.5	37.0	24.0	38.0	22.0	32.6	24.8	34.4	22.0
14-Mar	73	36.0	21.8	35.2	24.5	32.5	23.8	37.1	20.5	33.0	21.0	38.5	22.0	35.3	24.0	38.4	22.5	31.9	24.1	33.7	22.0
15-Mar	74	32.4	21.8	35.9	22.7	33.1	26.4	36.5	21.0	34.0	23.0	38.9	22.0	35.3	24.0	38.5	23.0	33.5	23.6	34.1	22.5
16-Mar	75	36.5	23.4	34.9	23.7	33.8	24.0	34.0	21.0	33.6	22.0	38.9	22.7	36.2	22.5	36.5	22.5	35.2	24.5	33.0	21.3
17-Mar	76	36.1	22.0	38.0	23.5	31.9	24.6	36.9	21.0	34.0	21.0	38.5	22.7	38.3	22.5	37.0	24.0	33.9	24.4	33.8	21.9
18-Mar	77	36.0	23.2	34.6	23.5	33.3	25.3	35.5	22.3	34.6	20.0	37.0	23.0	37.0	23.2	31.0	22.0	33.1	25.7	34.0	22.1
19-Mar	78	34.5	22.6	35.2	23.3	34.6	25.6	35.2	22.0	35.0	20.0	35.8	22.1	37.0	22.8	36.5	23.0	32.5	25.2	34.0	20.5
20-Mar	79	36.2	23.5	36.1	24.1	33.0	25.7	36.8	21.0	34.2	20.0	30.2	22.2	36.0	22.0	38.0	21.5	31.5	23.9	34.4	20.4
21-Mar	80	36.4	21.0	35.8	23.9	34.3	25.8	36.0	25.5	35.4	21.8	32.6	21.1	37.8	21.0	37.5	21.5	34.7	24.7	34.6	20.8
22-Mar	81	34.9	22.0	36.0	23.4	34.5	26.0	36.8	25.5	35.2	21.6	36.3	21.0	36.8	24.0	37.0	20.8	34.3	22.5	36.4	21.5
23-Mar	82	35.8	23.4	35.8	24.3	33.4	25.7	35.9	20.9	34.0	20.0	36.2	20.4	36.0	23.5	36.5	23.0	32.8	22.5	35.0	22.0
24-Mar	83	36.0	23.2	35.3	24.7	35.3	24.6	33.1	20.4	34.0	20.0	37.0	20.2	36.2	23.8	37.5	20.5	34.9	23.2	35.0	21.0
25-Mar	84	33.0	23.3	36.2	23.4	36.8	25.3	34.0	20.8	34.6	23.0	36.1	19.0	36.0	22.0	37.0	21.5	33.3	24.8	35.6	22.3
26-Mar	85	35.6	22.8	36.5	24.1	33.9	26.0	35.0	22.0	34.0	22.4	36.5	19.0	35.5	22.3	36.5	20.0	34.1	24.3	33.1	22.6
27-Mar	86	34.9	23.0	36.0	24.2	35.1	24.9	35.8	21.5	33.6	22.2	35.5	20.0	37.0	23.0	38.0	20.0	28.4	24.4	33.8	20.8
28-Mar	87	35.2	21.2	32.6	23.0	32.9	24.7	35.0	22.0	33.0	20.0	35.7	20.8	34.0	22.0	37.0	20.0	33.2	23.0	36.7	21.6
29-Mar	88	35.0	21.6	35.5	23.7	33.5	25.9	35.6	21.0	32.0	20.0	36.0	21.0	37.0	22.5	37.0	22.0	32.7	23.4	36.7	21.8
30-Mar	89	36.0	22.0	36.0	22.9	31.7	25.2	34.4	20.0	28.6	21.0	34.6	20.0	37.0	22.8	37.5	20.0	32.0	25.0	33.5	22.5
31-Mar	90	35.0	20.5	35.1	22.5	32.9	23.6	35.1	21.0	30.0	20.6	35.3	19.0	35.8	21.5	36.0	20.0	33.5	23.5	33.5	20.6

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Abr	91	34.1	21.0	36.5	22.4	33.5	23.7	35.2	21.2	29.5	22.0	35.2	20.0	36.0	21.5	37.0	23.5	35.1	23.9	33.4	21.2
02-Abr	92	34.6	21.4	35.2	21.6	32.8	23.8	34.8	19.1	32.5	21.0	37.5	21.0	36.0	21.8	36.5	23.5	33.3	24.3	30.1	21.3
03-Abr	93	34.7	20.2	35.8	21.4	32.0	24.1	35.1	20.0	35.5	21.5	38.2	21.0	36.0	22.0	36.5	20.0	32.5	24.9	33.1	21.4
04-Abr	94	35.2	22.3	35.2	22.0	33.6	24.5	33.9	20.2	35.0	21.0	35.0	19.9	36.5	22.5	36.1	22.5	35.0	25.1	33.2	20.6
05-Abr	95	33.0	20.2	33.6	22.4	36.1	23.6	33.6	22.0	32.0	22.0	36.0	20.0	34.8	21.0	36.0	22.0	34.3	25.7	34.4	21.6
06-Abr	96	34.1	20.0	35.0	21.3	36.1	24.3	35.0	22.8	34.0	19.8	35.0	21.0	34.0	21.0	36.5	21.3	32.9	25.2	34.2	21.6
07-Abr	97	33.5	19.9	33.4	21.2	35.1	24.1	35.4	22.6	36.0	21.0	36.5	20.5	35.8	20.0	36.0	23.0	34.6	23.9	32.0	20.8
08-Abr	98	32.0	20.1	35.2	21.1	33.4	23.7	34.3	22.0	35.3	21.8	36.2	20.5	34.0	21.0	35.0	23.2	32.0	23.2	31.6	20.8
09-Abr	99	32.6	20.0	33.8	22.0	33.1	24.3	34.5	23.0	35.0	20.3	36.2	21.0	35.5	21.5	37.5	24.0	33.3	24.1	31.7	19.9
10-Abr	100	30.0	20.0	34.2	22.8	32.5	24.3	35.5	22.9	36.0	20.5	36.5	21.0	35.4	21.5	35.5	23.2	32.8	24.5	31.7	20.8
11-Abr	101	33.3	20.2	35.5	22.0	32.2	24.0	36.1	20.1	35.0	20.3	36.0	20.0	34.0	23.2	36.0	23.5	34.7	24.0	28.9	19.9
12-Abr	102	34.7	20.5	34.5	23.2	36.4	23.4	33.2	22.2	34.0	19.0	35.6	20.8	34.0	23.0	36.2	21.8	33.8	23.9	33.7	20.8
13-Abr	103	34.0	21.4	35.0	21.5	34.8	23.1	34.4	21.3	35.1	21.5	36.0	20.5	35.0	20.5	36.5	24.5	33.4	24.2	32.5	21.4
14-Abr	104	32.6	22.5	35.0	22.4	32.6	24.0	36.2	20.0	34.0	19.8	36.0	19.5	35.8	22.2	37.0	23.5	30.6	23.9	31.5	20.8
15-Abr	105	35.0	23.2	33.8	23.1	33.9	24.1	36.1	20.5	33.0	20.5	35.2	20.0	34.5	20.0	36.0	22.0	31.3	21.9	32.0	21.1
16-Abr	106	34.4	22.6	35.0	21.3	32.4	24.3	36.7	20.8	32.0	19.9	36.0	18.9	32.3	19.0	35.0	21.0	31.1	22.2	32.5	19.7
17-Abr	107	34.3	20.4	34.6	22.1	33.5	23.6	33.6	20.8	33.5	18.8	34.8	18.8	32.0	20.5	36.0	23.0	32.1	22.9	32.2	19.7
18-Abr	108	34.3	20.4	33.2	21.6	33.5	23.9	35.0	21.5	33.9	20.2	34.1	20.3	33.0	18.5	36.0	23.0	31.6	22.7	32.3	19.7
19-Abr	109	34.0	20.6	32.6	21.1	33.2	23.9	36.0	21.0	34.5	21.4	36.0	18.2	35.0	19.3	34.5	24.0	32.7	22.1	31.4	19.9
20-Abr	110	34.3	20.7	33.6	21.5	31.0	23.2	34.8	22.0	34.1	19.0	35.5	17.9	32.5	20.0	35.5	22.0	31.1	22.5	33.1	19.9
21-Abr	111	34.5	20.5	35.0	21.7	33.4	23.1	34.6	21.2	34.9	20.4	34.0	16.8	33.0	18.5	35.0	22.0	33.1	23.3	31.5	20.5
22-Abr	112	34.1	21.5	36.1	20.4	31.8	23.8	33.5	21.0	34.2	17.5	32.0	17.0	33.2	19.5	35.5	23.0	34.2	23.4	31.9	20.4
23-Abr	113	33.6	21.0	33.2	20.3	30.5	23.3	33.2	18.8	34.0	18.3	29.8	17.0	33.3	19.5	36.0	23.0	33.1	24.1	32.2	19.3
24-Abr	114	35.1	20.6	33.0	22.6	32.0	22.6	34.5	20.0	32.5	18.8	33.8	17.0	33.0	19.5	34.5	23.0	32.9	23.9	32.0	20.4
25-Abr	115	32.4	21.6	34.1	21.6	32.0	22.5	34.3	19.0	32.8	19.5	33.5	17.0	35.0	19.0	36.0	22.5	31.5	22.1	31.9	19.1
26-Abr	116	31.0	20.0	35.0	21.4	32.3	23.1	35.0	18.3	36.0	20.8	35.0	18.5	30.5	18.4	33.5	22.5	31.9	23.9	33.7	20.7
27-Abr	117	32.5	20.0	35.1	21.3	30.3	22.9	34.9	20.9	32.7	19.8	34.0	18.0	32.5	18.5	35.0	20.5	34.1	22.9	33.8	20.5
28-Abr	118	32.0	20.1	33.6	22.3	34.5	23.3	34.5	20.0	35.0	21.2	33.2	18.3	33.3	18.5	35.0	20.5	31.8	23.6	31.4	20.3
29-Abr	119	31.8	20.0	34.8	22.0	34.8	23.4	34.8	21.0	35.0	21.0	31.2	18.0	35.0	19.5	29.0	20.5	32.3	22.6	30.0	19.5
30-Abr	120	32.2	19.8	32.9	21.6	31.9	23.2	33.5	20.0	34.8	20.5	34.3	17.5	35.0	19.5	34.0	20.5	28.2	21.0	29.6	19.2

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-May	121	33.0	20.1	34.5	22.0	33.4	24.3	32.7	20.1	32.8	21.6	34.0	17.8	35.0	19.3	34.0	22.1	29.8	22.6	28.4	18.9
02-May	122	32.2	19.5	33.3	20.3	31.6	24.4	33.5	18.4	31.0	20.0	33.0	16.8	32.7	19.1	34.9	19.7	31.0	22.6	30.8	19.3
03-May	123	31.4	19.8	33.0	20.0	31.5	24.2	32.0	18.7	31.0	20.0	33.1	16.8	33.0	19.4	35.9	21.1	33.8	22.2	28.4	20.0
04-May	124	32.2	19.2	32.5	22.0	33.4	25.4	34.0	20.1	31.0	20.0	33.0	17.5	36.2	18.3	35.8	21.1	33.1	21.7	30.5	18.0
05-May	125	31.0	20.0	31.6	21.5	32.7	24.3	33.0	20.9	31.5	21.0	33.0	16.8	33.6	18.6	35.8	22.5	31.5	23.0	30.5	18.0
06-May	126	30.6	20.3	34.0	21.6	32.2	24.7	34.5	20.0	33.0	19.0	33.2	16.7	34.5	19.3	36.8	23.6	28.1	23.2	29.3	18.7
07-May	127	32.3	20.2	33.1	20.3	33.2	24.4	33.5	21.7	33.0	20.0	34.0	17.0	37.1	20.0	37.0	23.7	32.5	22.1	30.8	19.3
08-May	128	31.8	20.1	33.0	20.8	33.3	24.7	31.8	20.4	31.0	22.0	34.0	17.8	34.1	19.8	36.0	22.0	32.5	23.2	31.1	19.0
09-May	129	32.2	20.0	33.0	22.1	30.4	23.8	33.3	19.9	32.5	19.5	34.0	18.8	31.8	20.1	35.3	20.6	27.8	22.2	29.1	17.6
10-May	130	31.5	19.0	33.2	20.9	31.1	24.3	33.5	20.8	29.0	19.0	30.2	18.0	35.1	19.9	35.0	23.7	30.3	21.7	28.8	19.1
11-May	131	29.5	20.0	34.0	20.1	30.2	23.9	34.0	19.8	32.2	18.5	32.0	16.9	32.4	20.2	36.0	22.3	28.0	22.0	30.7	18.4
12-May	132	31.8	20.3	32.2	22.3	31.9	23.0	33.2	20.0	28.5	19.0	32.0	16.5	33.7	20.0	36.5	23.0	32.2	22.0	28.9	18.4
13-May	133	30.2	20.5	33.6	20.6	31.7	23.8	33.0	20.0	31.0	21.0	32.5	17.8	34.9	22.2	35.6	22.0	31.3	23.1	31.5	17.5
14-May	134	31.5	20.6	33.7	20.7	31.2	23.9	30.7	19.9	32.0	20.0	33.0	18.0	35.1	21.4	36.5	22.0	27.2	21.5	30.1	18.8
15-May	135	29.5	20.6	32.4	22.5	31.5	24.5	33.0	19.9	30.0	18.0	33.3	18.0	32.0	20.8	37.0	23.5	30.3	22.5	29.4	17.9
16-May	136	33.0	21.0	34.0	21.2	32.1	23.8	30.6	19.9	31.0	18.0	32.1	19.0	32.8	20.2	35.5	21.9	29.7	22.4	29.9	18.3
17-May	137	32.4	20.1	33.3	21.2	32.7	24.4	26.2	19.9	30.5	19.0	34.5	18.0	29.7	18.6	35.0	22.0	28.0	23.0	28.3	18.7
18-May	138	30.6	19.1	32.5	21.5	31.3	24.3	34.0	19.2	31.0	19.0	33.2	19.0	28.9	18.4	36.0	22.0	30.0	23.0	29.2	17.4
19-May	139	31.4	19.4	32.0	23.3	31.5	23.9	32.0	19.6	31.4	19.0	32.5	20.0	30.8	19.0	36.0	21.0	31.9	22.6	28.3	17.6
20-May	140	30.5	20.6	33.0	20.8	31.7	23.6	32.5	18.8	30.0	18.8	27.5	18.0	30.0	17.8	36.0	21.0	29.3	22.8	29.7	17.7
21-May	141	29.2	21.0	34.0	21.1	31.3	22.8	31.0	19.8	31.2	20.0	32.1	19.0	30.3	17.8	35.0	20.5	32.0	22.1	29.9	15.8
22-May	142	32.0	20.2	33.5	19.7	31.4	23.3	26.0	18.8	31.0	19.0	32.8	17.0	30.0	16.2	36.0	20.0	29.4	22.0	26.0	17.8
23-May	143	31.8	19.8	31.4	19.8	32.3	23.2	28.5	19.7	31.0	18.0	33.0	19.1	33.0	17.5	36.0	21.0	26.8	20.5	27.4	17.1
24-May	144	31.5	21.4	32.0	19.3	31.5	23.2	26.5	18.4	31.0	19.0	33.8	19.9	33.0	18.3	35.0	21.0	29.9	19.1	25.4	17.8
25-May	145	31.3	20.6	30.7	19.1	32.6	23.2	30.0	19.0	30.0	19.0	34.5	17.9	33.0	18.5	32.0	22.5	27.0	21.3	26.7	17.5
26-May	146	32.4	21.0	32.5	18.5	31.2	23.0	32.0	18.0	29.0	18.5	31.2	17.4	35.0	18.0	35.8	22.3	29.4	22.8	27.4	18.3
27-May	147	32.5	20.5	32.5	19.2	30.7	22.5	33.0	19.0	30.0	18.0	31.0	18.0	30.0	17.0	35.0	21.3	31.1	21.3	27.5	17.4
28-May	148	30.6	20.1	33.0	19.7	30.4	21.6	30.0	20.0	31.0	18.0	33.0	15.9	30.0	16.8	35.5	21.8	29.7	22.2	27.1	16.9
29-May	149	30.5	21.2	32.0	19.9	29.5	21.0	24.5	19.0	29.1	17.0	30.5	17.9	31.0	16.8	36.8	21.9	31.9	22.0	25.8	17.3
30-May	150	30.2	20.1	30.1	19.8	28.5	22.1	30.2	19.0	29.0	17.0	31.5	15.5	31.0	16.8	35.5	21.0	28.5	21.8	27.0	16.4
31-May	151	31.5	20.5	33.0	19.9	30.0	21.7	33.0	17.0	28.0	18.0	31.0	17.8	31.0	17.0	34.0	20.5	28.6	22.3	26.2	16.9

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Jun	152	32.2	19.9	32.6	21.6	28.8	19.1	30.4	18.0	29.0	17.0	32.0	19.0	30.8	18.5	35.2	21.5	29.0	21.7	29.3	18.1
02-Jun	153	30.6	19.2	32.2	22.1	28.1	19.6	26.8	18.2	30.0	18.0	33.0	17.0	33.0	18.0	34.2	22.0	30.7	21.8	28.5	16.6
03-Jun	154	31.2	20.6	32.0	19.8	30.5	19.5	28.5	19.5	29.0	18.0	34.0	17.5	29.0	18.5	33.0	22.5	31.1	20.3	27.6	17.7
04-Jun	155	31.2	18.3	30.2	19.2	29.6	19.4	32.0	17.9	28.0	17.0	32.5	17.5	29.7	18.5	33.0	22.0	27.7	21.5	29.0	18.1
05-Jun	156	31.1	18.4	33.5	20.4	29.8	19.5	29.0	19.0	28.0	17.0	32.0	18.5	30.0	17.5	33.0	20.0	25.8	21.2	29.4	18.2
06-Jun	157	31.1	18.1	30.5	17.8	27.9	19.1	30.0	19.0	29.0	16.0	29.0	19.8	28.6	16.0	35.8	20.0	29.5	20.3	24.6	18.9
07-Jun	158	30.3	17.7	30.0	19.0	30.9	19.5	31.5	17.8	29.0	19.0	32.0	18.0	30.5	19.0	36.0	23.0	29.6	19.9	27.1	18.0
08-Jun	159	33.0	17.5	31.5	18.5	28.5	19.3	25.0	19.0	28.0	17.0	32.0	18.0	29.5	18.0	36.2	21.5	30.5	19.8	27.5	15.9
09-Jun	160	29.9	18.9	30.0	20.0	29.7	19.1	30.0	19.0	30.0	18.0	31.6	17.5	28.8	17.5	36.0	21.8	31.2	20.3	27.6	17.0
10-Jun	161	30.0	19.0	31.4	18.6	28.8	19.2	30.0	18.2	29.8	17.0	31.0	18.0	28.0	18.0	33.3	21.0	26.8	21.4	25.4	17.5
11-Jun	162	31.4	17.8	31.4	19.1	27.3	18.9	29.0	18.0	30.0	17.0	31.5	16.2	30.5	19.0	33.8	19.8	26.1	21.0	25.5	17.3
12-Jun	163	31.0	19.3	30.2	18.1	27.8	19.0	29.5	17.9	29.3	18.0	33.5	16.0	28.2	18.3	32.0	21.5	28.6	20.6	26.9	17.0
13-Jun	164	32.0	18.4	31.0	18.3	28.5	19.5	30.2	18.4	29.0	17.0	31.4	18.0	27.0	17.5	32.0	21.0	28.4	20.4	27.1	17.5
14-Jun	165	29.0	16.9	30.2	20.2	27.1	19.1	29.1	18.6	29.0	18.0	32.8	16.5	29.9	14.5	34.2	21.5	28.0	20.3	26.8	18.0
15-Jun	166	30.0	17.0	31.0	18.9	28.7	19.2	29.5	17.0	29.0	16.0	32.5	16.0	30.0	18.5	30.0	20.2	29.3	20.0	27.0	17.1
16-Jun	167	31.4	20.5	31.4	22.0	30.7	18.6	30.0	16.9	28.0	16.5	30.8	19.0	29.0	17.5	32.0	20.8	27.4	20.0	27.9	18.3
17-Jun	168	29.5	18.1	30.5	21.2	27.8	19.3	30.0	17.3	28.0	16.0	31.0	17.5	30.1	18.0	30.6	21.3	32.4	19.2	26.6	17.4
18-Jun	169	30.0	18.1	32.5	18.8	28.2	19.1	28.0	18.0	29.0	16.0	32.0	15.9	28.3	18.5	32.5	22.0	31.5	19.3	27.0	17.4
19-Jun	170	27.4	17.1	30.0	18.7	29.5	18.8	31.2	19.0	28.0	17.0	31.0	16.5	28.8	18.0	31.9	22.0	28.6	19.4	26.7	15.9
20-Jun	171	30.0	16.1	28.4	17.8	29.6	19.2	31.5	19.3	29.0	18.0	30.0	16.0	28.0	18.2	33.8	22.0	29.5	18.1	27.1	17.2
21-Jun	172	28.8	16.0	26.6	20.7	29.1	19.0	28.5	19.4	28.0	17.0	30.0	15.0	30.0	17.5	32.8	21.8	29.9	19.5	23.3	17.3
22-Jun	173	29.5	17.1	29.2	18.2	29.0	18.9	31.0	18.6	28.0	17.0	30.0	14.3	29.0	18.0	34.8	21.3	31.5	19.6	28.2	17.0
23-Jun	174	30.9	18.6	32.0	18.9	27.5	19.1	26.8	17.6	29.0	18.0	30.0	14.1	31.0	18.0	29.0	21.5	31.8	18.4	28.0	18.0
24-Jun	175	28.8	18.6	28.4	19.5	27.3	19.1	27.0	19.0	28.0	17.0	30.3	14.8	28.2	17.5	36.0	19.0	29.0	19.5	24.1	16.8
25-Jun	176	31.0	18.8	28.0	19.2	29.3	19.3	30.6	18.6	28.0	18.0	28.9	16.9	30.0	18.0	33.5	22.0	27.9	18.7	27.6	16.6
26-Jun	177	29.2	17.8	28.2	19.4	28.2	18.6	29.5	18.5	28.0	17.0	30.3	15.2	27.5	17.5	35.0	20.3	28.3	17.4	30.0	18.0
27-Jun	178	27.0	18.8	30.2	18.7	28.5	18.5	31.0	19.0	29.0	16.0	30.8	16.0	30.0	17.5	34.0	22.5	30.2	18.0	21.7	17.5
28-Jun	179	28.2	17.0	29.0	18.4	27.9	18.5	32.0	19.4	28.0	18.0	30.4	16.4	28.2	17.5	29.0	21.0	29.6	19.1	26.4	15.5
29-Jun	180	29.4	18.6	28.3	18.3	25.9	19.4	32.0	19.1	31.0	18.0	29.0	16.5	28.5	17.5	34.0	21.0	29.5	17.4	25.6	17.8
30-Jun	181	29.4	19.0	29.5	18.9	27.8	19.1	28.0	19.0	29.0	17.0	31.0	15.0	27.8	17.0	34.0	20.8	27.8	18.3	25.6	17.6

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:**	Piura	**Region:**	Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:**	UDEP	**Fuentes**	UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:**	Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci**	Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Jul	182	26.7	18.5	27.9	17.4	27.9	17.3	30.5	18.2	26.0	16.0	31.2	16.0	25.5	17.0	31.0	20.0	25.7	18.7	26.7	17.6
02-Jul	183	25.0	18.1	30.2	18.7	28.0	16.8	31.0	18.8	28.0	16.0	30.8	15.8	29.2	16.2	35.2	18.0	24.4	19.0	26.6	17.3
03-Jul	184	26.5	18.5	28.0	18.1	28.0	16.8	29.4	20.0	27.0	17.0	28.0	16.0	29.5	15.5	33.0	21.8	28.2	18.5	24.6	16.8
04-Jul	185	28.7	18.1	25.2	17.3	27.4	16.8	27.0	17.6	26.0	17.0	30.0	15.3	30.0	15.0	34.2	20.2	29.4	19.3	24.2	14.6
05-Jul	186	28.5	16.8	26.4	16.3	28.0	17.0	31.3	18.0	28.0	17.0	30.0	15.6	29.0	17.8	34.0	20.5	28.9	17.5	27.2	16.5
06-Jul	187	26.3	16.5	28.4	18.9	28.3	16.7	28.5	17.8	28.0	17.0	30.5	17.0	25.6	17.0	30.0	21.0	29.0	20.0	26.5	14.6
07-Jul	188	31.0	18.2	29.0	17.6	28.4	17.1	29.8	17.4	28.0	17.0	30.0	15.1	29.3	15.5	34.0	21.0	28.4	18.6	26.5	16.1
08-Jul	189	31.0	18.2	26.7	17.5	28.7	16.8	32.0	17.0	27.0	16.0	28.8	15.5	28.2	16.0	34.0	21.0	25.9	18.2	27.2	17.7
09-Jul	190	27.6	18.4	27.4	16.0	28.4	17.2	31.2	17.0	27.0	16.0	28.5	15.0	27.9	16.6	33.2	21.5	28.8	16.9	23.5	16.9
10-Jul	191	30.5	16.4	28.0	16.2	28.1	17.2	28.5	18.0	28.0	18.0	28.8	16.8	28.0	17.0	28.5	21.0	28.6	18.7	24.5	16.1
11-Jul	192	27.8	16.5	27.2	17.2	25.6	16.8	29.9	17.5	29.0	16.0	31.0	14.0	29.0	17.0	35.0	19.0	29.9	19.2	22.4	16.8
12-Jul	193	29.4	18.4	28.5	17.4	27.5	17.7	28.5	16.5	29.0	16.0	33.0	15.0	31.8	16.8	33.5	19.8	26.8	18.4	23.5	16.3
13-Jul	194	27.0	16.6	29.0	16.9	25.9	16.0	28.0	15.0	26.0	16.0	31.0	15.5	22.0	17.6	34.0	19.5	24.2	19.2	23.7	13.2
14-Jul	195	25.1	17.6	27.5	18.2	26.5	16.3	26.0	17.0	26.0	16.0	30.0	16.8	27.5	16.5	34.0	19.0	28.5	18.7	25.1	16.0
15-Jul	196	29.6	18.0	30.0	18.1	26.7	15.8	27.4	16.0	27.0	15.0	27.2	16.2	23.8	17.0	31.0	20.0	28.2	17.8	27.5	16.5
16-Jul	197	29.4	17.2	26.8	18.0	27.0	16.6	31.5	14.8	27.0	17.0	28.0	16.3	25.0	13.5	33.5	20.0	27.3	18.0	27.8	15.5
17-Jul	198	28.4	17.0	26.6	16.0	26.5	16.6	31.1	18.0	27.0	17.0	26.5	15.5	27.9	15.5	36.0	21.5	29.0	18.4	25.6	17.5
18-Jul	199	28.5	16.0	27.5	15.4	25.1	16.4	29.0	17.0	28.0	17.0	29.0	15.3	31.8	16.0	33.0	21.2	28.5	18.2	26.1	16.4
19-Jul	200	29.1	15.0	28.4	16.0	27.5	16.4	27.0	17.7	28.5	18.0	30.2	16.2	31.4	17.2	34.0	21.2	29.3	19.1	24.1	16.2
20-Jul	201	29.7	15.2	29.0	16.4	28.6	16.2	23.8	17.2	28.0	17.0	31.9	16.3	31.8	16.2	35.0	19.5	27.9	18.3	22.4	15.5
21-Jul	202	29.0	15.4	27.9	16.6	28.8	17.6	30.0	15.0	25.0	15.0	29.2	17.2	31.0	17.2	33.8	19.8	29.2	17.5	26.3	15.2
22-Jul	203	29.0	15.5	29.2	16.8	27.9	16.4	28.0	16.0	27.0	17.0	30.0	16.8	30.8	17.0	31.6	21.0	29.4	19.0	26.2	16.9
23-Jul	204	28.2	15.0	28.7	17.8	26.8	16.8	26.0	16.5	26.0	16.5	28.9	16.0	30.8	16.8	32.0	20.2	29.4	19.0	27.4	17.1
24-Jul	205	27.4	14.3	29.2	17.8	26.5	17.0	29.0	16.2	27.0	16.0	31.0	16.0	28.5	17.7	33.8	18.0	28.2	17.5	26.2	16.9
25-Jul	206	28.5	14.5	29.0	18.3	28.4	17.0	28.3	17.0	27.4	16.0	24.5	16.2	29.0	17.2	34.0	19.6	29.5	17.5	25.5	17.0
26-Jul	207	28.5	14.5	28.2	16.3	28.4	16.2	29.0	15.0	28.2	17.0	31.5	18.0	30.0	17.0	33.2	18.0	28.7	18.4	25.6	17.3
27-Jul	208	28.2	14.6	29.2	18.6	25.8	17.1	26.5	15.6	28.4	15.8	28.0	16.5	28.5	17.8	33.5	21.0	26.4	17.8	29.0	17.0
28-Jul	209	28.4	14.8	27.3	18.2	27.8	15.8	29.9	15.3	25.0	17.0	29.0	16.5	28.0	17.2	34.0	19.5	29.9	18.1	26.3	17.5
29-Jul	210	28.0	15.9	29.4	18.7	25.8	16.8	30.0	17.0	28.2	15.0	27.0	16.0	28.8	17.3	31.5	22.5	30.5	18.6	25.7	17.5
30-Jul	211	29.4	15.2	29.4	17.8	27.9	16.9	31.1	17.1	27.0	17.0	20.5	15.0	25.0	18.1	28.0	20.0	29.4	18.3	26.5	16.8
31-Jul	212	28.6	15.5	26.8	17.2	27.3	16.6	24.0	16.3	26.0	16.0	28.0	13.5	29.0	17.0	29.0	20.0	27.2	18.8	27.6	17.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Ago	213	28.3	15.3	27.5	17.1	26.9	18.2	28.1	15.0	27.2	17.0	28.2	14.5	29.0	17.0	34.0	20.0	27.2	17.2	27.1	18.0
02-Ago	214	26.6	15.2	27.6	18.3	27.7	17.6	29.0	15.5	26.0	15.0	29.0	15.0	28.0	17.5	31.0	21.2	28.4	17.0	28.1	18.0
03-Ago	215	28.4	16.4	29.7	18.2	27.1	18.3	27.8	15.9	27.0	15.5	31.0	15.5	29.5	14.5	33.0	19.6	25.6	18.2	27.7	17.5
04-Ago	216	29.0	16.0	29.5	17.0	27.8	18.0	27.2	16.5	26.0	15.0	29.2	16.0	30.0	17.0	32.0	19.0	28.4	18.0	26.1	16.9
05-Ago	217	28.4	16.5	29.4	17.8	28.8	17.9	26.8	16.3	28.0	16.0	28.0	15.5	28.2	17.2	33.2	20.5	28.1	17.2	24.4	17.2
06-Ago	218	29.3	16.6	31.0	15.8	25.6	18.3	28.7	15.5	28.0	17.0	25.0	15.5	30.0	17.5	34.5	18.8	27.0	16.2	23.7	16.8
07-Ago	219	29.3	16.5	29.0	17.0	26.5	17.9	29.0	16.6	27.0	16.4	28.0	14.2	28.5	17.2	34.5	21.0	26.9	18.2	25.4	15.3
08-Ago	220	29.5	15.0	27.4	18.2	27.2	17.8	28.5	14.0	26.0	16.5	29.0	15.0	29.0	16.6	34.0	21.8	29.0	18.4	26.4	16.9
09-Ago	221	29.7	16.0	29.5	17.7	28.5	18.1	29.0	15.5	27.0	14.9	30.2	13.0	31.0	16.0	34.0	21.5	26.0	17.9	25.9	17.2
10-Ago	222	28.5	15.0	30.5	17.7	27.5	18.1	28.0	16.0	30.0	16.0	30.2	16.0	30.1	16.6	35.0	21.0	27.6	16.9	28.1	17.1
11-Ago	223	28.6	17.3	27.5	17.9	28.1	18.3	31.2	16.9	27.6	16.8	29.5	15.0	29.0	17.0	35.0	19.5	26.7	17.8	26.4	17.9
12-Ago	224	29.4	17.0	27.6	17.4	31.9	18.2	28.9	17.5	28.0	16.0	33.5	14.0	30.6	17.0	32.5	21.5	24.0	17.4	28.0	18.1
13-Ago	225	28.2	17.9	28.1	17.0	28.3	18.2	25.5	17.0	31.0	18.0	31.2	16.2	28.5	17.0	30.0	20.8	27.4	16.1	25.0	17.2
14-Ago	226	28.4	17.5	27.7	16.7	26.5	18.1	24.5	16.0	27.0	16.0	27.1	15.8	28.0	17.6	34.0	20.5	23.1	16.4	26.5	16.0
15-Ago	227	28.6	17.0	29.1	17.8	27.6	18.5	31.0	16.9	30.0	17.0	30.4	15.2	30.8	16.6	28.0	19.8	26.1	17.1	29.3	17.1
16-Ago	228	28.6	16.5	27.6	17.5	28.7	18.8	29.0	15.1	27.4	16.0	30.4	14.5	30.0	17.5	33.2	22.0	27.0	16.5	26.2	17.6
17-Ago	229	30.5	16.4	26.0	16.9	27.5	18.6	28.8	17.0	26.0	16.3	27.5	16.0	31.2	17.5	29.0	20.5	27.1	17.6	25.8	17.1
18-Ago	230	28.9	17.0	27.5	17.7	26.9	18.1	31.8	17.0	28.0	17.0	30.4	16.0	29.1	17.8	31.0	21.0	27.5	16.8	26.3	17.0
19-Ago	231	31.0	16.7	27.6	16.8	27.9	18.2	31.0	18.1	26.0	16.0	33.2	15.9	29.9	17.0	33.5	20.5	26.8	17.0	27.0	17.1
20-Ago	232	30.2	16.0	29.3	19.3	27.7	18.5	31.0	16.5	28.0	16.0	30.4	16.0	29.0	17.4	34.8	19.8	27.2	16.8	24.0	16.5
21-Ago	233	29.6	16.4	26.5	19.0	27.3	18.6	29.0	17.8	27.4	17.0	29.5	16.0	30.1	17.0	33.0	20.3	26.4	15.7	26.3	16.7
22-Ago	234	31.8	16.2	29.4	18.5	27.2	18.6	29.1	17.0	26.0	16.5	31.0	15.2	29.8	16.0	32.8	21.0	28.1	15.2	27.9	13.5
23-Ago	235	28.4	16.9	30.0	18.0	29.8	18.6	29.0	16.1	29.0	16.0	31.0	15.7	30.0	16.5	33.0	20.5	23.6	16.8	25.3	16.8
24-Ago	236	31.0	17.4	27.5	17.7	28.7	18.3	29.0	17.0	29.0	16.0	30.0	15.3	28.5	18.1	33.0	19.7	27.8	16.7	25.3	16.1
25-Ago	237	28.2	16.5	27.6	17.5	28.4	18.2	29.0	17.4	29.0	16.0	28.0	15.3	29.6	17.6	34.5	20.0	27.5	15.6	26.1	13.4
26-Ago	238	28.0	16.1	27.5	16.7	28.7	18.4	28.1	17.0	29.1	18.0	31.2	14.0	30.0	16.5	34.8	21.0	27.7	15.0	27.4	15.7
27-Ago	239	28.0	16.0	25.8	14.7	28.3	18.7	31.4	15.2	29.4	16.9	28.0	16.0	29.0	16.2	33.3	20.0	28.7	15.9	24.8	17.1
28-Ago	240	28.2	15.7	29.2	17.2	28.7	18.6	30.0	17.2	28.0	18.0	31.2	16.0	30.8	18.0	31.5	19.0	30.1	17.3	27.3	14.7
29-Ago	241	28.1	15.5	28.0	18.1	26.4	18.4	30.0	17.0	27.0	16.4	28.0	15.0	32.0	17.0	31.6	21.0	30.0	17.5	27.9	15.2
30-Ago	242	28.1	15.5	27.4	18.1	25.2	18.2	31.0	17.0	30.0	18.0	30.2	15.8	29.4	17.0	35.1	20.8	28.6	17.8	26.1	17.1
31-Ago	243	25.6	16.5	27.0	18.8	26.1	18.2	30.5	15.0	28.2	18.0	28.0	16.2	31.6	16.8	35.0	21.9	28.5	18.7	27.1	16.8

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Sep	244	28.9	16.4	26.8	18.3	26.6	17.3	31.0	15.0	29.4	17.5	32.0	15.9	31.6	16.0	35.6	22.5	24.5	17.5	26.9	19.5
02-Sep	245	28.6	16.5	26.8	17.9	25.9	17.5	31.2	15.5	29.5	16.8	34.5	15.0	31.0	17.0	32.0	22.0	27.5	16.6	28.0	15.5
03-Sep	246	28.4	16.4	28.5	17.8	28.5	18.5	30.5	17.0	30.0	17.0	34.0	14.5	30.6	18.0	35.2	21.0	27.6	16.7	29.2	17.0
04-Sep	247	28.4	16.4	28.3	16.2	26.0	18.6	30.0	16.7	30.0	18.0	31.0	15.0	29.8	17.2	34.2	20.1	27.2	18.4	28.5	17.0
05-Sep	248	28.8	16.0	28.0	17.7	28.5	18.5	28.5	16.9	30.0	18.0	35.0	15.0	33.0	17.6	35.7	21.0	24.9	18.1	25.2	18.8
06-Sep	249	30.4	15.8	28.0	16.4	28.2	18.5	28.2	16.7	28.0	17.0	34.0	16.5	30.2	17.2	34.5	22.0	28.7	17.8	26.8	19.3
07-Sep	250	28.6	15.4	28.4	15.7	26.1	19.6	30.0	16.0	29.0	17.0	33.3	15.0	30.0	17.6	31.5	20.0	26.4	16.7	26.0	19.1
08-Sep	251	30.5	15.8	29.3	17.1	26.1	19.2	31.2	16.5	29.0	16.0	31.0	15.5	29.0	17.0	34.0	21.5	26.4	16.8	25.4	18.9
09-Sep	252	29.0	15.5	29.2	18.3	26.9	18.6	31.2	16.5	29.0	16.0	31.8	16.5	30.8	17.2	33.0	22.0	29.1	16.9	28.2	19.7
10-Sep	253	29.0	15.8	30.3	18.3	28.9	17.5	30.5	16.6	29.0	18.0	31.2	16.0	30.4	17.0	34.5	20.5	30.5	18.6	26.0	19.2
11-Sep	254	30.4	16.5	28.7	18.3	28.4	18.5	30.5	16.8	28.0	17.0	30.8	16.0	30.5	17.0	35.0	20.2	26.9	18.1	28.8	19.9
12-Sep	255	31.4	16.1	28.3	18.7	29.1	19.5	31.2	14.8	27.0	18.0	28.1	16.0	32.2	16.8	34.5	21.0	30.4	17.6	26.5	19.4
13-Sep	256	29.0	17.0	30.0	18.1	29.6	18.5	31.5	16.3	27.0	15.0	29.0	16.5	30.8	16.6	34.5	21.0	30.4	16.8	26.3	19.0
14-Sep	257	31.2	17.3	27.2	15.5	27.2	18.7	31.8	17.5	31.0	15.5	30.8	16.0	29.8	16.8	35.0	20.8	26.2	18.2	26.7	18.8
15-Sep	258	30.6	16.6	29.5	19.0	29.3	18.9	31.1	16.3	30.0	17.0	31.8	16.8	32.5	15.8	35.0	22.7	24.1	17.5	26.4	18.3
16-Sep	259	30.2	16.2	29.4	18.8	29.2	18.4	29.5	15.0	29.0	17.0	31.2	17.0	33.8	16.5	34.5	20.8	28.7	18.1	28.4	19.0
17-Sep	260	29.6	16.2	30.5	18.9	27.7	18.9	29.0	16.0	30.0	17.0	31.2	16.0	33.4	17.4	33.0	21.8	28.0	16.1	29.4	19.6
18-Sep	261	31.2	17.0	30.5	18.9	28.8	18.5	30.5	15.8	31.0	17.0	32.5	16.3	30.0	18.0	32.5	20.5	28.6	16.0	27.7	19.9
19-Sep	262	31.4	16.0	28.3	17.1	28.7	18.4	31.5	17.0	28.0	16.5	30.5	16.0	27.8	16.6	35.4	20.5	28.3	16.1	27.3	19.0
20-Sep	263	30.6	16.1	28.0	18.8	28.3	18.5	30.0	18.0	29.2	17.0	32.5	16.3	30.0	17.5	34.6	21.0	29.2	18.0	28.1	19.5
21-Sep	264	30.0	17.0	28.4	19.1	28.1	18.6	32.1	16.6	28.0	17.0	32.0	15.2	32.0	17.5	34.5	21.0	28.8	18.3	27.2	19.1
22-Sep	265	30.5	16.4	31.9	18.3	27.9	19.2	32.5	17.0	29.0	17.5	32.0	16.0	30.5	17.8	33.0	21.8	29.7	17.9	27.0	19.6
23-Sep	266	29.0	17.5	32.5	17.8	28.0	17.8	31.0	17.0	27.0	17.0	33.5	16.5	31.6	18.0	34.5	21.3	28.5	17.9	29.2	20.4
24-Sep	267	26.5	17.0	29.2	17.6	27.6	17.8	31.0	17.0	31.0	17.0	32.2	15.8	30.2	17.6	36.3	22.5	27.9	17.4	29.6	20.8
25-Sep	268	28.2	16.6	31.0	18.1	28.6	18.0	30.5	16.0	30.0	18.5	31.0	16.5	31.8	17.2	34.5	20.0	28.2	17.4	28.5	20.4
26-Sep	269	29.8	16.6	27.5	18.1	29.0	18.6	30.5	16.0	30.6	19.0	31.5	16.0	34.2	18.0	33.0	22.0	28.4	18.0	26.2	19.1
27-Sep	270	29.4	16.0	30.0	18.1	29.2	19.2	31.5	16.0	30.0	19.0	32.0	15.0	31.0	17.8	34.8	21.0	26.9	17.2	29.4	19.8
28-Sep	271	30.0	17.8	30.6	18.5	28.1	18.2	32.0	17.0	31.0	17.0	29.0	15.0	32.2	18.2	35.0	21.0	28.5	17.0	25.3	18.9
29-Sep	272	28.8	16.0	30.4	19.3	26.4	19.2	31.5	16.5	29.0	17.0	31.0	15.5	32.5	17.8	34.7	20.8	29.4	16.6	27.0	19.6
30-Sep	273	28.6	16.5	31.1	18.8	28.7	18.2	31.0	16.5	31.4	18.0	32.5	16.0	33.0	18.2	34.8	22.0	30.8	17.1	28.1	19.6

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Oct	274	31.4	18.0	31.8	18.5	29.5	18.8	31.5	16.4	29.0	18.0	30.5	16.0	32.0	18.0	33.4	21.6	28.3	17.9	28.3	17.0
02-Oct	275	30.1	17.0	30.1	18.3	29.5	18.1	27.3	16.0	29.0	18.0	32.0	16.5	32.0	18.0	30.4	21.6	29.0	17.8	26.8	16.4
03-Oct	276	31.0	17.6	31.4	18.6	27.5	17.2	30.2	15.5	29.0	18.0	30.9	17.0	32.0	18.5	31.8	22.1	26.4	17.8	26.5	16.5
04-Oct	277	30.6	16.0	31.4	18.8	29.4	17.1	30.8	15.0	31.0	16.5	32.5	16.0	31.8	18.0	31.1	21.6	28.2	16.4	28.1	16.8
05-Oct	278	30.5	16.5	30.8	18.0	30.9	16.8	31.2	15.6	31.4	18.5	32.1	16.0	32.0	18.5	31.5	20.4	28.1	17.4	29.7	16.9
06-Oct	279	30.0	17.0	28.0	18.3	29.2	18.4	31.8	14.5	30.0	18.6	31.9	16.6	32.0	18.5	33.4	20.7	29.0	18.3	29.0	17.2
07-Oct	280	29.4	17.5	27.3	18.8	28.4	18.6	34.5	16.0	30.0	17.8	31.5	16.8	31.5	18.5	31.8	20.0	29.6	18.7	29.5	16.2
08-Oct	281	30.5	18.0	30.6	18.4	28.8	18.6	31.3	16.0	30.0	19.0	32.1	16.0	32.2	18.4	32.6	20.6	28.7	18.2	27.7	16.7
09-Oct	282	30.2	16.5	29.5	18.5	29.3	18.9	32.5	14.7	31.3	17.5	31.5	16.0	32.0	18.5	32.4	21.1	29.7	17.4	26.8	16.5
10-Oct	283	29.8	17.4	28.2	17.3	29.3	18.5	31.0	15.1	31.4	18.9	29.4	15.6	32.0	18.0	33.1	21.2	28.5	18.0	28.2	16.8
11-Oct	284	30.4	17.0	30.6	18.3	28.5	18.6	32.8	15.8	29.0	17.0	30.4	14.9	31.2	17.2	33.8	22.2	28.6	17.9	27.8	14.9
12-Oct	285	30.1	17.1	29.4	18.6	28.4	18.4	32.5	17.4	30.0	18.9	29.9	15.0	31.0	17.5	31.0	22.6	29.2	18.1	29.2	16.0
13-Oct	286	31.0	17.4	31.0	17.2	29.8	17.5	32.0	18.0	32.0	18.0	29.3	15.5	33.2	17.8	31.7	22.7	28.2	16.2	28.5	16.9
14-Oct	287	28.4	17.0	30.1	16.5	29.0	17.9	32.0	18.0	30.0	17.0	29.5	14.1	33.0	18.2	32.1	22.5	28.1	15.6	28.1	16.9
15-Oct	288	28.4	17.4	29.5	17.0	26.2	18.1	33.0	18.5	31.4	19.0	31.1	13.7	31.5	18.5	32.2	21.7	26.9	17.5	26.5	17.0
16-Oct	289	30.7	16.8	30.7	17.0	27.9	18.6	31.3	18.0	29.0	18.0	30.0	15.1	31.2	18.0	32.2	21.5	28.0	18.1	28.1	16.8
17-Oct	290	30.2	17.6	30.6	18.3	29.1	17.9	32.0	18.0	30.0	18.0	31.2	15.0	31.0	17.5	31.1	20.8	27.1	18.0	30.1	16.7
18-Oct	291	31.0	18.0	31.2	18.6	29.9	17.5	31.3	17.0	30.0	18.0	31.3	15.5	31.5	17.5	31.2	21.8	27.1	17.7	30.3	17.4
19-Oct	292	31.1	18.0	31.7	17.5	29.5	17.8	26.0	17.0	30.0	17.0	32.5	16.2	30.0	18.0	31.6	21.0	24.2	18.7	28.6	17.1
20-Oct	293	30.6	17.1	31.0	18.8	30.4	18.7	31.8	16.0	29.4	17.0	32.5	16.2	32.0	16.5	31.7	21.2	28.4	19.6	29.9	17.4
21-Oct	294	30.2	17.2	32.0	18.9	30.7	18.6	32.0	16.1	30.0	16.0	30.0	17.0	29.2	18.5	31.8	21.3	28.4	19.2	30.0	17.3
22-Oct	295	30.0	17.5	31.8	15.8	30.5	18.9	32.1	16.3	29.0	18.0	32.5	16.5	30.0	17.0	31.8	21.3	29.7	18.5	29.6	17.1
23-Oct	296	28.5	18.0	31.5	16.4	30.3	19.0	32.1	16.5	29.9	18.0	32.8	17.0	33.0	17.0	32.4	21.9	28.0	18.5	29.2	17.8
24-Oct	297	28.5	18.0	31.6	17.6	29.8	18.8	31.8	16.4	28.5	17.0	31.2	16.0	33.0	18.5	31.4	22.0	26.3	18.7	30.6	17.9
25-Oct	298	29.6	18.4	31.0	18.1	29.7	18.9	31.3	15.6	28.9	17.0	31.8	17.0	34.0	18.0	33.0	21.1	29.2	17.9	30.4	17.9
26-Oct	299	30.6	18.2	31.4	18.2	30.0	18.8	31.2	16.5	29.0	17.5	32.5	17.6	32.0	18.0	33.9	21.7	25.3	18.8	30.9	17.3
27-Oct	300	32.3	17.8	31.5	18.7	30.4	19.1	33.0	17.0	29.0	16.8	32.5	17.8	34.0	18.8	33.0	22.4	28.6	18.4	31.5	17.9
28-Oct	301	31.0	17.1	31.6	20.4	28.1	19.2	33.0	17.0	30.0	18.0	31.4	17.5	34.1	18.0	35.2	23.5	28.5	19.2	30.2	17.8
29-Oct	302	29.9	17.0	31.7	19.7	30.7	18.8	33.6	17.0	29.0	17.0	35.0	17.0	33.5	18.8	33.6	22.9	29.5	20.5	29.1	17.9
30-Oct	303	30.4	16.7	31.8	19.5	30.9	18.6	32.8	16.5	27.0	17.0	31.5	17.0	32.5	18.6	32.0	22.7	30.0	20.1	32.1	17.1
31-Oct	304	31.5	17.3	29.0	18.5	28.4	17.6	32.0	17.2	31.4	17.5	31.2	17.0	31.2	18.8	32.6	22.6	28.8	20.1	29.1	17.1

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Nov	305	30.0	17.3	29.3	19.7	28.4	19.3	32.0	17.0	30.0	17.0	33.2	16.3	32.0	18.2	30.3	22.9	30.0	18.0	30.3	18.9
02-Nov	306	31.0	18.0	33.0	19.1	29.2	19.4	33.0	17.0	31.4	18.9	32.5	17.3	32.2	17.8	34.4	22.2	28.9	17.5	27.8	18.3
03-Nov	307	30.5	16.5	32.2	20.0	28.3	17.6	32.8	17.0	30.0	19.5	34.0	18.0	32.0	18.0	32.7	23.0	29.9	17.0	28.1	17.2
04-Nov	308	30.3	17.3	32.3	20.0	28.6	18.7	32.3	17.5	31.5	19.0	33.0	17.6	34.0	18.6	34.0	22.8	28.9	18.8	29.5	17.3
05-Nov	309	28.0	17.6	31.0	20.6	29.6	18.3	32.0	16.0	29.5	18.0	33.0	18.0	33.6	19.0	34.5	23.3	30.7	18.9	29.8	17.4
06-Nov	310	30.1	17.5	32.5	18.9	30.0	19.3	31.8	17.0	30.0	18.0	34.0	18.0	33.5	19.0	34.4	23.5	29.0	19.0	29.2	17.3
07-Nov	311	29.5	17.0	32.5	19.1	28.9	19.5	32.0	17.0	31.0	19.0	34.0	18.0	34.5	19.8	32.8	23.6	29.0	18.8	28.7	17.5
08-Nov	312	29.9	16.5	30.0	19.4	29.0	20.2	32.5	17.0	30.0	18.0	32.4	18.1	34.0	18.6	32.2	24.3	28.0	18.1	29.8	14.5
09-Nov	313	31.6	16.5	28.0	17.8	28.9	19.6	31.2	18.0	30.4	19.0	33.5	18.0	33.0	19.2	31.2	24.4	29.6	16.0	30.4	17.1
10-Nov	314	31.8	17.4	29.0	17.6	28.0	19.0	31.5	17.0	30.0	19.4	35.0	18.0	32.2	18.8	33.8	24.4	29.2	18.0	30.0	16.8
11-Nov	315	32.5	17.5	31.6	18.0	29.4	18.6	32.0	17.0	32.0	18.0	33.5	18.3	30.5	19.6	32.2	24.8	29.7	18.2	28.8	18.3
12-Nov	316	32.0	18.0	32.0	18.3	30.0	16.7	32.5	17.0	30.0	19.0	31.0	18.3	31.0	19.2	32.3	24.0	28.5	17.9	29.7	17.4
13-Nov	317	32.4	16.5	31.1	17.6	31.0	19.5	31.8	17.6	30.0	18.0	27.0	18.0	31.8	19.4	34.1	23.3	29.7	17.6	30.0	17.6
14-Nov	318	31.5	17.2	31.4	16.5	28.9	19.3	31.3	17.7	31.4	18.6	31.9	17.4	32.0	19.0	33.8	22.3	28.9	18.2	29.4	18.4
15-Nov	319	32.6	16.8	31.2	16.3	29.2	18.1	33.0	17.5	30.0	18.5	33.5	17.2	35.0	19.8	32.4	23.8	29.3	18.1	30.5	16.9
16-Nov	320	31.9	18.0	30.5	16.3	31.5	18.9	32.2	17.2	31.0	19.0	33.6	19.0	33.0	19.8	33.9	23.9	28.8	18.2	28.1	18.0
17-Nov	321	33.0	18.5	30.0	17.0	26.0	19.1	33.0	15.0	33.0	20.0	34.3	18.4	29.0	19.8	33.7	22.9	29.9	18.4	30.0	18.9
18-Nov	322	30.3	18.4	31.5	17.0	30.3	19.9	31.0	17.0	33.0	20.0	34.9	17.8	28.0	18.0	31.8	22.8	30.2	18.4	28.3	18.5
19-Nov	323	30.6	18.7	31.6	17.4	31.8	20.1	32.0	16.2	32.0	19.0	33.7	17.5	29.5	17.5	29.9	23.0	29.6	17.3	29.7	18.6
20-Nov	324	31.7	18.2	33.0	18.7	29.6	19.7	31.8	15.0	31.0	19.4	32.5	17.2	31.6	13.5	32.5	23.0	30.2	18.5	30.7	17.2
21-Nov	325	31.8	18.4	32.5	18.8	31.0	19.8	30.2	17.0	30.0	19.0	32.2	18.0	30.2	18.0	33.1	22.2	30.8	17.6	28.7	16.9
22-Nov	326	31.6	18.5	32.0	18.7	31.5	20.4	31.8	13.0	30.0	19.0	34.5	17.8	32.0	16.0	32.5	23.4	30.1	16.9	31.8	16.9
23-Nov	327	31.8	18.8	32.0	19.2	31.9	19.6	32.2	17.0	30.0	19.0	35.3	17.6	32.0	18.0	29.3	24.1	29.9	18.3	31.5	17.5
24-Nov	328	28.5	18.3	31.0	19.3	27.9	20.0	30.0	13.5	32.1	19.8	34.0	17.8	30.5	16.0	29.3	24.3	29.5	18.8	29.2	16.6
25-Nov	329	32.6	19.2	32.0	20.0	31.6	18.3	33.0	15.0	30.0	18.8	33.5	18.7	31.8	13.6	33.1	24.7	28.8	18.6	29.8	18.1
26-Nov	330	32.6	19.2	32.3	19.9	31.7	20.2	32.8	16.0	29.0	18.4	33.7	16.7	32.5	17.0	34.5	25.2	29.7	15.1	31.4	18.2
27-Nov	331	32.0	19.4	33.5	20.3	29.7	20.4	31.0	16.0	33.2	18.8	34.2	16.5	33.0	19.0	31.0	25.0	29.7	17.8	31.0	18.0
28-Nov	332	33.3	18.6	35.2	21.3	30.1	19.1	33.0	16.0	33.5	18.5	33.5	17.0	33.6	19.2	35.2	25.4	27.0	17.4	29.6	18.7
29-Nov	333	32.7	19.1	33.5	20.6	31.3	15.1	33.5	16.0	32.1	17.4	31.6	17.0	33.0	18.5	30.3	25.2	28.6	16.2	31.0	16.7
30-Nov	334	31.7	18.2	33.0	20.2	29.5	16.6	31.2	17.0	30.0	18.0	33.5	17.0	31.5	19.0	34.1	25.4	26.7	16.5	32.1	19.1

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Dic	335	32.5	20.1	32.4	21.9	30.1	18.9	33.0	17.0	30.0	19.8	33.0	17.9	34.1	18.0	34.2	22.5	27.1	14.0	30.8	19.4
02-Dic	336	33.0	20.0	34.0	20.6	30.4	18.7	32.0	15.6	30.0	20.0	32.8	17.5	34.6	18.5	36.5	21.0	29.1	15.6	33.3	19.0
03-Dic	337	32.5	20.0	31.0	22.1	30.8	17.4	32.5	17.6	32.2	21.0	33.0	18.0	34.5	18.2	35.0	23.7	29.9	15.9	30.9	19.4
04-Dic	338	32.2	19.1	33.3	21.3	29.5	20.6	33.0	17.3	30.0	19.0	34.5	18.5	34.8	17.4	36.8	24.0	27.5	15.3	31.2	19.4
05-Dic	339	33.6	20.3	33.4	21.8	30.3	19.2	33.7	17.5	33.0	18.0	33.5	17.5	33.6	18.0	35.0	23.0	27.7	15.7	30.6	19.6
06-Dic	340	31.9	19.0	32.5	22.1	30.3	18.5	32.6	17.0	30.0	20.0	32.6	17.6	33.0	19.2	37.1	22.0	29.0	16.7	31.5	17.9
07-Dic	341	34.0	19.0	33.5	21.5	30.5	17.3	32.8	18.0	33.1	19.8	34.0	16.6	33.0	18.6	36.4	23.0	29.1	13.3	28.1	18.7
08-Dic	342	31.4	19.0	33.3	21.4	30.9	20.4	34.9	17.2	30.0	20.0	34.5	17.0	31.6	18.8	35.1	23.0	29.6	16.9	30.7	18.5
09-Dic	343	32.2	18.7	30.5	21.6	31.3	20.3	35.0	17.0	33.4	20.0	34.5	17.8	34.0	15.5	36.2	22.8	29.5	13.3	30.7	20.2
10-Dic	344	31.5	18.0	31.6	21.6	31.9	19.2	34.0	18.0	31.0	21.0	35.0	17.5	34.0	17.0	32.9	22.0	29.9	13.9	28.6	19.3
11-Dic	345	33.2	19.1	31.0	22.0	31.4	16.7	34.2	19.0	33.4	21.0	33.3	15.5	33.6	19.0	36.0	23.3	29.3	16.5	30.4	17.7
12-Dic	346	33.5	19.0	33.5	21.9	30.7	18.9	31.9	19.6	32.0	20.0	34.0	14.0	34.0	20.6	29.1	23.0	30.7	15.9	31.7	18.8
13-Dic	347	32.4	18.4	34.3	21.7	30.5	19.2	34.2	19.0	34.0	20.0	34.0	15.5	34.3	18.0	35.0	22.6	31.4	18.8	29.2	20.0
14-Dic	348	31.2	18.1	34.3	22.1	31.4	19.8	33.8	19.0	32.0	20.0	32.5	16.0	34.0	20.0	34.2	23.5	30.2	19.9	31.3	18.3
15-Dic	349	32.3	18.2	32.6	21.3	30.8	19.8	34.6	20.0	33.1	22.0	33.0	16.0	35.0	20.0	34.4	24.0	31.2	19.3	31.4	18.4
16-Dic	350	33.4	18.5	32.0	20.8	31.0	20.0	34.8	19.8	31.0	21.0	34.0	17.0	35.2	20.5	34.9	24.0	33.3	20.6	29.9	19.4
17-Dic	351	33.0	19.0	33.0	20.9	29.9	19.1	34.2	19.2	33.0	20.5	33.0	16.5	35.8	19.0	30.0	21.7	33.7	21.0	30.2	19.4
18-Dic	352	32.0	18.0	32.2	21.4	31.5	20.8	32.0	18.0	32.5	22.0	35.2	18.0	34.0	19.5	36.0	22.0	32.5	20.6	29.9	19.2
19-Dic	353	31.2	19.2	34.3	22.0	32.0	21.2	32.3	20.0	33.5	20.0	34.8	18.1	36.3	19.0	38.2	23.3	32.5	20.0	31.0	19.5
20-Dic	354	33.0	19.8	32.6	22.3	30.8	21.1	34.6	18.0	30.0	20.0	32.0	18.6	35.4	18.5	33.7	24.1	30.8	20.1	32.0	19.9
21-Dic	355	33.1	20.0	31.5	20.9	28.8	21.6	33.0	18.2	33.5	21.5	37.2	19.0	35.5	19.0	38.0	24.0	32.9	19.7	29.3	19.3
22-Dic	356	35.5	21.0	32.2	21.2	31.8	19.9	34.8	19.4	30.0	22.0	36.0	19.0	34.5	20.0	33.1	24.6	32.6	19.3	29.6	19.2
23-Dic	357	33.4	19.0	34.1	22.0	31.4	20.8	34.2	19.6	29.0	20.5	36.2	19.8	36.0	20.5	33.8	24.0	29.9	20.6	32.5	18.4
24-Dic	358	35.4	19.9	33.3	23.0	30.9	22.0	34.0	19.0	30.0	22.0	36.5	19.0	36.1	20.0	35.6	24.1	31.4	19.8	32.6	18.2
25-Dic	359	35.2	20.4	32.6	22.5	33.2	20.6	35.0	19.0	34.6	20.0	35.3	19.0	32.2	22.8	36.0	24.0	31.7	19.2	32.6	18.1
26-Dic	360	33.5	21.0	33.2	21.9	33.0	21.2	35.8	20.0	33.0	21.0	35.8	20.0	36.0	21.7	32.0	24.0	32.4	18.3	32.5	16.3
27-Dic	361	33.4	22.0	34.5	22.0	34.0	21.2	34.0	19.8	34.5	22.0	34.8	20.0	34.5	21.5	31.9	23.4	30.9	20.9	30.6	21.1
28-Dic	362	34.4	21.4	33.3	22.0	32.1	19.2	34.0	20.0	33.0	22.0	34.0	20.0	35.0	19.0	34.6	24.0	31.3	20.4	32.9	20.7
29-Dic	363	35.2	21.2	33.4	21.6	32.0	20.1	35.0	21.0	35.0	22.0	33.0	20.0	35.0	21.5	34.3	22.6	30.5	20.4	33.0	17.8
30-Dic	364	34.0	21.1	33.0	22.2	32.9	20.1	35.2	20.0	30.0	22.0	32.0	20.5	36.0	22.6	34.8	22.5	32.5	22.2	30.5	19.2
31-Dic	365	33.0	22.0	34.4	23.0	32.6	20.0	35.0	19.0	34.6	22.8	34.5	20.0	34.5	23.0	35.0	22.4	32.9	21.4	31.2	20.3

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:**	Piura	**Region:**	Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:**	UDEP	**Fuentes**	UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:**	Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci**	Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Ene	1	32.5	21.0	34.0	22.0	33.0	21.0	35.0	20.0	32.0	20.0	34.0	20.0	34.5	22.0	34.5	20.5	32.0	20.0	33.5	20.0
02-Ene	2	31.5	19.8	34.0	21.0	34.5	18.5	33.5	22.0	33.0	21.0	34.5	21.0	34.5	21.0	34.5	20.5	28.0	20.5	34.0	20.5
03-Ene	3	32.0	20.0	34.1	21.0	33.0	21.0	34.0	22.5	34.5	20.0	33.5	20.5	34.5	22.0	34.5	22.5	29.5	20.0	35.5	20.5
04-Ene	4	32.0	20.0	33.0	22.0	33.0	17.0	35.0	22.0	34.0	22.0	34.5	22.5	33.0	18.0	35.0	22.5	33.5	21.0	35.0	21.5
05-Ene	5	34.1	21.0	32.0	21.0	32.0	18.0	33.5	21.5	35.0	22.0	33.5	20.5	34.5	23.0	35.5	22.5	33.5	21.5	35.0	21.0
06-Ene	6	34.0	21.0	33.0	22.0	33.5	21.0	35.0	22.5	33.5	22.0	32.5	22.0	34.5	21.0	35.5	22.5	33.5	21.5	35.0	22.0
07-Ene	7	31.0	19.0	35.2	23.0	33.5	19.0	32.0	22.0	31.5	21.5	34.5	22.0	33.5	19.5	34.5	23.0	34.0	21.5	35.0	22.5
08-Ene	8	31.0	21.0	34.0	22.5	33.0	19.0	34.5	21.5	35.0	22.0	35.5	21.0	34.0	20.0	32.5	23.5	34.5	21.5	35.5	22.5
09-Ene	9	33.6	20.5	33.0	21.5	35.0	17.5	35.5	21.5	34.5	22.0	35.5	20.5	34.0	21.0	36.0	22.0	34.0	21.5	35.0	22.0
10-Ene	10	31.0	19.9	32.5	21.0	33.5	19.0	35.0	23.0	35.0	22.0	35.0	22.5	34.5	19.0	35.0	23.5	34.5	21.5	35.0	22.0
11-Ene	11	33.0	21.0	35.2	23.0	32.5	18.5	35.5	22.0	36.0	23.5	35.5	23.0	34.5	20.0	36.0	24.5	34.5	21.5	32.5	21.0
12-Ene	12	33.0	19.0	33.0	22.0	34.0	19.0	34.5	22.5	34.5	22.5	35.5	22.5	33.5	19.5	34.5	23.5	35.0	21.5	34.0	21.5
13-Ene	13	32.2	21.0	33.0	22.5	33.0	19.0	35.0	23.0	35.0	21.5	35.0	22.5	33.0	21.0	36.0	22.5	34.5	21.5	35.0	21.5
14-Ene	14	33.0	22.0	33.0	23.0	35.0	19.5	35.0	23.0	35.0	19.5	35.0	22.5	36.0	21.0	35.5	24.0	35.0	21.5	32.0	20.5
15-Ene	15	33.0	21.0	34.2	21.0	33.5	18.5	35.5	22.0	35.0	22.5	35.5	22.5	33.5	22.0	35.0	24.0	32.5	22.5	36.0	22.5
16-Ene	16	34.0	21.5	29.0	22.5	34.0	20.5	33.5	23.0	35.5	21.5	36.5	22.0	31.4	22.5	36.5	23.5	33.5	21.5	34.5	23.0
17-Ene	17	34.1	19.0	31.5	22.5	35.0	20.0	35.0	22.0	36.0	21.0	35.0	21.0	34.0	21.0	35.5	23.5	35.0	23.0	32.5	22.0
18-Ene	18	34.0	22.0	32.2	23.0	35.0	21.0	34.5	21.5	35.0	22.0	36.0	21.5	38.0	21.0	31.5	24.0	35.5	23.0	30.0	20.0
19-Ene	19	32.0	21.0	32.0	22.0	33.5	21.0	34.0	22.0	34.5	21.5	36.0	22.5	35.5	23.0	32.0	22.0	33.0	22.5	33.5	20.5
20-Ene	20	32.0	22.0	34.0	22.0	34.5	20.5	30.0	22.0	35.0	22.5	35.5	21.5	35.0	23.5	34.0	24.0	35.0	18.0	35.5	22.5
21-Ene	21	34.2	23.5	32.0	22.0	33.5	20.0	33.5	23.0	36.0	23.5	35.5	21.0	36.0	23.0	34.0	25.0	35.5	18.0	35.5	21.5
22-Ene	22	37.6	23.8	33.4	22.0	34.0	19.0	34.0	22.0	34.0	18.5	35.0	20.5	35.0	23.0	33.5	24.5	35.5	21.5	33.5	22.0
23-Ene	23	34.0	23.8	33.2	23.0	33.0	20.5	34.5	21.0	34.0	16.5	32.5	22.5	35.0	23.0	36.5	23.5	33.5	23.5	33.0	23.0
24-Ene	24	34.0	23.0	35.0	23.0	33.5	21.0	34.0	19.5	33.0	18.5	36.0	22.0	35.5	22.5	32.0	24.5	35.0	24.0	35.5	21.5
25-Ene	25	33.2	23.5	33.0	22.0	35.0	22.0	32.5	22.5	34.0	16.0	35.0	19.0	36.0	22.5	34.5	23.0	31.0	22.5	34.0	22.0
26-Ene	26	34.0	22.0	33.0	23.0	35.0	21.0	33.5	23.0	32.5	20.0	34.5	21.0	36.0	23.0	35.5	24.0	33.5	22.5	35.0	21.0
27-Ene	27	29.5	23.0	34.1	21.5	34.0	19.0	35.0	24.0	33.0	22.0	34.0	20.5	37.0	23.5	35.5	23.5	33.5	22.0	35.0	21.5
28-Ene	28	33.0	23.0	35.0	22.5	36.0	21.5	36.5	22.5	35.0	20.0	33.5	20.0	36.5	23.5	36.0	23.5	30.0	20.0	34.0	22.0
29-Ene	29	35.1	22.5	34.3	22.6	36.0	21.0	32.0	23.0	35.5	21.0	35.5	22.5	35.5	22.5	36.5	25.0	30.5	22.0	33.5	21.5
30-Ene	30	34.0	22.0	34.0	22.0	36.0	23.0	33.0	22.5	35.0	23.0	35.0	21.0	37.0	23.5	36.5	21.5	35.0	22.0	35.5	22.0
31-Ene	31	35.1	22.9	36.1	22.0	34.5	23.0	33.0	23.5	36.0	23.0	35.0	20.0	36.0	22.5	35.0	24.0	34.5	23.0	36.0	22.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Feb	32	34.2	23.1	35.0	22.0	36.0	23.5	35.0	24.0	37.0	18.5	36.0	23.0	35.5	22.5	37.0	23.5	35.0	22.0	35.0	22.0
02-Feb	33	33.8	23.4	33.0	23.0	36.5	23.0	34.0	23.0	35.0	23.5	34.0	23.0	36.5	23.0	35.5	23.0	35.5	23.0	35.5	21.5
03-Feb	34	35.1	22.0	35.0	24.0	35.0	23.0	33.0	23.0	36.0	17.0	35.5	23.0	36.5	23.5	36.5	23.5	36.0	21.5	35.0	22.0
04-Feb	35	31.3	23.3	33.1	23.0	33.5	23.5	32.5	23.5	36.5	22.5	36.5	23.5	36.0	23.5	36.5	23.5	34.5	21.5	35.5	22.5
05-Feb	36	33.2	21.5	35.4	23.9	32.0	23.0	33.5	23.5	35.0	23.5	34.5	23.0	35.0	23.0	36.5	24.0	36.0	22.0	35.5	23.0
06-Feb	37	32.7	21.5	33.0	23.0	33.0	23.0	35.5	23.0	36.5	25.0	35.0	22.5	32.5	22.5	36.5	23.5	35.5	25.0	34.5	22.5
07-Feb	38	33.4	22.3	36.0	22.5	36.0	24.0	31.5	23.5	35.0	24.5	35.5	23.5	35.0	23.0	37.5	24.5	34.5	23.0	37.0	23.0
08-Feb	39	34.1	22.5	35.2	22.5	36.5	22.0	35.0	23.5	36.0	25.0	35.0	23.0	36.5	24.0	36.5	24.0	36.0	23.0	36.0	23.0
09-Feb	40	33.0	22.6	35.3	22.0	36.0	21.0	35.0	24.0	37.0	23.0	36.0	23.0	35.0	24.0	35.5	25.5	35.5	23.5	36.5	23.0
10-Feb	41	33.8	22.8	35.0	22.8	35.0	21.0	36.5	23.5	37.0	24.0	34.0	23.0	34.5	23.5	35.0	24.5	36.0	22.0	34.0	21.5
11-Feb	42	33.8	21.4	35.0	23.0	35.5	23.0	33.0	24.0	35.0	23.5	35.0	24.5	35.5	23.5	35.5	23.5	35.5	27.0	34.5	22.0
12-Feb	43	33.9	20.4	36.1	23.2	33.5	24.0	36.0	24.0	35.5	25.0	34.0	23.0	36.0	24.0	36.5	24.0	37.0	24.0	35.0	22.5
13-Feb	44	35.5	21.0	34.0	23.0	36.0	22.0	36.0	23.5	37.0	23.5	36.0	23.0	36.0	23.0	37.0	24.0	36.0	23.0	31.5	21.0
14-Feb	45	34.8	21.4	35.0	23.0	33.5	23.5	34.5	24.0	36.5	23.5	35.5	22.5	33.5	24.0	37.5	24.0	36.5	23.0	32.0	21.5
15-Feb	46	33.5	21.0	35.0	24.0	36.5	23.0	36.0	22.0	36.5	24.0	34.5	23.5	36.5	24.0	36.5	23.5	34.0	21.5	34.5	22.5
16-Feb	47	34.0	23.3	35.1	22.5	35.0	23.0	37.0	23.5	35.5	23.5	35.5	22.5	36.0	25.0	36.5	24.5	33.5	21.5	35.5	23.0
17-Feb	48	35.5	21.0	36.2	23.0	34.5	23.0	37.5	22.5	36.5	24.0	36.5	23.5	36.0	23.0	36.0	24.5	33.5	23.0	34.5	23.0
18-Feb	49	31.7	22.4	35.0	24.0	36.0	22.0	37.0	21.0	35.5	23.5	34.5	23.0	36.5	24.0	37.0	24.0	33.5	22.5	36.5	21.5
19-Feb	50	35.6	22.3	35.2	25.0	35.0	22.0	34.5	23.0	36.0	24.0	35.5	23.5	36.0	23.0	37.0	24.0	33.0	21.5	33.5	23.0
20-Feb	51	34.8	23.8	34.2	25.0	36.0	23.5	36.0	23.0	37.0	23.0	36.0	22.5	36.5	23.5	35.0	23.0	33.0	24.5	35.0	21.5
21-Feb	52	35.1	22.4	34.0	23.0	37.0	22.0	36.0	24.0	37.5	23.0	35.0	23.5	36.0	23.5	36.0	21.5	33.0	21.5	33.0	23.5
22-Feb	53	35.1	21.0	35.0	24.0	37.0	24.0	35.5	22.0	37.0	23.0	36.0	23.0	36.0	23.5	35.5	21.5	35.5	23.0	32.0	22.5
23-Feb	54	33.8	23.1	35.0	24.0	37.5	25.0	35.0	22.0	35.5	22.0	36.0	21.5	38.0	24.0	34.5	22.5	33.5	24.0	34.0	22.0
24-Feb	55	33.9	23.1	34.2	24.0	35.0	24.0	34.5	22.0	37.0	22.5	36.0	21.5	36.5	23.5	34.5	21.0	34.5	22.5	35.0	22.5
25-Feb	56	31.6	23.1	30.5	25.0	36.5	23.0	36.5	23.5	33.5	23.5	36.5	20.5	37.0	23.5	35.0	22.0	34.5	21.5	34.5	24.0
26-Feb	57	34.2	22.7	35.0	24.0	36.5	23.5	35.0	23.5	32.5	23.5	36.0	23.5	36.0	24.5	33.5	22.5	33.0	23.0	34.0	22.5
27-Feb	58	36.1	23.7	35.0	25.0	34.0	24.5	36.5	24.0	37.0	23.0	37.0	23.0	34.5	24.0	36.5	23.5	33.5	23.0	36.5	20.5
28-Feb	59	34.0	23.1	35.1	23.0	35.0	25.0	35.5	23.5	35.0	22.5	36.5	24.5	33.0	24.0	35.0	23.5	35.0	22.5	36.5	21.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:**	Piura	**Region:**	Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:**	UDEP	**Fuentes**	UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:**	Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci**	Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Mar	60	33.2	21.8	35.3	22.5	32.5	24.0	34.5	22.0	36.5	23.0	34.5	22.5	35.5	24.0	36.5	22.0	35.5	24.0	35.0	22.5
02-Mar	61	33.6	22.7	35.0	24.0	32.5	24.5	33.5	21.5	36.0	23.0	35.0	23.5	35.0	23.5	36.0	23.5	34.5	23.0	36.0	22.5
03-Mar	62	35.0	22.1	34.0	24.0	36.0	24.5	34.0	22.5	35.0	24.0	31.5	22.0	36.5	22.0	37.0	23.0	34.0	24.0	34.5	21.5
04-Mar	63	34.7	23.6	35.2	22.0	31.0	23.5	34.2	23.5	37.5	24.0	33.0	22.0	37.5	22.5	34.5	22.5	35.5	24.5	35.0	22.5
05-Mar	64	34.4	21.9	33.0	23.0	30.0	23.0	35.0	23.0	36.5	23.5	34.0	22.0	35.0	22.0	36.5	23.5	36.0	23.0	35.0	21.5
06-Mar	65	34.3	22.0	33.0	23.0	34.0	23.5	35.5	23.0	36.5	23.5	32.0	21.5	36.0	22.0	34.0	24.5	34.0	23.0	37.0	21.0
07-Mar	66	34.5	21.9	32.0	24.5	36.5	22.5	37.0	23.5	36.0	24.0	34.5	22.5	33.5	24.5	36.5	23.5	36.0	22.5	36.5	22.0
08-Mar	67	31.6	21.3	30.2	23.0	36.5	25.0	36.5	22.5	37.0	23.0	30.0	22.0	34.5	23.0	35.5	24.0	35.0	22.5	36.0	21.5
09-Mar	68	35.3	21.9	32.0	23.0	38.0	24.0	36.5	22.5	37.0	21.5	36.0	20.5	32.5	22.5	37.0	23.5	35.5	22.5	34.8	23.8
10-Mar	69	35.6	23.9	35.0	24.0	37.0	24.0	36.0	22.0	38.5	22.0	36.0	22.5	31.0	23.0	37.5	23.5	35.0	23.5	34.6	24.3
11-Mar	70	35.8	24.6	35.0	24.0	36.0	25.0	36.0	23.5	37.0	23.0	37.0	23.5	31.0	22.0	37.0	22.0	35.5	24.0	35.4	24.0
12-Mar	71	34.0	22.4	35.3	24.0	36.0	24.0	34.0	22.0	36.0	21.5	34.0	23.5	35.0	22.5	36.0	23.0	35.0	21.5	33.6	22.8
13-Mar	72	35.3	23.2	35.0	23.0	35.5	23.5	36.0	23.5	38.0	24.0	35.0	22.5	36.5	24.0	35.5	23.5	35.0	22.5	36.0	22.5
14-Mar	73	35.4	22.2	35.0	23.0	38.0	25.0	34.0	24.0	37.0	23.5	36.0	23.0	37.0	22.0	35.5	22.0	34.5	23.5	35.5	22.0
15-Mar	74	34.0	23.1	32.0	25.0	36.5	25.0	35.0	23.0	37.5	23.0	35.0	22.5	37.5	24.5	35.5	22.5	32.5	22.5	36.0	23.0
16-Mar	75	33.2	22.8	32.0	23.0	37.0	25.0	35.0	22.0	37.0	22.0	35.0	22.5	35.5	22.5	35.5	22.5	34.0	23.5	35.0	23.0
17-Mar	76	32.8	22.5	34.0	24.0	36.5	25.0	36.5	21.5	36.0	23.0	34.0	21.5	37.5	23.0	35.0	23.5	33.5	23.0	36.0	22.5
18-Mar	77	34.7	21.2	34.0	24.0	37.0	25.0	37.5	23.0	36.5	23.0	34.5	22.0	37.0	22.0	36.0	24.0	33.0	22.0	34.0	23.0
19-Mar	78	33.9	21.5	33.0	23.0	36.0	25.0	37.5	23.0	37.0	22.5	35.0	21.0	37.0	22.5	34.0	23.0	34.0	21.5	36.5	23.0
20-Mar	79	34.6	19.5	33.3	23.0	34.0	23.5	36.5	22.0	37.5	23.5	35.0	21.0	37.0	22.5	36.5	21.5	33.5	22.0	35.0	23.5
21-Mar	80	34.3	21.0	33.0	23.0	35.5	23.0	36.5	21.5	36.0	22.0	35.5	21.5	37.5	23.0	35.5	23.0	33.0	23.0	36.5	22.5
22-Mar	81	33.5	21.9	34.0	24.0	36.0	23.0	34.0	21.0	36.5	23.0	36.0	22.0	35.5	23.5	37.5	23.5	33.5	23.5	36.0	23.0
23-Mar	82	33.2	21.3	33.1	24.0	35.0	24.5	34.0	22.0	37.5	21.5	35.0	20.0	36.5	23.5	36.0	23.0	32.0	23.0	35.0	22.0
24-Mar	83	32.8	19.9	33.0	24.0	35.0	23.0	35.0	22.0	35.5	22.0	35.0	21.0	35.5	22.5	36.5	23.5	33.5	23.0	33.5	22.5
25-Mar	84	32.4	22.0	32.0	23.0	37.0	25.0	35.0	22.5	36.5	23.0	34.0	22.0	30.0	21.5	36.5	22.0	34.5	23.5	34.5	22.0
26-Mar	85	34.1	23.0	31.0	24.0	34.5	24.0	35.5	19.5	37.5	24.0	34.5	22.5	34.0	21.5	36.0	22.5	33.5	21.5	35.0	22.5
27-Mar	86	32.0	22.0	32.0	23.0	34.5	25.0	36.5	21.5	37.5	24.5	36.0	22.5	34.5	21.0	35.5	22.0	35.0	21.5	36.0	22.5
28-Mar	87	34.0	23.0	32.2	23.0	33.5	23.5	36.0	19.0	37.5	22.5	30.0	21.5	34.0	22.0	36.0	23.5	34.5	22.5	35.5	22.0
29-Mar	88	33.3	23.5	33.0	23.3	34.0	23.0	35.5	20.0	37.0	23.0	35.0	20.0	35.0	22.0	34.5	22.5	35.0	24.0	35.0	21.0
30-Mar	89	33.0	23.0	32.0	23.0	35.0	23.5	34.0	22.0	37.0	22.0	34.5	22.5	36.5	21.5	36.5	22.0	34.5	23.0	35.5	21.5
31-Mar	90	35.0	23.0	32.0	24.0	36.0	24.0	35.0	21.0	35.5	23.5	35.0	22.0	33.5	22.0	35.5	21.5	36.0	23.0	36.0	20.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:**	Piura	**Region:**	Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:**	UDEP	**Fuentes**	UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:**	Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci**	Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Abr	91	35.2	21.4	34.0	24.0	36.0	23.5	35.0	22.5	35.0	22.0	34.0	22.5	35.0	22.5	35.0	22.0	36.0	23.0	36.0	20.0
02-Abr	92	35.1	21.6	33.0	22.0	31.5	23.0	35.0	22.5	35.0	22.0	34.5	22.0	34.5	21.0	35.5	22.0	33.0	23.0	35.5	20.5
03-Abr	93	35.2	23.0	33.0	24.0	34.5	23.5	33.0	20.0	34.5	22.0	34.0	22.0	35.0	21.0	36.5	21.5	34.0	23.5	33.5	21.5
04-Abr	94	34.2	21.6	33.3	22.0	33.5	24.0	31.0	21.0	35.5	21.0	34.0	21.0	33.5	22.5	36.0	21.5	34.5	22.5	35.0	18.0
05-Abr	95	34.8	21.3	33.1	23.0	34.0	23.5	35.0	21.5	34.5	21.0	35.0	21.0	35.5	22.5	35.5	21.5	35.0	22.5	34.5	20.0
06-Abr	96	32.0	20.7	32.0	23.0	34.0	23.0	35.0	21.0	35.5	23.0	35.5	21.0	36.5	23.0	34.0	20.0	35.0	22.0	33.5	21.5
07-Abr	97	33.1	22.3	33.0	23.0	34.0	23.0	34.5	20.0	34.0	20.0	34.5	20.0	35.0	23.0	35.5	21.5	35.0	22.0	33.5	21.0
08-Abr	98	33.3	21.9	32.2	22.0	30.0	21.0	35.5	21.0	35.5	21.0	35.0	21.5	35.0	21.5	35.5	20.5	34.5	20.0	34.5	21.0
09-Abr	99	33.6	20.7	33.0	23.0	30.0	23.0	37.5	23.0	36.0	21.0	34.5	20.0	33.5	20.5	34.0	21.0	33.5	20.5	35.0	19.0
10-Abr	100	34.2	23.0	34.0	23.2	34.0	23.5	38.0	22.5	36.5	21.5	36.0	20.0	35.0	22.0	33.0	20.0	33.5	21.5	34.5	18.5
11-Abr	101	33.1	21.6	34.1	24.0	34.5	23.0	35.0	21.0	30.0	22.5	34.0	21.0	34.0	18.5	34.5	19.5	34.5	22.0	35.0	20.0
12-Abr	102	31.4	21.7	34.2	24.0	34.0	23.0	31.5	21.5	35.0	21.5	35.0	20.0	34.0	18.5	35.5	19.0	33.5	21.0	35.5	23.0
13-Abr	103	32.1	22.6	32.2	24.0	35.0	23.0	36.0	21.0	35.0	22.5	33.5	20.0	35.0	20.5	34.5	21.0	33.0	21.0	34.5	20.0
14-Abr	104	34.6	22.1	34.0	23.5	34.0	22.0	34.5	20.0	31.0	22.0	31.5	21.0	36.0	18.0	35.0	22.5	34.5	20.0	35.0	19.0
15-Abr	105	33.4	21.9	32.1	23.0	34.0	23.5	34.0	21.0	35.0	22.0	34.0	19.0	33.5	18.0	35.5	21.0	35.0	22.0	33.5	21.5
16-Abr	106	33.0	22.7	33.0	23.0	35.0	23.0	33.5	20.0	35.0	22.5	35.5	20.0	30.0	19.5	35.0	21.5	33.5	19.5	34.0	20.5
17-Abr	107	33.1	22.1	33.1	23.0	34.0	22.0	33.5	19.5	35.5	20.5	34.5	21.0	28.5	17.5	34.0	19.5	33.5	18.0	33.5	20.0
18-Abr	108	33.2	20.7	32.1	22.0	32.0	21.0	33.0	20.0	35.0	20.0	35.0	21.5	32.5	18.5	34.5	20.0	33.0	18.5	34.0	19.5
19-Abr	109	32.5	19.6	33.0	22.0	33.5	22.0	33.0	19.0	31.5	20.5	35.0	21.0	33.5	18.5	35.0	21.5	33.5	18.5	34.5	20.0
20-Abr	110	31.3	20.7	33.3	24.0	34.5	21.5	33.5	19.5	34.0	21.0	36.0	21.5	33.0	18.0	36.5	21.5	33.5	19.0	34.5	20.0
21-Abr	111	31.4	20.4	33.3	23.6	34.0	22.0	33.0	19.0	34.0	19.0	34.0	22.0	31.5	17.5	35.0	21.5	32.5	20.5	35.0	20.5
22-Abr	112	33.0	19.5	32.0	22.0	34.0	23.0	34.0	19.0	33.5	20.5	34.5	20.5	32.5	17.5	35.5	20.5	34.5	21.5	35.5	22.0
23-Abr	113	33.7	20.9	33.0	23.5	33.5	23.0	33.0	20.5	33.5	22.5	35.0	19.5	32.0	17.0	33.0	20.0	34.0	24.0	36.0	22.0
24-Abr	114	32.0	22.2	33.2	21.0	34.0	23.0	32.0	20.0	34.0	20.0	35.0	21.0	35.0	20.5	32.5	20.0	32.5	20.0	36.5	23.0
25-Abr	115	31.0	19.6	28.1	21.5	33.0	21.5	32.0	19.0	34.5	20.0	35.5	22.0	32.5	19.0	33.0	20.5	33.0	20.0	36.5	22.5
26-Abr	116	32.7	20.9	28.0	20.0	34.0	22.0	31.5	19.0	33.5	21.0	35.0	19.5	35.5	20.5	33.0	20.0	33.5	21.5	36.0	22.0
27-Abr	117	32.7	21.2	31.0	20.0	33.5	20.0	33.0	19.0	34.0	19.0	32.5	21.0	35.5	21.5	32.5	21.0	29.5	21.5	33.5	21.5
28-Abr	118	32.5	21.1	32.0	19.5	34.0	22.0	33.0	18.0	33.0	19.5	32.0	20.0	34.5	22.0	33.5	21.0	33.0	20.0	32.5	20.0
29-Abr	119	32.5	19.8	29.1	20.0	33.5	20.5	33.0	18.0	30.5	18.5	33.5	20.5	34.0	20.5	32.0	19.0	29.0	21.0	34.0	21.5
30-Abr	120	32.6	20.6	30.0	19.0	32.5	21.5	35.0	17.0	30.0	17.5	33.0	20.0	33.5	20.0	32.5	19.5	31.0	20.0	34.5	20.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-May	121	32.1	20.0	31.0	20.0	33.0	20.0	33.5	20.0	32.0	18.0	32.5	19.0	34.0	20.0	33.5	19.0	33.5	19.5	32.5	21.5
02-May	122	30.0	20.0	32.0	20.0	32.0	19.0	33.5	21.0	31.0	17.0	30.5	20.0	33.5	19.5	34.0	19.0	34.0	19.5	32.5	21.5
03-May	123	27.3	19.1	31.0	20.0	32.5	17.5	33.5	20.0	33.0	17.0	32.0	19.0	31.5	20.0	33.0	20.5	29.5	20.0	35.0	21.0
04-May	124	30.3	20.6	33.0	19.0	33.0	18.0	33.0	19.0	33.5	18.5	32.5	18.5	32.5	20.0	32.0	21.0	30.0	19.0	34.5	20.0
05-May	125	32.4	19.5	30.0	21.0	34.0	21.0	33.5	19.5	33.0	19.0	30.5	19.0	31.0	20.0	34.0	18.5	29.0	19.0	35.0	22.0
06-May	126	31.1	20.7	32.0	20.0	34.5	19.0	33.5	19.0	33.0	20.0	28.5	20.0	32.5	20.0	32.5	18.5	31.0	19.0	35.0	19.5
07-May	127	31.2	21.0	31.1	19.3	33.0	20.0	32.5	19.5	32.0	19.0	31.0	20.0	33.0	19.0	33.0	19.0	31.0	17.0	33.5	19.0
08-May	128	31.9	19.6	29.0	20.0	33.0	19.5	32.5	19.0	32.5	19.5	30.0	19.0	31.0	18.0	32.0	18.5	28.0	20.0	32.5	17.5
09-May	129	32.1	21.1	30.0	20.5	34.0	20.0	32.0	18.5	31.5	18.0	31.5	19.0	32.5	18.0	32.0	18.0	31.5	18.0	32.0	19.0
10-May	130	32.1	20.2	29.0	20.0	33.5	20.0	31.5	18.0	32.0	17.5	32.0	18.5	32.5	18.5	32.5	18.0	26.5	18.5	31.0	18.0
11-May	131	29.6	19.4	32.1	19.0	34.0	22.5	33.5	18.5	32.0	17.0	30.0	19.0	31.5	18.0	32.5	18.0	30.5	18.0	30.5	17.5
12-May	132	29.4	19.9	30.0	19.0	34.0	22.0	32.5	19.0	32.5	17.0	32.5	20.0	32.0	18.0	32.0	17.5	30.5	20.0	31.5	17.0
13-May	133	30.1	19.7	30.0	19.0	34.0	21.0	31.0	20.0	28.5	18.0	31.5	19.0	30.0	20.0	31.5	17.0	29.5	18.0	32.0	17.5
14-May	134	31.3	20.7	29.0	19.0	33.0	21.5	31.5	20.5	29.0	17.0	32.0	20.0	29.5	17.0	32.0	17.0	30.0	19.0	32.0	17.5
15-May	135	28.9	19.6	29.1	19.0	32.5	20.0	29.5	18.5	28.0	18.0	32.0	20.5	30.0	17.0	28.0	16.5	30.0	18.5	32.5	18.0
16-May	136	28.2	19.1	29.0	18.0	33.0	21.5	29.0	18.5	29.0	17.5	31.5	20.0	30.0	19.0	28.5	17.0	31.5	18.5	32.5	19.5
17-May	137	29.2	18.4	27.0	18.5	32.0	20.0	29.5	18.0	30.0	18.0	32.0	20.0	30.0	16.5	32.5	18.5	27.5	20.0	33.0	18.5
18-May	138	29.7	18.9	28.0	18.0	32.0	18.5	32.0	18.5	32.0	18.5	31.5	19.0	30.0	17.0	32.0	19.0	28.5	18.5	32.5	19.0
19-May	139	28.2	19.5	29.1	18.0	32.0	19.0	31.5	18.0	32.0	18.0	28.0	19.0	30.5	16.0	29.0	19.0	31.0	19.5	31.5	18.5
20-May	140	30.6	19.0	28.0	18.0	31.5	18.5	32.5	18.5	30.5	17.5	28.5	18.5	30.5	17.0	30.5	17.0	30.0	19.0	29.5	18.5
21-May	141	27.3	18.6	28.0	18.0	32.0	20.0	31.0	18.0	28.5	17.0	29.0	17.0	31.0	17.0	30.0	17.5	29.0	18.5	32.5	18.5
22-May	142	29.6	18.5	27.0	20.0	32.0	21.0	31.5	18.5	30.5	17.5	27.0	19.0	30.0	18.5	29.5	18.5	29.5	19.0	32.0	18.5
23-May	143	29.1	19.6	27.2	18.0	30.5	21.5	30.0	19.0	27.5	16.5	28.0	18.0	31.5	18.0	28.5	17.0	34.0	18.5	31.0	19.0
24-May	144	28.3	18.9	27.0	18.0	32.0	19.5	32.0	18.5	28.5	17.5	30.0	18.0	30.0	18.0	28.0	17.5	30.0	19.0	31.0	18.5
25-May	145	28.7	17.7	25.0	18.0	34.5	22.0	31.0	19.0	28.5	17.0	30.0	20.0	30.5	16.5	30.0	17.0	30.5	20.0	31.5	18.5
26-May	146	28.5	19.0	29.1	18.0	32.0	20.0	29.0	18.0	28.5	17.5	27.5	18.0	31.5	19.5	29.5	15.0	30.5	19.5	33.0	19.0
27-May	147	29.0	18.2	27.2	16.5	31.0	19.5	29.0	17.0	28.5	17.5	28.0	18.0	30.0	19.0	30.0	15.5	30.0	19.0	29.5	18.5
28-May	148	27.2	18.9	27.0	17.0	30.0	18.0	28.5	18.0	30.0	17.5	29.0	17.0	29.5	18.0	30.0	15.0	29.5	19.5	26.5	21.0
29-May	149	30.2	17.4	26.5	18.0	30.0	17.0	30.5	18.5	29.5	17.0	30.0	16.5	30.0	19.0	30.5	16.0	31.0	18.5	32.5	19.5
30-May	150	28.7	18.5	28.1	19.0	34.0	20.5	30.5	18.0	25.0	15.0	29.0	17.0	30.0	18.0	29.5	16.5	31.0	19.0	31.0	20.0
31-May	151	30.9	18.7	25.3	18.0	30.0	18.0	30.0	16.5	30.0	14.5	27.0	17.5	30.5	16.5	28.0	17.0	29.5	19.0	30.5	19.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Jun	152	27.8	19.7	26.0	17.5	28.0	16.5	29.0	17.0	26.5	15.5	30.0	17.5	30.5	19.5	28.5	15.0	30.0	18.5	30.5	18.0
02-Jun	153	33.2	19.8	24.0	17.6	30.0	18.0	30.0	17.5	28.0	15.5	30.5	18.0	29.0	19.5	29.5	16.5	27.5	19.0	31.0	18.5
03-Jun	154	29.7	19.0	28.1	18.0	31.0	19.5	31.0	17.0	28.5	17.0	29.5	18.0	30.5	19.5	27.5	15.0	28.0	19.0	30.5	17.5
04-Jun	155	26.6	19.0	24.1	17.0	30.0	18.5	28.0	16.5	30.0	17.5	28.5	18.5	30.0	19.0	28.0	15.5	25.5	17.5	33.5	18.0
05-Jun	156	27.1	18.7	26.0	19.0	30.0	17.5	32.5	16.5	29.5	17.5	29.0	18.0	28.5	19.0	28.5	16.5	29.0	17.5	31.5	20.0
06-Jun	157	25.8	19.0	27.0	17.8	28.0	17.0	30.0	17.5	29.0	17.0	30.0	18.0	30.0	18.5	29.0	16.0	29.0	18.5	32.5	19.5
07-Jun	158	28.3	18.4	26.0	18.0	30.0	15.0	29.0	18.0	28.5	16.0	28.0	18.5	30.5	18.0	31.5	15.0	31.5	17.0	32.5	18.5
08-Jun	159	28.4	18.6	26.3	18.0	30.0	15.0	29.0	18.5	28.0	16.0	29.0	18.0	29.5	19.0	27.5	17.5	30.0	20.5	33.0	18.5
09-Jun	160	24.9	19.1	28.0	17.0	27.5	14.0	31.0	17.5	28.5	16.0	29.0	18.0	28.5	18.5	27.5	16.5	28.5	19.5	27.5	19.0
10-Jun	161	27.1	18.9	28.0	18.0	29.5	16.5	32.0	18.0	29.0	16.0	28.5	18.0	27.5	19.0	30.5	15.0	27.5	18.0	29.0	17.5
11-Jun	162	27.0	18.6	26.0	19.0	30.0	17.0	29.5	17.0	29.0	15.5	30.5	17.5	26.0	18.5	31.5	15.5	28.5	19.5	33.0	16.5
12-Jun	163	27.9	19.0	28.2	19.3	30.5	15.5	28.5	16.5	28.5	17.0	28.5	18.0	27.0	19.0	29.0	16.5	26.5	18.5	31.5	19.5
13-Jun	164	26.8	18.6	28.0	18.0	30.0	18.0	30.0	17.0	28.0	16.0	29.0	18.0	29.0	17.5	30.0	16.0	24.5	18.5	28.5	19.0
14-Jun	165	26.4	18.3	23.0	18.0	30.0	18.0	29.5	17.5	29.5	17.5	27.0	18.5	31.0	18.5	29.5	16.5	30.0	19.0	30.0	19.5
15-Jun	166	25.5	18.3	26.0	18.0	28.0	16.5	31.0	17.0	27.0	16.0	27.5	15.5	27.5	18.5	29.5	16.5	25.5	20.5	30.0	20.0
16-Jun	167	27.5	17.8	26.2	17.0	31.0	17.0	30.0	18.0	27.5	16.5	28.5	16.5	30.0	18.5	31.5	16.5	28.8	20.2	31.0	18.5
17-Jun	168	25.5	18.6	25.0	17.8	28.0	15.0	28.5	18.5	28.0	17.0	28.5	16.0	25.0	18.5	31.0	16.5	25.3	20.7	28.0	18.5
18-Jun	169	23.9	18.4	25.0	17.0	28.0	16.0	30.5	17.5	28.5	16.5	29.5	16.0	24.0	18.0	31.5	16.0	25.3	20.2	28.5	19.5
19-Jun	170	23.5	19.0	25.0	18.0	28.0	15.0	30.5	17.5	27.0	17.0	30.0	18.0	29.0	16.5	27.5	15.0	24.9	19.2	25.5	16.0
20-Jun	171	28.9	18.2	24.1	17.0	25.0	18.0	27.0	18.0	28.0	16.0	28.5	17.5	29.5	17.5	28.5	15.0	23.8	20.0	29.5	19.5
21-Jun	172	24.6	18.2	24.0	17.0	29.0	17.0	23.5	17.0	27.0	17.0	30.0	18.0	30.0	18.5	28.5	15.0	24.7	19.9	31.0	18.0
22-Jun	173	24.5	18.3	23.0	17.0	29.0	20.0	30.0	17.5	28.5	16.5	27.0	18.5	28.0	19.0	30.5	16.0	27.3	19.9	31.5	18.5
23-Jun	174	24.3	17.8	24.0	18.0	28.0	16.0	31.5	17.0	28.5	16.5	29.0	17.5	29.5	19.5	30.0	15.5	28.2	20.5	29.0	18.5
24-Jun	175	28.2	17.5	23.1	17.0	27.5	19.0	31.0	17.0	26.5	17.0	29.0	18.0	27.5	19.0	27.5	15.5	23.8	20.8	27.5	17.5
25-Jun	176	22.7	17.5	25.0	17.0	30.0	18.0	29.0	18.0	28.0	16.5	28.0	18.0	28.0	18.5	27.0	16.0	23.6	19.5	25.0	18.5
26-Jun	177	26.6	17.5	26.0	16.8	30.0	15.0	28.5	18.0	30.0	17.0	25.5	16.0	28.0	17.5	28.5	16.5	28.3	20.1	27.0	20.5
27-Jun	178	23.0	17.2	27.0	15.0	30.0	17.0	28.0	17.0	28.0	17.5	27.5	17.5	28.0	18.0	26.5	16.0	22.9	19.4	28.5	18.5
28-Jun	179	26.5	16.6	27.2	18.0	29.0	15.0	28.0	14.0	29.0	17.0	29.5	16.5	27.5	18.5	25.5	14.5	23.2	19.4	28.0	19.0
29-Jun	180	26.1	16.7	27.0	17.0	31.0	16.5	31.5	14.0	28.5	18.0	30.0	18.5	27.5	18.5	28.5	14.0	26.1	18.0	30.5	18.0
30-Jun	181	25.7	17.7	26.0	17.0	31.0	17.0	30.0	16.5	30.0	17.5	30.0	17.2	28.0	16.5	29.5	17.5	26.7	19.3	30.0	18.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:**	Piura	**Region:**	Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:**	UDEP	**Fuentes**	UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:**	Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci**	Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Jul	182	24.9	18.1	27.0	18.0	27.0	17.0	29.0	17.0	28.0	17.0	32.0	18.5	30.0	17.0	28.5	16.0	27.2	19.6	30.0	18.0
02-Jul	183	27.2	18.2	25.1	17.5	29.0	18.0	31.0	16.0	30.0	19.0	29.0	18.0	29.0	16.0	28.0	17.0	25.9	18.9	29.5	18.5
03-Jul	184	27.9	18.3	27.0	17.0	29.0	18.0	28.0	20.0	30.0	19.0	29.0	18.0	30.0	17.5	27.5	16.0	26.9	19.7	30.5	17.0
04-Jul	185	27.6	17.9	26.0	17.0	27.0	16.0	30.0	18.0	29.0	17.0	29.0	18.0	31.0	19.0	28.5	15.5	25.1	19.7	30.5	19.5
05-Jul	186	29.4	16.8	28.0	18.0	28.0	16.0	29.0	20.0	27.0	18.0	29.0	18.0	32.0	19.0	30.0	17.0	27.5	19.5	27.0	19.0
06-Jul	187	28.1	18.4	28.2	19.0	26.0	16.5	28.0	19.0	30.0	18.0	29.0	18.0	30.0	18.0	29.5	18.0	22.8	20.0	27.5	17.0
07-Jul	188	26.4	18.3	27.2	18.0	28.0	16.5	28.0	19.0	27.0	18.0	27.0	18.0	29.0	18.0	29.0	17.5	22.5	20.1	28.5	16.5
08-Jul	189	24.6	18.0	26.0	18.0	27.5	17.0	29.0	18.0	28.0	17.0	25.0	18.0	26.0	19.0	29.0	18.0	25.8	18.5	28.0	17.0
09-Jul	190	25.3	17.7	27.3	18.3	28.0	16.0	28.0	19.0	27.0	16.0	30.0	19.0	28.0	17.0	28.0	17.0	25.2	18.8	27.0	16.5
10-Jul	191	22.1	18.0	27.0	17.5	28.5	17.0	30.0	20.0	28.0	18.0	27.0	18.0	29.0	18.0	28.5	16.5	28.5	19.8	28.5	18.5
11-Jul	192	27.6	18.3	26.1	18.0	29.5	16.0	29.0	18.0	29.0	17.0	31.0	14.0	30.0	16.0	29.0	16.5	29.3	18.4	28.0	20.0
12-Jul	193	27.0	17.9	24.0	17.8	29.0	16.0	29.0	19.0	26.0	16.0	29.0	17.0	28.0	17.0	29.5	16.0	25.3	19.2	32.5	18.5
13-Jul	194	27.7	17.3	28.0	18.0	26.5	17.5	30.0	18.0	29.0	17.0	29.0	18.0	27.0	16.0	29.0	17.0	24.7	19.2	29.5	19.0
14-Jul	195	25.0	17.2	27.1	18.0	26.0	17.0	29.0	19.0	28.0	17.0	29.0	18.0	29.0	17.0	28.0	17.5	29.0	18.0	28.6	19.5
15-Jul	196	23.4	17.3	27.0	18.0	29.0	16.5	28.0	19.0	28.0	16.0	28.0	18.0	28.0	18.0	28.0	16.0	30.5	19.5	27.7	18.8
16-Jul	197	22.6	17.2	27.0	17.8	27.0	17.5	29.0	18.0	27.0	17.0	26.0	17.0	29.0	19.0	29.0	16.0	30.0	19.5	28.1	17.7
17-Jul	198	23.8	17.6	26.0	18.0	26.5	17.0	29.0	17.0	27.0	17.0	27.0	17.0	28.0	16.0	29.0	15.0	28.5	17.5	27.5	16.8
18-Jul	199	25.1	17.9	27.2	18.0	28.5	17.5	29.0	17.0	27.0	17.0	27.0	17.0	28.0	16.0	29.0	16.5	26.5	18.0	26.5	18.8
19-Jul	200	25.4	17.4	25.0	17.0	27.0	18.0	28.0	16.0	28.0	17.0	30.0	17.0	29.0	17.5	29.0	18.0	31.0	17.5	30.0	18.9
20-Jul	201	25.2	17.5	24.0	18.0	28.0	17.5	29.0	17.0	27.0	17.0	29.0	17.0	29.0	17.0	28.0	18.0	32.5	19.5	27.5	16.0
21-Jul	202	25.5	17.7	28.0	17.0	27.0	17.0	30.0	18.0	26.0	17.0	27.0	16.0	29.0	17.0	28.0	18.0	27.0	19.0	24.4	18.1
22-Jul	203	27.0	17.3	27.1	18.0	27.0	17.0	30.0	18.0	27.0	16.0	29.0	16.0	28.0	16.0	27.0	18.0	24.5	18.5	25.2	17.9
23-Jul	204	26.5	16.8	26.8	18.0	27.0	18.0	23.0	18.0	28.0	17.0	27.0	16.0	29.0	17.0	27.0	17.0	27.0	18.5	27.5	17.9
24-Jul	205	23.6	16.7	25.0	18.0	28.0	17.0	29.0	19.0	29.0	17.0	29.0	17.0	27.0	16.0	27.0	17.0	30.0	17.0	25.6	18.2
25-Jul	206	26.5	13.0	24.0	18.0	27.0	18.0	28.0	19.0	28.0	18.0	27.0	17.0	28.0	17.0	28.0	17.5	27.5	18.5	26.4	18.5
26-Jul	207	26.0	13.9	27.2	18.0	27.0	17.0	30.0	19.0	27.0	18.0	29.0	15.0	29.0	18.0	28.0	17.0	27.0	18.5	26.7	18.4
27-Jul	208	24.5	16.8	26.0	17.8	28.0	18.0	29.0	18.0	27.0	17.0	29.0	16.0	27.0	19.0	24.0	16.0	28.5	19.0	26.7	18.6
28-Jul	209	24.1	15.5	25.0	16.0	29.0	19.0	28.0	19.0	29.0	17.0	28.0	16.0	28.0	17.0	25.0	16.0	27.5	16.0	25.5	18.1
29-Jul	210	24.0	14.7	25.0	18.0	28.0	19.0	30.0	18.0	28.0	17.0	28.0	17.0	29.0	18.0	25.0	18.0	27.0	19.5	26.6	17.0
30-Jul	211	28.5	16.1	26.4	18.0	29.0	19.0	29.0	18.0	29.0	17.0	28.0	17.0	26.5	18.0	26.0	17.0	27.5	17.0	24.7	17.6
31-Jul	212	26.2	17.7	27.0	17.0	29.0	17.0	30.0	19.0	28.5	17.5	29.0	17.0	24.5	18.0	27.0	17.0	27.0	17.5	24.5	17.4

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Ago	213	25.3	17.4	24.0	18.0	27.0	18.0	27.0	17.0	28.5	17.5	27.0	16.0	30.0	16.5	27.5	15.0	24.0	18.5	26.3	17.3
02-Ago	214	25.2	17.4	25.0	18.0	27.0	17.0	28.5	17.5	28.0	15.5	29.0	16.5	28.0	18.5	27.0	15.0	23.5	18.5	22.9	17.3
03-Ago	215	26.1	17.2	23.1	17.0	29.0	17.0	29.0	16.5	28.5	13.5	28.5	15.0	27.5	17.5	27.5	15.5	26.0	18.0	28.4	16.0
04-Ago	216	23.6	17.4	27.0	17.0	27.0	17.0	26.5	17.0	26.0	17.0	29.0	15.5	26.0	17.0	28.5	14.0	29.0	18.5	29.2	18.3
05-Ago	217	23.7	17.4	28.0	17.5	26.0	18.0	22.5	16.0	28.5	16.0	30.0	17.5	28.0	17.5	27.0	15.0	30.5	16.0	22.8	17.7
06-Ago	218	28.6	17.1	27.0	17.0	27.0	18.0	28.5	16.0	29.0	14.5	29.5	17.0	25.5	16.5	27.0	16.5	26.5	18.5	24.6	17.3
07-Ago	219	26.5	17.3	29.2	17.3	26.0	17.0	29.0	17.5	28.5	14.5	29.0	18.0	30.0	17.0	26.5	16.0	29.0	18.5	30.6	16.9
08-Ago	220	28.8	17.0	28.0	17.0	27.0	18.0	31.0	17.0	28.0	17.0	29.0	17.0	29.5	17.5	28.0	15.5	27.5	18.5	29.8	17.6
09-Ago	221	29.3	17.1	27.0	17.6	28.0	17.0	31.0	17.0	28.0	16.0	29.0	17.5	29.5	17.5	25.5	16.5	30.5	18.5	25.8	18.5
10-Ago	222	29.2	17.4	27.3	17.0	26.0	18.0	27.5	16.5	28.0	16.0	27.0	17.5	28.5	18.0	28.0	16.5	26.5	18.5	26.7	17.6
11-Ago	223	26.7	18.3	26.1	18.0	28.0	18.0	30.0	16.5	29.0	16.5	28.0	16.5	29.0	17.5	29.0	16.0	29.5	18.0	28.8	16.6
12-Ago	224	27.4	17.7	26.0	17.0	27.0	17.0	29.0	16.0	29.0	16.5	25.0	17.0	30.0	18.5	29.5	16.0	27.5	18.5	26.4	18.3
13-Ago	225	28.8	17.7	28.0	17.6	28.0	18.0	24.0	16.5	25.5	17.0	28.0	17.0	29.0	18.0	29.0	16.5	30.5	19.5	27.0	18.2
14-Ago	226	24.7	17.8	27.2	17.0	28.0	18.0	26.5	15.0	27.0	17.0	26.5	16.5	27.5	17.5	28.5	16.0	29.0	19.0	27.1	17.9
15-Ago	227	26.4	17.3	27.4	17.3	29.0	17.0	29.0	14.5	29.0	16.0	27.5	18.0	26.5	17.0	28.0	16.5	26.5	18.5	28.5	17.5
16-Ago	228	26.9	16.7	27.5	17.0	29.0	18.0	33.0	16.0	27.5	15.0	28.0	17.5	31.5	17.5	28.5	16.5	26.0	18.0	30.0	18.5
17-Ago	229	29.7	17.0	27.0	16.8	30.0	17.0	32.0	16.0	29.5	16.0	29.0	17.0	30.5	18.5	28.5	16.5	24.5	18.5	24.0	18.0
18-Ago	230	28.0	17.5	27.3	17.0	30.0	16.0	30.5	15.5	28.0	16.5	29.0	17.0	31.5	17.5	27.5	16.0	28.5	18.5	28.5	17.5
19-Ago	231	29.1	17.8	28.2	17.5	28.5	18.5	28.5	17.0	28.0	16.5	26.0	15.5	30.5	19.0	28.5	16.0	30.5	19.0	26.5	17.5
20-Ago	232	29.1	16.6	28.0	17.0	26.5	18.0	27.0	16.5	29.5	16.5	28.5	17.0	29.0	17.5	28.5	16.0	24.5	18.5	28.0	17.5
21-Ago	233	27.5	17.2	29.0	17.0	26.5	17.0	27.0	16.5	28.5	16.5	28.0	17.0	28.0	19.0	28.5	16.0	25.0	18.5	29.0	16.0
22-Ago	234	29.5	16.7	28.0	18.0	29.5	18.0	27.0	16.5	28.0	16.0	28.5	17.0	32.5	18.5	27.5	16.5	29.0	17.5	29.5	17.0
23-Ago	235	29.6	18.2	29.1	18.3	30.0	18.5	28.0	17.0	26.5	16.5	27.0	17.5	30.0	19.0	25.5	15.5	29.5	18.5	28.5	17.5
24-Ago	236	31.1	18.5	29.0	18.0	27.0	18.0	26.5	17.0	29.5	15.0	27.5	17.0	30.5	18.0	25.0	16.0	29.5	17.5	29.5	16.5
25-Ago	237	26.6	18.2	29.5	17.6	25.0	17.0	28.5	17.0	30.0	16.0	27.0	16.5	27.0	19.0	26.0	16.5	29.5	18.5	29.5	17.0
26-Ago	238	28.5	17.9	28.2	18.0	25.5	17.5	29.0	17.0	30.5	15.0	30.0	17.0	25.5	18.5	27.0	16.0	29.0	18.0	29.5	17.0
27-Ago	239	27.9	17.8	26.1	17.0	27.0	17.5	28.0	17.0	28.5	16.5	29.0	16.0	26.0	18.0	27.5	15.5	26.5	19.0	29.5	17.5
28-Ago	240	27.8	17.4	26.0	17.0	28.0	17.5	26.0	16.5	27.5	15.0	28.0	16.5	30.0	19.0	28.5	16.5	25.0	18.5	30.0	15.5
29-Ago	241	28.0	17.0	26.0	17.6	28.5	17.0	27.0	16.0	29.0	14.5	27.5	17.5	27.0	18.0	29.0	16.5	27.0	17.0	28.5	17.0
30-Ago	242	27.6	17.5	25.0	16.0	27.5	17.5	28.0	17.0	29.0	14.0	27.0	17.0	28.0	18.5	29.0	16.5	31.0	16.0	29.0	17.5
31-Ago	243	29.0	17.5	27.3	18.0	27.5	17.0	28.0	16.0	29.0	15.0	27.0	16.0	29.5	18.0	29.5	16.5	33.0	16.5	30.0	18.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Sep	244	28.5	18.2	25.0	17.0	26.5	17.0	28.5	15.5	29.5	17.0	29.0	17.0	29.5	17.5	28.5	16.0	27.0	18.5	28.5	18.5
02-Sep	245	28.4	17.2	29.0	17.0	29.0	17.0	28.5	17.5	28.5	17.0	28.5	16.5	29.5	17.5	26.5	15.0	28.5	20.0	27.5	18.5
03-Sep	246	29.1	16.9	28.5	17.0	29.0	17.0	28.5	17.5	28.5	16.0	30.5	17.0	29.0	17.0	27.5	15.5	26.5	19.5	26.0	17.5
04-Sep	247	28.8	17.2	28.0	17.5	30.0	16.0	28.5	16.5	29.5	14.0	28.5	16.5	27.5	18.0	27.5	16.5	29.5	17.5	29.5	17.0
05-Sep	248	27.5	17.2	28.5	16.0	29.0	15.0	29.5	15.5	30.0	16.0	26.0	16.5	30.5	19.0	27.5	15.5	28.5	18.0	28.5	18.0
06-Sep	249	27.5	16.1	29.0	17.0	29.5	16.0	28.5	17.5	30.0	17.0	30.0	15.0	26.0	18.5	29.5	16.5	29.5	18.5	29.5	18.0
07-Sep	250	28.2	16.6	28.5	17.0	30.0	15.0	28.0	16.5	29.5	18.0	28.5	16.5	30.5	17.0	29.5	15.5	30.5	22.5	28.5	18.5
08-Sep	251	30.0	17.5	27.0	16.5	29.0	17.0	28.0	17.0	30.5	18.0	30.0	16.0	30.5	16.0	27.5	15.5	29.5	19.0	28.5	18.5
09-Sep	252	28.7	17.3	28.5	16.0	28.5	16.5	28.0	17.0	30.0	18.0	28.0	16.5	30.5	16.5	28.0	16.0	30.0	17.5	28.5	20.0
10-Sep	253	30.8	17.5	28.5	16.5	30.0	17.5	25.5	16.5	26.5	17.5	27.5	17.0	30.5	18.5	28.5	16.5	29.5	18.5	26.5	17.5
11-Sep	254	29.7	17.4	28.0	17.0	28.0	17.5	27.0	16.0	30.0	17.0	29.0	16.0	29.5	18.0	28.0	16.0	30.0	18.5	30.5	18.0
12-Sep	255	28.7	17.2	28.0	16.0	27.0	17.5	28.5	17.0	30.5	16.0	29.0	16.0	30.0	18.0	27.5	16.5	30.0	16.5	30.0	18.0
13-Sep	256	27.8	17.0	29.0	16.5	29.0	15.5	27.5	17.0	29.5	15.0	28.5	16.0	30.0	17.5	27.0	16.0	31.5	17.0	30.0	18.0
14-Sep	257	28.2	17.3	29.5	15.5	29.5	15.5	28.0	17.0	30.5	15.0	28.5	16.5	30.5	18.0	28.5	16.5	28.0	18.0	28.5	17.5
15-Sep	258	28.7	17.0	30.0	16.0	29.0	16.5	27.0	16.5	30.0	16.0	29.0	16.0	30.0	18.0	27.0	16.0	30.5	18.5	29.5	17.5
16-Sep	259	28.2	16.7	30.0	15.0	29.0	16.0	28.5	16.0	29.5	16.5	28.5	16.5	32.0	17.0	28.5	16.0	31.5	19.0	29.0	17.5
17-Sep	260	28.1	16.6	30.0	14.5	28.0	17.0	29.5	17.0	31.5	16.5	27.5	16.5	29.0	17.5	29.5	16.5	29.5	18.5	29.5	17.5
18-Sep	261	29.9	16.8	27.0	16.0	29.0	16.0	27.5	17.5	29.5	18.0	29.0	16.0	28.5	17.5	26.0	15.5	29.0	18.0	29.0	19.0
19-Sep	262	28.5	17.6	29.0	15.0	27.0	16.5	28.5	17.0	29.0	18.0	28.5	16.5	28.0	17.0	27.0	15.5	29.5	17.5	29.5	17.5
20-Sep	263	26.9	17.5	29.5	15.0	26.5	16.5	27.5	17.5	28.0	17.5	26.0	17.0	30.0	16.5	28.5	15.5	29.5	17.0	29.5	17.5
21-Sep	264	28.7	17.2	29.5	14.0	29.0	16.5	27.0	17.0	28.5	18.0	28.5	16.5	30.0	16.5	27.5	15.5	30.5	17.5	32.0	17.5
22-Sep	265	27.1	16.5	28.5	16.0	29.0	17.0	28.5	18.0	30.5	18.0	27.5	16.5	30.0	17.0	28.0	15.0	31.0	18.0	30.5	17.5
23-Sep	266	28.1	17.0	29.0	16.0	30.5	15.5	28.0	18.0	30.5	17.5	26.0	17.0	28.5	18.0	27.5	15.0	30.0	18.0	31.0	18.0
24-Sep	267	28.8	16.9	28.0	16.0	28.5	16.5	28.0	16.5	31.0	17.0	27.0	16.0	28.5	17.0	27.5	15.0	31.5	17.0	31.0	17.0
25-Sep	268	28.1	17.3	28.5	15.0	30.5	14.5	29.5	17.5	31.0	17.5	27.5	16.0	31.0	17.0	29.5	15.5	31.0	16.0	30.5	17.5
26-Sep	269	28.8	17.2	29.0	16.0	30.5	17.5	30.0	17.5	30.0	17.5	28.5	17.0	31.0	17.0	27.5	15.0	28.0	16.0	31.0	17.0
27-Sep	270	31.0	17.4	25.0	16.0	29.0	17.0	28.0	17.5	30.0	17.5	25.5	15.5	28.5	17.0	28.5	17.5	29.0	16.5	30.0	18.5
28-Sep	271	29.9	17.9	26.5	15.0	30.5	17.5	29.0	17.0	30.0	18.0	25.5	16.0	30.0	14.5	29.5	15.0	29.5	17.0	28.5	16.5
29-Sep	272	29.8	17.5	28.5	15.5	30.0	17.0	29.0	18.0	29.5	18.0	26.0	16.5	31.0	17.5	27.0	15.0	29.0	18.0	30.5	17.0
30-Sep	273	27.0	17.8	30.0	15.5	29.0	17.5	28.0	17.0	31.0	18.0	29.0	15.0	29.0	17.0	28.0	15.5	27.5	18.5	28.0	16.5

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Oct	274	30.8	17.5	29.0	15.0	27.0	18.0	30.0	17.0	31.5	18.5	28.0	16.0	30.0	17.0	28.5	15.5	30.0	17.0	29.0	16.0
02-Oct	275	26.2	17.3	28.0	15.0	28.5	18.5	31.5	17.0	33.0	18.0	30.0	15.0	30.5	18.5	27.5	15.0	29.0	17.5	30.0	18.5
03-Oct	276	29.5	17.1	28.0	15.0	28.5	18.5	32.5	17.5	30.0	18.0	29.5	17.0	30.5	18.0	29.5	14.5	30.0	18.0	30.5	16.5
04-Oct	277	29.7	16.5	27.0	16.0	30.0	18.0	31.0	17.0	31.5	18.5	29.0	17.0	29.5	18.5	29.0	15.5	27.5	17.5	29.5	17.5
05-Oct	278	29.4	16.7	28.5	15.0	28.5	18.0	30.0	18.0	30.5	18.5	29.0	16.5	30.0	16.5	28.5	15.5	29.5	17.0	30.0	18.0
06-Oct	279	30.0	17.7	30.0	16.5	27.5	18.0	28.5	16.5	30.5	18.5	28.5	16.0	30.5	17.0	29.0	15.5	28.5	17.5	33.5	17.5
07-Oct	280	30.7	17.6	29.0	16.0	31.5	18.0	30.0	14.5	31.5	18.5	29.0	16.0	31.5	18.0	28.5	15.5	26.5	18.0	30.5	17.5
08-Oct	281	30.2	17.9	29.0	15.0	30.0	18.0	29.0	16.0	31.0	18.0	29.0	17.0	31.5	17.0	29.5	15.0	26.5	17.5	31.5	17.0
09-Oct	282	29.7	17.4	30.0	15.0	30.5	18.0	31.0	17.5	31.5	17.5	27.5	17.0	32.5	18.0	30.0	17.0	26.5	17.0	31.0	17.5
10-Oct	283	30.2	18.0	29.0	15.0	28.5	18.5	30.0	18.0	32.5	18.5	28.5	17.0	30.0	18.5	27.5	16.0	31.0	16.0	29.5	17.0
11-Oct	284	29.4	17.9	29.0	15.0	29.5	18.0	31.0	18.0	31.5	18.0	31.0	18.0	31.0	18.5	28.5	16.0	28.5	17.5	31.5	17.5
12-Oct	285	30.9	17.6	29.0	15.0	30.0	18.0	29.5	17.5	32.0	18.0	30.0	17.0	29.5	18.5	28.5	15.5	30.5	18.0	31.0	17.5
13-Oct	286	29.5	17.4	27.5	16.5	30.0	18.0	30.0	17.0	32.0	16.5	30.5	17.0	29.5	18.0	27.5	15.0	29.5	18.0	31.5	17.5
14-Oct	287	30.1	16.8	28.0	15.0	32.0	17.5	32.0	18.0	32.0	17.5	30.5	17.0	29.5	18.5	28.0	15.5	30.5	18.0	32.5	17.5
15-Oct	288	30.6	17.9	27.5	16.0	30.0	18.5	28.5	18.5	31.5	18.5	27.5	16.5	31.5	18.0	27.5	15.0	31.5	17.5	30.0	17.0
16-Oct	289	30.4	17.3	25.0	16.0	27.0	17.5	30.0	18.0	30.0	17.0	29.0	16.5	29.5	18.5	28.5	15.5	29.5	18.0	31.5	17.5
17-Oct	290	29.4	17.8	27.0	16.0	30.0	18.0	29.0	17.0	32.0	17.0	28.5	16.5	28.5	20.0	27.5	14.5	30.0	18.5	28.5	18.0
18-Oct	291	27.6	17.4	28.0	16.0	32.0	18.0	30.0	17.0	31.0	18.0	27.5	16.5	30.0	17.5	28.0	15.0	31.0	16.5	28.0	18.0
19-Oct	292	28.7	16.1	28.5	17.5	31.0	19.0	28.5	17.0	31.5	17.5	28.5	14.5	29.5	19.0	28.5	15.5	30.5	16.5	29.0	17.5
20-Oct	293	30.7	16.7	26.0	17.0	30.5	19.5	30.5	15.5	31.5	18.0	29.0	17.5	28.5	17.5	28.5	15.0	31.0	17.5	29.0	17.0
21-Oct	294	30.4	18.4	29.0	17.0	28.0	18.5	28.0	16.0	28.0	17.5	29.5	17.0	29.0	18.0	28.0	15.0	30.0	18.0	30.0	17.5
22-Oct	295	29.2	18.4	26.5	18.0	30.0	19.0	31.0	18.0	31.0	18.5	29.0	17.5	30.0	19.0	28.5	15.0	30.5	18.0	31.5	18.0
23-Oct	296	29.5	18.5	27.0	16.0	30.5	19.5	28.5	18.0	29.0	18.0	26.5	16.5	32.0	17.5	27.5	17.0	29.0	17.5	32.0	18.5
24-Oct	297	28.4	18.5	31.0	17.5	28.5	18.5	34.0	17.5	31.5	18.5	30.0	15.5	31.0	18.5	27.5	16.5	31.5	17.0	27.5	17.5
25-Oct	298	30.2	18.4	31.0	17.0	29.0	19.0	32.5	17.5	25.0	18.0	29.0	16.0	30.5	18.5	29.0	16.5	29.5	17.0	28.5	17.5
26-Oct	299	31.2	16.2	28.5	16.5	28.5	18.5	31.5	18.5	25.0	19.0	28.5	15.5	28.5	18.5	29.5	16.5	29.5	17.5	29.5	17.5
27-Oct	300	30.6	17.8	29.5	18.0	29.0	18.0	30.0	18.0	29.5	17.0	27.5	16.5	30.0	19.0	29.0	16.0	30.5	17.0	29.0	18.0
28-Oct	301	29.3	17.3	29.0	17.0	28.0	18.5	30.0	17.0	31.0	17.0	28.0	17.0	26.5	18.5	28.5	16.5	30.0	20.0	31.5	18.0
29-Oct	302	28.4	17.7	30.0	17.5	31.5	18.5	31.0	18.0	29.0	18.0	28.5	17.0	28.0	19.0	28.0	17.0	30.5	16.5	28.0	18.5
30-Oct	303	26.0	16.7	27.5	18.0	31.0	18.0	30.0	18.0	28.0	17.5	28.0	17.0	32.0	18.5	29.5	15.0	28.5	17.5	31.5	18.5
31-Oct	304	29.5	16.8	28.0	18.0	26.0	19.0	28.0	17.0	30.5	18.0	28.5	16.0	29.0	19.5	29.5	16.5	29.0	18.0	31.0	18.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura		**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP		**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura		
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura		

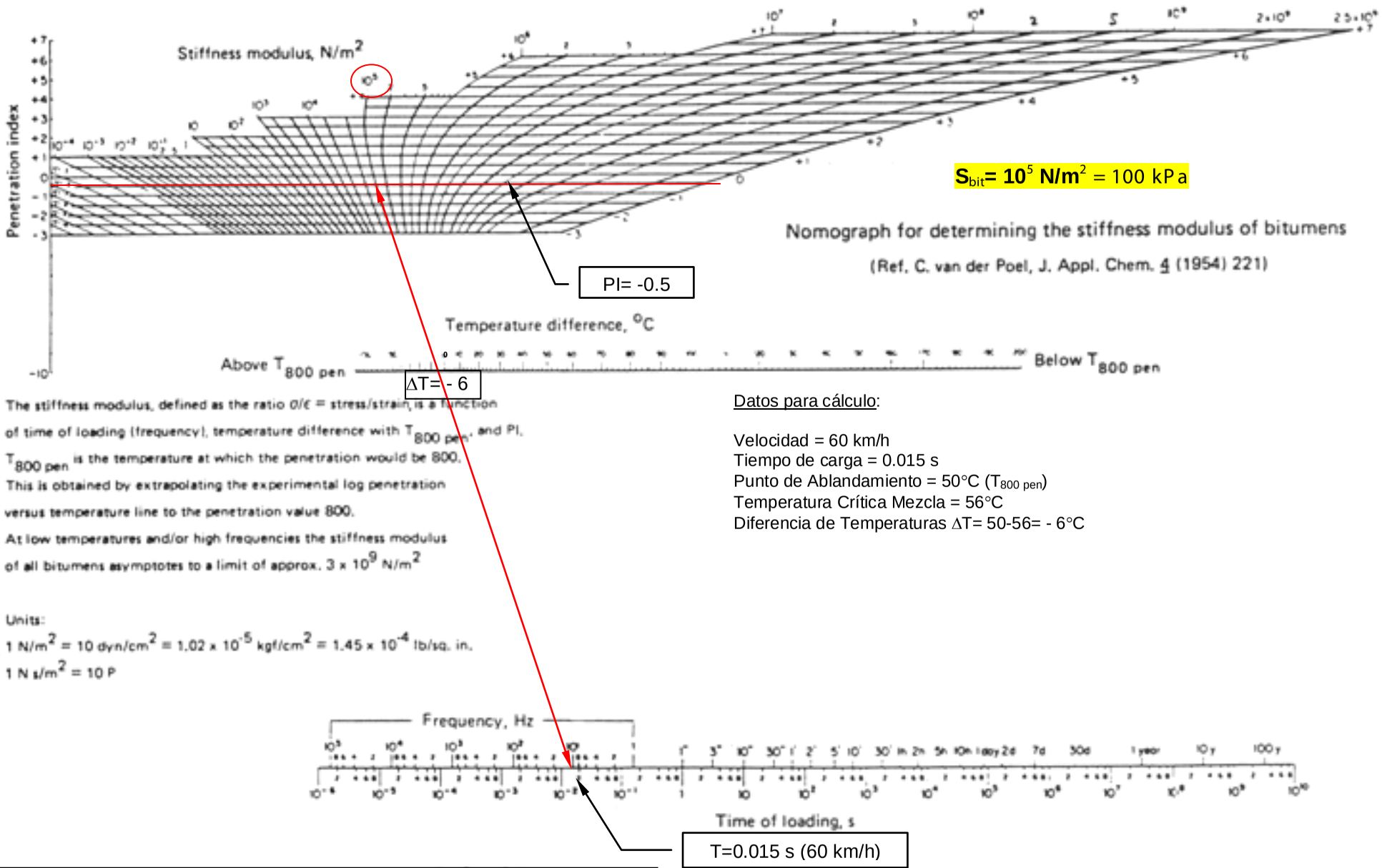
Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Nov	305	28.9	18.4	28.5	18.0	30.0	16.5	28.5	17.5	30.0	16.5	29.5	16.5	30.0	18.5	30.0	17.5	31.0	16.5	28.5	19.0
02-Nov	306	30.7	18.8	29.0	16.0	28.0	16.0	29.0	17.0	30.0	17.0	30.5	17.0	31.5	19.0	27.5	17.0	30.0	18.0	31.5	19.5
03-Nov	307	28.1	17.4	30.5	18.5	31.5	18.5	28.5	16.5	31.0	17.5	29.5	16.5	30.5	18.5	28.5	16.5	29.5	17.0	27.5	18.5
04-Nov	308	28.2	15.5	29.5	15.0	28.5	16.5	28.5	18.0	31.5	19.0	31.5	16.0	29.5	17.5	27.0	15.0	28.5	17.5	30.0	18.5
05-Nov	309	28.1	14.0	27.0	15.0	28.5	16.5	28.5	17.5	33.5	18.5	31.5	17.0	30.0	17.0	27.5	15.0	30.5	17.5	29.0	18.5
06-Nov	310	27.6	15.2	28.5	17.0	31.0	18.0	30.0	18.0	29.5	18.5	31.0	16.0	30.5	17.5	27.5	16.0	31.0	16.5	28.5	18.5
07-Nov	311	27.6	17.5	30.0	16.5	30.5	18.5	30.0	18.0	28.0	18.0	31.5	15.0	31.5	16.5	29.5	16.5	29.5	17.5	29.0	18.0
08-Nov	312	29.0	13.0	30.5	16.0	26.5	18.0	29.0	18.5	31.0	19.0	28.5	17.0	29.5	19.5	30.5	17.5	30.0	17.0	30.0	16.0
09-Nov	313	29.3	16.4	31.0	16.5	31.0	18.5	30.5	15.5	30.5	19.0	29.0	16.0	31.0	16.5	30.0	17.0	30.5	17.5	29.5	17.0
10-Nov	314	29.8	16.1	28.5	17.0	31.0	17.0	30.0	18.5	31.5	19.0	31.5	16.5	30.5	19.0	30.0	17.5	29.5	17.5	27.0	17.5
11-Nov	315	28.5	14.1	29.5	16.5	31.0	19.5	29.0	18.0	31.0	19.0	30.5	17.0	32.0	20.0	31.0	17.5	30.0	17.0	28.0	17.0
12-Nov	316	29.1	13.7	29.0	17.0	32.5	18.5	29.5	18.5	31.5	17.5	30.5	18.5	32.0	20.0	31.5	17.5	30.5	17.5	29.5	17.5
13-Nov	317	26.6	15.5	30.0	17.5	28.0	18.0	31.5	17.5	28.5	18.5	32.0	17.0	31.0	19.0	28.5	17.0	32.0	17.0	30.5	19.5
14-Nov	318	28.7	15.5	31.0	18.0	31.5	17.5	29.0	19.5	29.5	19.0	31.0	17.5	29.5	19.0	30.5	17.0	31.0	17.5	30.0	19.5
15-Nov	319	28.3	14.9	30.5	17.5	32.5	18.5	32.0	18.0	31.5	15.0	29.5	18.0	30.5	18.5	32.0	17.5	32.5	16.5	28.5	17.5
16-Nov	320	27.8	15.2	31.5	18.0	31.5	19.0	31.0	19.0	31.0	17.0	29.0	18.0	32.0	16.0	31.0	17.5	30.0	15.0	31.0	17.0
17-Nov	321	28.6	16.7	29.5	17.5	31.5	19.5	29.0	18.5	30.0	17.5	30.5	17.5	30.0	19.0	31.5	17.0	32.5	16.5	31.5	17.5
18-Nov	322	26.6	17.3	30.0	17.0	31.5	19.0	31.5	18.0	30.0	15.5	25.5	17.5	27.5	20.0	31.0	16.5	29.5	17.5	30.5	18.5
19-Nov	323	32.3	16.7	31.5	17.0	31.0	19.0	31.5	18.5	30.5	18.5	27.5	17.5	31.0	19.0	31.5	16.0	30.5	17.0	32.5	18.5
20-Nov	324	31.0	17.1	31.5	18.0	32.0	19.5	28.0	18.5	28.5	19.0	28.0	16.5	33.5	19.0	30.5	17.5	28.5	18.0	31.5	19.0
21-Nov	325	30.8	17.2	30.0	18.5	31.0	20.0	31.0	18.0	31.0	18.0	28.5	16.0	33.5	19.5	32.0	18.0	29.0	15.5	30.0	18.0
22-Nov	326	31.2	17.6	29.5	18.5	32.0	20.5	31.5	19.0	31.5	18.5	27.0	16.0	33.0	21.0	31.5	16.0	30.5	16.0	32.5	18.0
23-Nov	327	29.4	17.7	30.0	18.0	32.0	20.5	31.0	18.5	31.5	17.5	28.5	17.0	32.5	20.0	31.5	16.5	30.0	17.0	31.5	19.0
24-Nov	328	31.7	16.4	30.0	17.5	32.0	19.0	29.5	19.0	33.5	19.0	30.5	15.0	33.0	20.0	31.0	16.0	31.5	18.5	30.0	18.5
25-Nov	329	32.5	17.2	31.0	18.0	30.0	20.0	29.0	17.0	33.0	19.0	31.0	16.5	32.0	20.0	31.5	17.5	30.0	18.5	32.5	18.0
26-Nov	330	32.2	18.4	30.0	18.5	28.5	20.0	31.5	18.5	32.5	20.0	29.0	14.5	32.5	20.0	31.0	17.0	32.0	18.5	34.0	20.5
27-Nov	331	31.4	18.3	30.0	17.0	30.5	19.5	31.5	20.5	31.5	19.5	29.5	16.0	33.0	20.0	31.5	17.5	31.5	17.5	32.0	20.0
28-Nov	332	30.8	19.2	31.0	18.0	32.0	19.0	30.5	20.5	32.0	19.0	30.0	16.5	33.0	20.5	32.5	18.0	33.0	18.0	32.5	20.0
29-Nov	333	32.2	18.6	28.5	19.0	29.5	20.5	32.5	20.5	30.5	18.5	28.5	15.5	31.5	20.0	32.5	18.0	33.5	18.0	30.0	20.0
30-Nov	334	32.5	19.0	29.0	18.5	32.5	20.0	31.0	20.0	32.5	19.0	28.5	16.0	32.0	19.5	30.0	18.5	33.0	19.0	33.0	20.0

Universidad de Piura	**Parametro**	Temperatura	**Estacion:**	UDEP	**Cuenca:** Piura	**Region:** Piura
Facultad de Ingenieria	**Tipo:**	Máxima y Mínima	**Latitud:**	05°10´14.0"	**Lugar:** UDEP	**Fuentes** UDEP
Laboratorio de Fisica General	**Resolucion:**	Diaria	**Longitud:**	80°38´18.6"	**Distrito:** Piura	
Base de datos meteorologicos	**Unidad:**	C	**Altitud:**	45 msnm	**Provinci** Piura	

Fecha	Dia del año	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999	
		T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.	T Máx.	T Mín.
01-Dic	335	31.1	19.0	30.5	18.5	31.0	20.0	29.5	19.5	31.5	18.5	30.5	17.5	33.5	21.5	31.0	18.5	28.5	19.0	32.0	18.0
02-Dic	336	32.0	19.5	30.0	18.0	31.0	21.0	30.0	19.5	32.0	18.5	31.5	17.5	33.0	20.5	31.0	18.5	33.5	18.0	31.5	17.5
03-Dic	337	32.0	19.8	31.5	16.5	33.0	19.5	29.0	21.0	33.5	19.0	31.0	16.5	33.0	20.0	30.5	18.0	30.0	19.0	32.5	18.5
04-Dic	338	31.3	20.2	31.0	18.0	32.5	20.5	31.0	20.0	32.0	18.0	31.5	17.5	30.0	20.5	30.0	18.5	31.5	16.0	32.0	20.0
05-Dic	339	32.0	20.0	29.5	18.0	33.5	21.5	33.5	18.0	32.0	19.5	28.0	18.0	30.5	18.5	29.5	18.5	33.0	16.5	32.0	20.0
06-Dic	340	30.3	20.1	30.0	18.5	31.5	21.0	31.0	21.0	33.0	19.0	31.5	16.5	30.5	18.5	28.5	17.5	33.5	17.5	32.0	18.0
07-Dic	341	30.1	19.4	31.0	17.5	33.5	20.5	31.0	20.5	32.5	17.5	31.0	16.5	30.0	21.0	28.5	17.0	33.0	19.0	32.0	19.0
08-Dic	342	30.3	20.1	30.0	18.0	34.0	20.0	30.0	20.0	33.0	20.0	32.5	14.5	32.0	22.0	31.0	15.0	31.5	18.5	34.0	20.5
09-Dic	343	26.8	18.1	31.5	17.5	32.0	19.5	30.5	18.5	34.0	21.0	30.0	19.0	32.5	19.5	31.5	15.5	32.0	19.0	31.0	20.0
10-Dic	344	30.5	19.5	31.5	18.0	32.5	21.0	32.0	20.0	33.5	19.0	31.0	18.0	33.5	18.5	31.0	15.5	33.0	18.0	33.5	20.5
11-Dic	345	30.7	19.4	32.5	19.0	26.5	21.5	33.0	21.0	32.0	21.0	32.5	18.0	31.5	20.0	31.0	17.5	33.0	18.0	32.0	20.0
12-Dic	346	29.9	18.5	31.5	17.5	33.5	18.0	32.5	21.0	33.5	21.0	33.0	18.5	33.5	19.0	31.5	18.0	32.0	19.0	32.0	20.0
13-Dic	347	32.3	20.3	32.0	19.5	33.5	21.5	32.5	19.0	34.5	21.5	33.5	18.5	34.5	21.5	31.5	18.0	33.0	17.0	31.5	20.0
14-Dic	348	33.3	20.1	33.0	20.0	33.0	20.0	32.5	19.5	29.0	21.5	33.0	20.5	33.5	18.0	31.5	19.0	33.0	19.5	33.0	19.0
15-Dic	349	32.0	19.0	32.5	18.0	32.0	21.5	32.0	21.0	30.0	20.0	33.5	17.5	33.0	18.5	31.5	19.5	33.5	19.5	34.0	20.0
16-Dic	350	31.6	19.2	31.0	19.0	33.0	21.5	32.0	19.0	31.5	20.0	33.0	21.0	33.5	19.5	32.0	19.0	34.0	18.0	33.5	20.5
17-Dic	351	30.7	18.1	31.0	19.0	34.0	21.5	32.5	19.0	33.5	21.0	33.0	20.0	33.0	20.0	32.5	19.5	33.0	18.5	32.0	21.0
18-Dic	352	26.9	20.1	32.0	21.0	33.5	21.0	33.5	19.0	32.0	20.0	33.5	19.5	31.5	19.5	31.5	18.0	31.0	17.5	33.5	22.0
19-Dic	353	28.6	20.4	34.5	21.5	33.5	21.0	33.5	19.5	34.0	21.0	33.0	19.0	34.0	20.0	31.5	17.0	30.5	20.0	35.5	21.0
20-Dic	354	31.6	20.3	33.0	20.0	32.5	21.5	34.0	20.0	31.5	20.0	33.5	20.0	32.5	21.0	32.0	17.5	32.5	16.5	31.5	21.5
21-Dic	355	32.3	20.0	33.5	20.0	33.5	21.5	33.0	21.0	34.5	21.5	33.5	23.0	33.0	21.0	32.0	18.5	33.0	17.0	33.5	21.0
22-Dic	356	33.0	19.0	35.0	19.5	33.0	21.0	33.0	20.5	33.0	20.0	32.5	20.0	33.5	20.5	32.5	19.0	33.5	17.5	31.5	24.0
23-Dic	357	33.0	20.0	31.5	21.0	33.5	21.0	33.5	19.5	33.0	20.5	33.5	20.0	33.5	20.0	30.5	19.0	33.5	19.0	30.0	22.5
24-Dic	358	32.0	21.0	30.5	19.5	33.5	21.0	33.0	21.5	33.0	20.0	33.5	21.5	34.5	20.5	32.0	19.0	33.5	19.0	29.0	22.0
25-Dic	359	27.7	19.9	31.0	19.0	35.0	21.5	31.5	20.5	34.5	18.0	30.0	21.0	34.0	21.0	28.0	19.0	33.5	20.0	31.0	22.0
26-Dic	360	33.8	19.8	32.5	20.5	33.5	21.5	31.0	21.0	35.0	19.0	29.5	21.5	33.5	21.5	28.5	20.0	33.0	17.0	29.5	22.0
27-Dic	361	33.5	21.5	33.5	19.5	32.5	22.0	35.0	22.0	34.0	20.0	32.0	21.5	33.5	21.5	29.5	20.5	33.5	17.0	34.0	20.0
28-Dic	362	29.3	20.9	34.5	19.5	33.0	21.5	34.5	22.0	33.0	17.0	31.0	21.0	34.0	21.0	28.0	20.0	33.0	19.0	33.5	21.5
29-Dic	363	32.9	21.5	33.5	21.5	33.0	21.0	31.0	22.0	34.0	20.0	33.0	21.5	34.5	20.0	34.0	20.5	34.0	20.0	33.5	22.5
30-Dic	364	30.7	20.8	30.0	21.0	33.5	21.5	33.5	19.5	34.5	18.5	33.0	21.5	34.0	20.0	33.0	20.0	33.5	20.0	34.0	21.0
31-Dic	365	31.0	20.0	32.0	20.0	33.5	22.0	33.5	20.0	33.0	20.0	34.0	22.0	34.0	20.5	32.5	20.0	33.0	19.5	30.0	21.5

Anexo VIII

Determinación del Módulo de Rigidez del asfalto (S*tifness Modulus)*



S_{bit}= 10^5 N/m² = 100 kPa

Nomograph for determining the stiffness modulus of bitumens

(Ref. C. van der Poel, J. Appl. Chem. 4 (1954) 221)

The stiffness modulus, defined as the ratio σ/ϵ = stress/strain, is a function of time of loading (frequency), temperature difference with $T_{800\ pen}$, and PI.

$T_{800\ pen}$ is the temperature at which the penetration would be 800. This is obtained by extrapolating the experimental log penetration versus temperature line to the penetration value 800.

At low temperatures and/or high frequencies the stiffness modulus of all bitumens asymptotes to a limit of approx. 3×10^9 N/m²

Units:

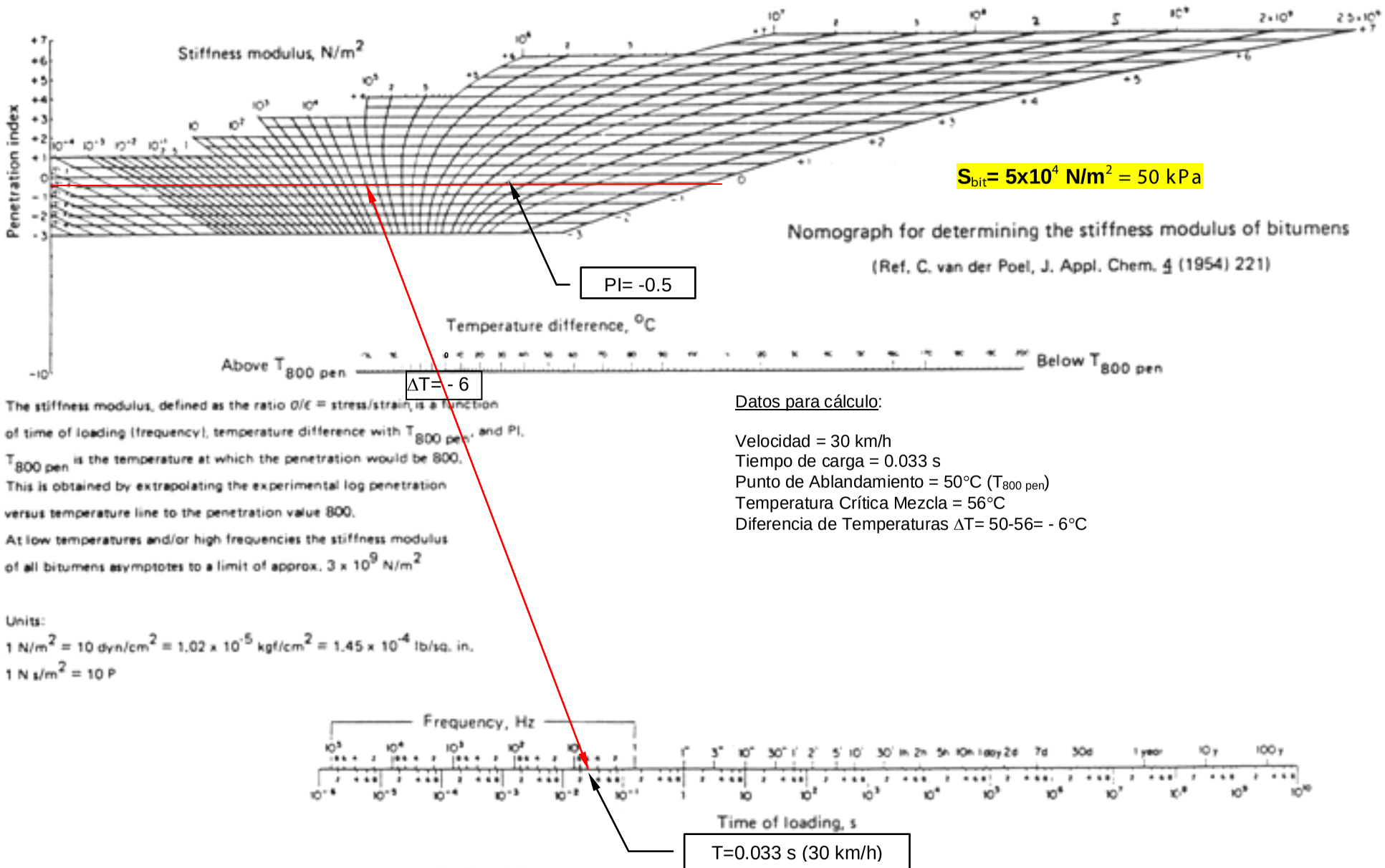
1 N/m² = 10 dyn/cm² = 1.02×10^{-5} kgf/cm² = 1.45×10^{-4} lb/sq. in.

1 N s/m² = 10 P

<u>Datos para cálculo</u>:

Velocidad = 60 km/h
Tiempo de carga = 0.015 s
Punto de Ablandamiento = 50°C ($T_{800\ pen}$)
Temperatura Crítica Mezcla = 56°C
Diferencia de Temperaturas ΔT= 50-56= - 6°C

Cálculo del Módulo de Rigidez del Asfalto (S_{bit})
Método Nomograma de Van der Poel (Shell Method)



S_{bit}= 5x10^4 N/m^2 = 50 kPa

Nomograph for determining the stiffness modulus of bitumens

(Ref. C. van der Poel, J. Appl. Chem. 4 (1954) 221)

The stiffness modulus, defined as the ratio σ/ϵ = stress/strain, is a function of time of loading (frequency), temperature difference with $T_{800\ pen}$, and PI.

$T_{800\ pen}$ is the temperature at which the penetration would be 800.

This is obtained by extrapolating the experimental log penetration versus temperature line to the penetration value 800.

At low temperatures and/or high frequencies the stiffness modulus of all bitumens asymptotes to a limit of approx. 3 x 10^9 N/m^2

Units:

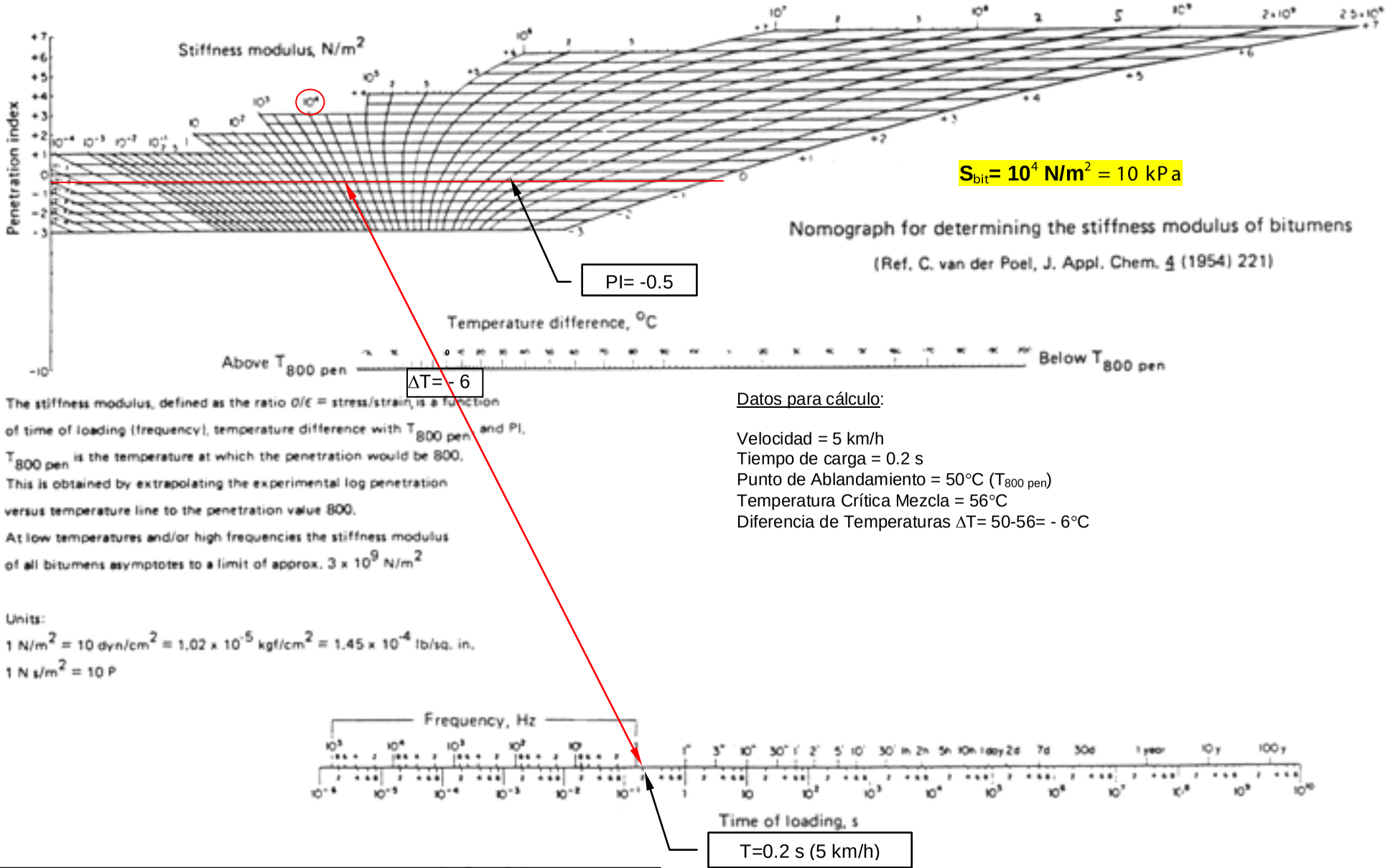
1 N/m^2 = 10 dyn/cm^2 = 1.02 x 10^{-5} kgf/cm^2 = 1.45 x 10^{-4} lb/sq. in.

1 N s/m^2 = 10 P

<u>Datos para cálculo</u>:

Velocidad = 30 km/h
Tiempo de carga = 0.033 s
Punto de Ablandamiento = 50°C ($T_{800\ pen}$)
Temperatura Crítica Mezcla = 56°C
Diferencia de Temperaturas ΔT= 50-56= - 6°C

Cálculo del Módulo de Rigidez del Asfalto (S_{bit})
Método Nomograma de Van der Poel (Shell Method)



S_{bit}= 10^4 N/m² = 10 kPa

Nomograph for determining the stiffness modulus of bitumens

(Ref. C. van der Poel, J. Appl. Chem. 4 (1954) 221)

The stiffness modulus, defined as the ratio σ/ϵ = stress/strain, is a function of time of loading (frequency), temperature difference with $T_{800\ pen}$ and PI.

$T_{800\ pen}$ is the temperature at which the penetration would be 800. This is obtained by extrapolating the experimental log penetration versus temperature line to the penetration value 800.

At low temperatures and/or high frequencies the stiffness modulus of all bitumens asymptotes to a limit of approx. 3 x 10^9 N/m²

Units:

1 N/m² = 10 dyn/cm² = 1.02 x 10^{-5} kgf/cm² = 1.45 x 10^{-4} lb/sq. in.

1 N s/m² = 10 P

Datos para cálculo:

Velocidad = 5 km/h
Tiempo de carga = 0.2 s
Punto de Ablandamiento = 50°C ($T_{800\ pen}$)
Temperatura Crítica Mezcla = 56°C
Diferencia de Temperaturas ΔT= 50-56= - 6°C

Cálculo del Módulo de Rigidez del Asfalto (S_{bit})
Método Nomograma de Van der Poel (Shell Method)

Anexo IX

Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA EL PROYECTO DE TITULACIÓN '' ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE, TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO SULLANA"

CONTENIDO:

1.0.- ASPECTOS GENERALES.

1.1.-Ubicación de área de estudio y situación actual.

1.2.-Condiciones climáticas.

2.0.- GEOLOGIA Y GEOTECNIA[1]

2.1.-Estructuras Principales.

2.2.-Sismicidad.

2.3.-Geodinámica Externa.

3.0.- ACTIVIDADES REALIZADAS.

3.1.-Excavación de Calicatas

3.2.-Descripción de Calicatas.

3.3.-Muestreo de Suelos Alterados

3.4.-Ensayos de Laboratorio.

4.0.- ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

ANEXOS

[1] El apartado de Condiciones Climáticas, se encuentra incluido en el desarrollo de la tesis, por lo cual no ha sido considerado como parte de este EMS.

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
PARA EL PROYECTO DE TITULACIÓN
"ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE, TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES – DV. SULLANA"

1. ASPECTOS GENERALES

El presente Estudio de Mecánica de Suelos ha sido realizado con fines de estudio para el Proyecto de Titulación "Estudio del ahuellamiento en la Carretera IIRSA Norte, Tramo 6, Sector Óvalo Cáceres - Desvío a Sullana". El EMS fue ejecutado en el Laboratorio de geotécnica y pavimentos de la Concesionaria IIRSA Norte (campamento Santa Elena – Bagua Grande).

1.1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

El acceso a la zona de estudio se realiza, desde el Este, a través la misma Carretera IIRSA Norte, precisamente en el Inicio del Tramo 6 (Óvalo Cáceres); desde el Oeste se accede por el Desvío Sullana (bifurcación de salida hacia Sullana y Paita).
Todo el tramo en estudio se encuentra en el Distrito de Piura, Provincia de Piura, Departamento de Piura.

2. GEOLOGIA Y GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio corresponde a la zona que forma parte de la Depresión Parandina formada por un relleno sedimentario Cuaternario la que cubre unidades de edad más antigua. Las rocas existentes el área de estudio, presentan edades que fluctúan entre el Terciario Inferior-medio pertenecientes a la Formación Zapallal y Depósitos Cuaternarios; constituidas por materiales sedimentarios poco consolidados.

FORMACION ZAPAYAL (Terciario Medio - Superior)

Corresponde a una secuencia de areniscas intercaladas con lutitas, intensamente meteorizados, en sus estratos superiores, con espesores que llegan a 150m. de profundidad, sobre los que descansan materiales sedimentarios de edad contemporánea.

DEPOSITOS CUATERNARIOS

Constituidos por una cobertura de depósitos de arenas eólicas de grano medio a fino, poco consolidado, con inclusión de gravilla de grano variado; sin embargo hacia la parte donde se encuentra el Río Piura se presentan suelos aluviales en ambas márgenes, constituidos por suelos arenosos con inclusiones de limos y arcillas, asimismo se observan capas de conglomerados bastante compactados de edad cuaternaria pleistocénica, por debajo de los suelos eólicos y aluviales se presenta una potente capa de arenisca blanco amarillento bastante compactadas, intercaladas con bloques de calizas impuras correspondientes a la Formación Zapallal.

En la zona de estudio, se presentan mayormente arenas pobremente graduadas tipo SM.

2.1. ESTRUCTURAS PRINCIPALES

La región donde se ubica la zona de estudio se encuentra en la depresión Para-Andina, limitada por la línea de Costa Pacífica al Oeste y las estribaciones de la Cordillera Occidental al Este, en donde se observan fallas de tipo normal.

La Depresión se encuentra rellenada por materiales de diferente composición, formando canteras de agregados, arcillas, arenas de origen aluvial, eólico ó marino, las que actualmente conforman la llanura costanera, en la que se observan pequeñas depresiones y colinas y que en épocas de grandes avenidas las primeras son inundadas.

2.2. SISMICIDAD

La Región del Noroeste de los Andes Peruanos y la Costa en particular, se caracteriza por la existencia de la Fosa Peruano-Chilena que constituye una zona de actividad sísmica y tectónica del Planeta separando el Continente Sudamericano de una profunda cuenca oceánica (Placa Pacífica).

En cuanto a sismicidad, el borde continental del Perú, libera el 14% de la energía sísmica del planeta y la zona donde se ha ejecutado el Estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto de Titulación "Estudio del ahuellamiento en la Carretera IIRSA Norte, Tramo 6, Sector Óvalo Cáceres - Desvío Sullana"', se encuentra en la Región de sismicidad, Zona III, según las normas peruanas de diseño sísmico.

Las dorsales de Grijalvo y Sarmiento frente al área de Bayóvar - Guayaquil, coinciden con una alta sismicidad, por lo que se puede considerar como potenciales alineaciones sismotectónicas.

Estudios realizados por Grange et al (1978), revelaron que el buzamiento de la zona de Benioff para el Norte del Perú está por debajo de los 15°, lo que da lugar a que la actividad tectónica, como consecuencia directa del fenómeno de subducción de la Placa Oceánica debajo de la Placa Continental, sea menor con relación a la parte Central y Sur del Perú y por lo tanto la actividad sísmica y el riesgo sísmico también disminuyen considerablemente.

Desde el punto de vista Neotectónico, la zona del tramo en estudio, no presenta diaclasas, ni fracturas ni fallas de distensión, por lo que no hay evidencias de deformación neotectónica tal como se pudo apreciar en las calicatas que se ejecutaron para el presente estudio.

2.3. GEODINAMICA EXTERNA.

De los procesos físico - geológicos contemporáneos de Geodinámica externa, la mayor actividad corresponde a los procesos de erosión e inundación de las zonas depresivas durante los períodos extraordinarios de lluvias, relacionadas con el fenómeno de "El Niño", así como la deposición de arenas eólicas transportadas de Sur a Norte, con ciertas variaciones en el vector dirección.

Los factores que influyen en los fenómenos geológicos mencionados son: las precipitaciones pluviales, filtraciones y el transporte eólico.

Los fenómenos de geodinámica externa afectan en general al área de estudio y zonas adyacentes en épocas de intensas precipitaciones pluviales; siendo el principal de ellos la inundación y afectarán eventualmente las labores durante los períodos de ocurrencia de los mismos, caso del fenómeno de "El Niño" que es de carácter cíclico y de período de recurrencia de 11 a 12 años de promedio; aunque no siempre de la misma intensidad por lo que en el diseño debe considerarse un drenaje adecuado.

Un segundo fenómeno, pero de carácter secundario, es el de migración de arenas eólicas que casi no afectan al área de estudio.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS

Para la ejecución del presente trabajo se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Reconocimiento del terreno con fines de programar las excavaciones.
- ✓ Reconocimiento Geológico de áreas adyacentes.
- ✓ Trabajos de excavación, descripción de calicatas y muestreo de suelos alterados e inalterados (monolitos).
- ✓ Ensayos de laboratorio y obtención de parámetros Físico- Mecánicos de los suelos.
- ✓ Redacción del informe.

3.1. EXCAVACION DE CALICATAS

Con el objeto de ubicar los puntos de excavación de las calicatas, se realizó un reconocimiento del terreno; determinándose la excavación de diez (10) calicatas con una sección de 1.20 m. x 2.00 m. y 1.50 m. de profundidad, ubicada en el área donde se ha elaborado el Estudio de Mecánica de Suelos.

3.2. DESCRIPCION GENERAL DE CALICATAS

Con la información obtenida mediante los análisis granulométricos, y observando el perfil estratigráfico de las calicatas, se ha establecido la siguiente columna representativa de la estratigráfica de tramo estudiado:

CALICATA REPRESENTATIVA

0.00 m. – 0.15 m. CARPETA ASFALTICA.
Presencia de carpeta asfáltica en mal estado con problemas de ahuellamiento.

0.15 m. – 0.35 m. BASE GRANULAR.
Base granular de afirmado, la muestra se presenta compacta y de regular a buena calidad.

0.35 m. –0.50 m. SUB BASE GRANULAR.
Sub base granular de afirmado, con mediana plasticidad, de mediana calidad y de compactación regular a buena.

0.50 m. – 1.50 m. SUB RASANTE.
Arenas de grano medio y limos (SM), de color pardo a marrón claro, bastante húmedo, poco compacto, con paredes poco estables, se vuelven inestables y tienden a derrumbarse.

Nota: en los perfiles estratigráficos que se muestran más adelante, indican toda la información detallada de cada una de las calicatas.

3.3. MUESTREO DE SUELOS ALTERADOS

En las calicatas excavadas se procedió al muestreo de los horizontes estratigráficos obteniéndose muestras disturbadas para realizar en laboratorio: Análisis Granulométricos, Plasticidad, Proctor Modificado, CBR, Partículas chatas y alargadas, Partículas con una, dos más caras fracturadas

Cabe resaltar que finalmente sólo se analizaron los materiales provenientes de 3 calicatas: Calicata N° 01, 05 y 10. Esto por dos razones

- In situ, las características de los materiales (pertenecientes a cada una de los estratos pavimento en estas tres calicatas), eran similares a las encontradas en los materiales de otras calicatas
- Disponibilidad de tiempo y espacio del Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Concesionaria IIRSA Norte.

3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio en las muestras obtenidas en el campo se realizaron siguiendo las normas establecidas por la *American Society for Testing Materials* (ASTM), las cuales se detallan a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422).
- Límites de Atterberg
- Límite líquido (ASTM D-423)
- Límite plástico (ASTM D-424)
- Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)
- Ensayo de compactación – Proctor modificado
- Ensayo de CBR

Con la información de todos estos ensayos, se procedió a elaborar los Perfiles estratigráficos de las calicatas antes mencionadas.

3.4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL.-

De acuerdo a los ensayos realizados, se ha podido establecer que la humedad natural aumenta con la profundidad, en suelos arenosos y limosos que son los que predominan la sub rasante del pavimento en el área de estudio y se dan valores de aprox. 8,5%.

3.4.2. Análisis Granulométrico por tamizado

Este ensayo realizado utilizando mallas de acuerdo a las normas ASTM, mediante lavado o en seco, que permitió la clasificación de los suelos encontrados en la estructura del pavimento.

0.15 m. – 0.35 m. BASE GRANULAR.
La muestra de material para base granular se presenta compacta y de regular a buena calidad.

0.35 m. –0.50 m. SUB BASE GRANULAR.
Material granular de Sub base, con mediana plasticidad, de mediana calidad y de compactación regular a buena.

0.50 m. – 1.50 m. SUB RASANTE.
Arenas de grano medio y limos, y arenas arcillo-limosas (SM y SC-SM), de color pardo a marrón claro, bastante húmedo, poco compacto, con paredes poco estables, se vuelven inestables y tienden a derrumbarse.

Nota: en los perfiles estratigráficos se muestra toda la infamación detallada de cada una de las calicatas.

3.4.3. Límite de Consistencia AASHTO – 89 – 60.-

Con las fracciones que pasan el tamiz Nº 40, se realizaron ensayos de límites de consistencia de las muestras.

0.15 m. – 0.35 m. BASE GRANULAR.
El material de Base granular tiene un índice de plasticidad promedio de 3,29%.

0.35 m. –0.50 m. SUB BASE GRANULAR.
Sub base granular de afirmado, la muestra tiene un índice de plasticidad promedio de 4.68%.

0.50 m. – 1.50 m. SUB RASANTE.
Sub rasante de arena, la muestra tiene un índice de plasticidad promedio de 6.05%.

Al final de este informe se anexan en los resultados de los ensayos de laboratorio.

3.4.4. Densidad Máxima y Humedad Óptima.-

Estas propiedades de los suelos naturales y de relleno se han obtenido mediante el método de Compactación Proctor Modificado y los resultados muestran valores diferentes en función a la naturaleza homogénea del suelo.

Relación Densidad Humedad (ASTM D1557) Proctor Modificado

Muestra	Densidad máxima	Humedad óptima
Base	2.17gr/cm^3	8.6 %
Sub-base	2.14gr/cm^3	8.9%
Sub-rasante	1.94gr/cm^3	9.1 %

Análisis de la estructura del pavimento encontrada.

Resistencia Método California Bearing Ratio (CBR)

Estos ensayos se realizaron con la finalidad de determinar la capacidad portante de los diferentes tipos de suelos de la subrasante, sub base y base granular existente, a lo largo de los tramos que comprende el estudio.

Estrato	Penetración	CBR		
En Base	0.1”	82.3	90.0	84.2
	0.2”	95.2	97.6	98.3
En Sub-base	0.1”	59.7	66.4	68.8
	0.2”	62.9	69.8	71.0
En Sub-rasante	0.1”	8.9	15.2	11.5
	0.2”	12.3	16.2	15.5

Los Ensayos de CBR se encuentran en los Anexos, en los cuadros y gráficas de laboratorio.

4. CONCLUSIONES DEL EMS

a) Las condiciones Geológico Geotécnicas del área de estudio, corresponde a depósitos cuaternarios, originados por la acumulación de capas de arenas de grano fino y arenas limosas medianamente densas (SM).

b) A la profundidad excavada (1.5 m) no se ha encontrado la napa freática, por lo que se descarta la posibilidad de que existan problemas del material de fundación por presencia de agua en la sub-estructura.

c) En función a las excavaciones, descripción, perfiles y ensayos de suelos, se han identificado suelos de arenas finas y limosas del tipo SM, mediana humedad y con mediana plasticidad.

   Los materiales encontrados presentan las siguientes características:

   0.15 m. – 0.35 m. BASE GRANULAR.
   Base de material granular, la muestra se presenta compacta y de regular a buena calidad.

   0.35 m. –0.50 m. SUB BASE GRANULAR.
   Base de material granular, con mediana plasticidad, de mediana calidad y de compactación regular a buena.

0.50 m. – 1.50 m. SUB RASANTE.
Arenas de grano medio y limos (SM), de color pardo a marrón claro, bastante húmedo, poco compacto, con paredes poco estables, se vuelven inestables y tienden a derrumbarse.

Límite de Consistencia AASHTO – 89 – 60.-

0.15 m. – 0.35 m. BASE GRANULAR.
El material de Base granular tiene un índice de plasticidad promedio de 3,29%.

0.35 m. –0.50 m. SUB BASE GRANULAR.
Sub base granular de afirmado, la muestra tiene un índice de plasticidad promedio de 4.68%.

0.50 m. – 1.50 m. SUB RASANTE.
Sub rasante de arena, la muestra tiene un índice de plasticidad promedio de 6.05%.

Densidad Máxima y Humedad Óptima.-

Muestra	Densidad máxima	Humedad óptima
Base	2.17gr/cm^3	8.6 %
Sub-base	2.14gr/cm^3	8.9%
Sub-rasante	1.94gr/cm^3	9.1 %

Resistencia Método California Bearing Ratio (CBR)

Estrato	Penetración	CBR		
En Base	0.1”	82.3	90.0	84.2
	0.2”	95.2	97.6	98.3
En Sub-base	0.1”	59.7	66.4	68.8
	0.2”	62.9	69.8	71.0
En Sub-rasante	0.1”	8.9	15.2	11.5
	0.2”	12.3	16.2	15.5

d) Según los resultados obtenidos de los ensayos en el Laboratorio, las propiedades de los materiales que se encuentran formando parte de la estructura del pavimento (Base y Sub-base), cumplen con los principales parámetros exigidos en la Norma EG-2000; es decir, cumplen con los valores para CBR, porcentaje de partículas chatas y alargadas, índice de plasticidad, y además el material granular para base y sub-base, se encuentran dentro del Huso granulométrico 02.

e) Según los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio, las propiedades del terreno de fundación (subrasante), no evidencian problemas expansivos ni de saturación.

f) Se recomienda que posteriormente se analicen los materiales provenientes de las otras 7 calicatas. Además, se sugiere hacer un análisis de la carpeta de asfalto encontrada en el área de estudio, principalmente de muestras extraídas en las mismas zonas donde se hicieron los muestreos de suelos.

Anexos del EMS

Resultados de Ensayos de Laboratorio de la Base Granular, Sub-base Granular y Subrasante

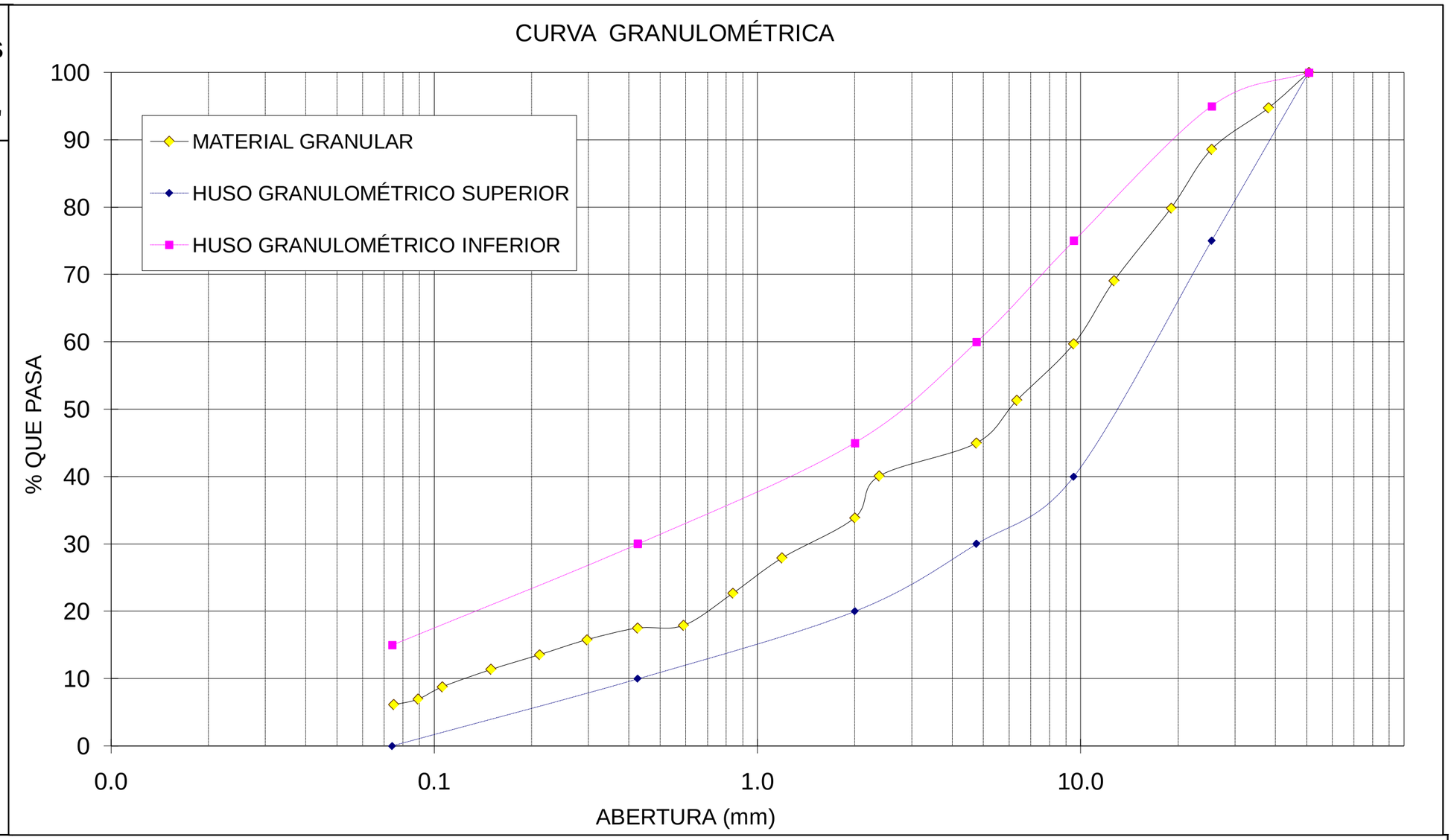
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.15 - 0.35 m.
FECHA	:	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ		MATERIAL GRANULAR		ESPECIFICACIONES TECNICAS
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	GRADO "B" TIPO "I"
5" n.n	127.060	0.00	100.00	
3"	76.200	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	**100**
1 1/2"	38.100	5.27	94.73	
1"	25.400	6.15	88.58	**75 - 95**
3/4"	19.050	8.70	79.88	
1/2"	12.700	10.78	69.10	
3/8"	9.520	9.38	59.72	**40 - 75**
1/4"	6.350	8.38	51.34	
Nº4	4.760	6.35	44.99	**30 - 60**
" 8	2.380	4.91	40.08	
" 10	2.000	6.19	33.89	**20 - 45**
" 16	1.190	5.99	27.90	
" 20	0.840	5.19	22.71	
" 30	0.590	4.80	17.91	
" 40	0.426	0.40	17.51	**15 - 30**
" 50	0.297	1.74	15.77	
" 70	0.212	2.20	13.58	
" 100	0.150	2.20	11.38	
" 140	0.106	2.59	8.79	**5 - 15**
" 170	0.089	1.84	6.95	
" 200	0.075	0.81	6.14	
- 200		6.14	0.00	



DESCRIPCION DE LA MEZCLA

GRAVAS	**55.01** %
ARENAS	**38.85** %
LIMOS - ARCILLAS	**6.14** %

OBSERVACIONES

		L.L.	**23.33 %**
SUCS	**GW - GM**	**L.P.**	**19.41 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO	**A-1-a**	**I.P**	**3.92 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

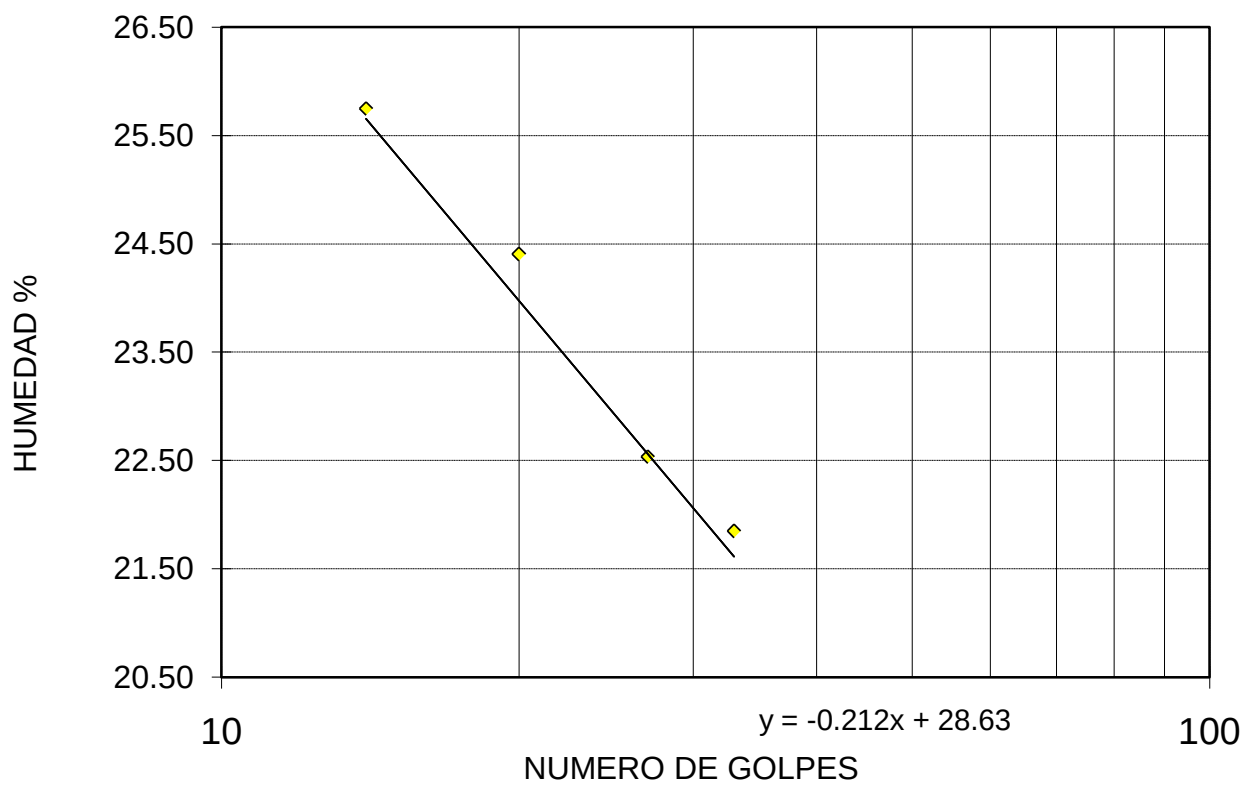
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.15 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
14	3A	35.57	31.50	4.07	15.70	15.80	25.75
20	1B	32.93	29.55	3.38	15.70	13.85	24.40
27	1A	30.59	27.87	2.72	15.80	12.07	22.54
33	2B	30.10	27.50	2.60	15.60	11.90	21.85

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
294	31.80	29.64	2.16	21.40	8.24	26.21	%
210	31.76	30.60	1.16	21.40	9.20	12.61	19.41



L.L. = 23.33

IP = 3.92

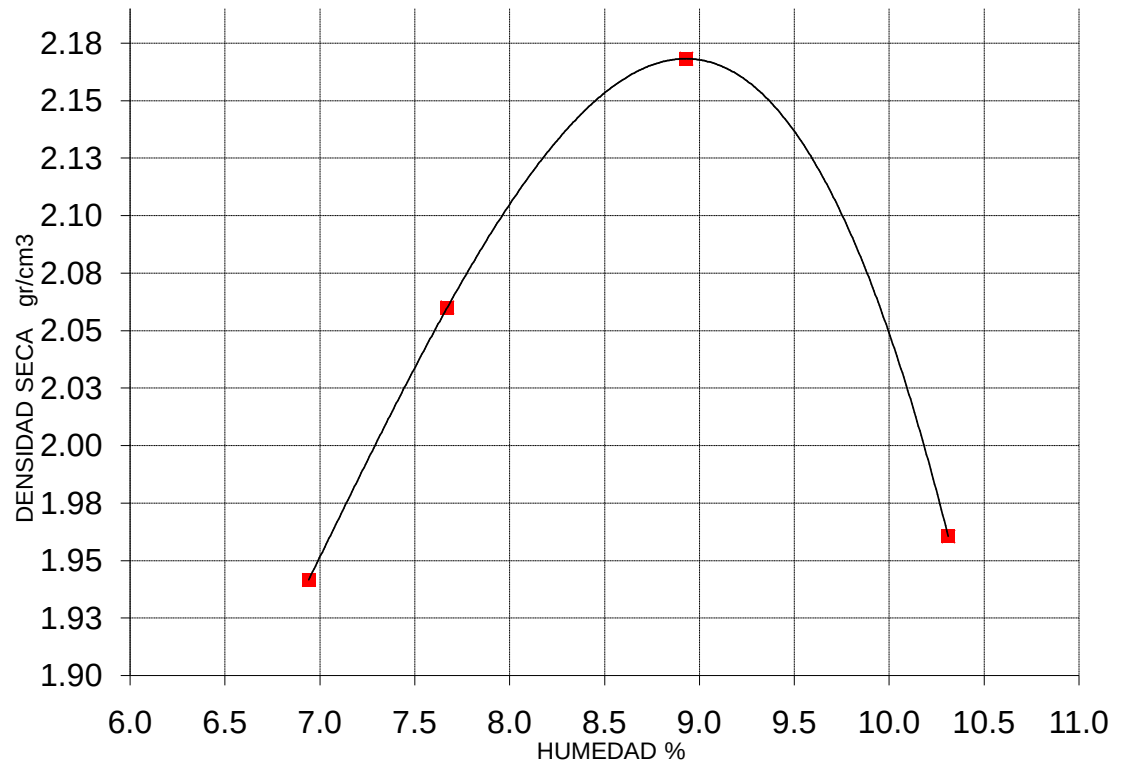
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.15 - 0.35 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8274.9	8561.1	8852.0	8449.4	
2- Peso Molde	gr.	4074.0	4074.0	4074.0	4074.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4200.9	4487.1	4778.0	4375.4	
4- Volumen Molde	cm^3	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	2.077	2.218	2.362	2.163	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	228.75	208.28	196.96	186.81	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	216.47	196.41	184.00	173.20	
8- Peso Tara	gr.	39.58	41.60	38.85	41.20	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	12.28	11.87	12.96	13.61	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	176.89	154.81	145.15	132.00	
11-Humedad % (9/10)x100	%	6.94	7.67	8.93	10.31	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.94	2.06	2.17	1.96	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

2.17 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.93 %

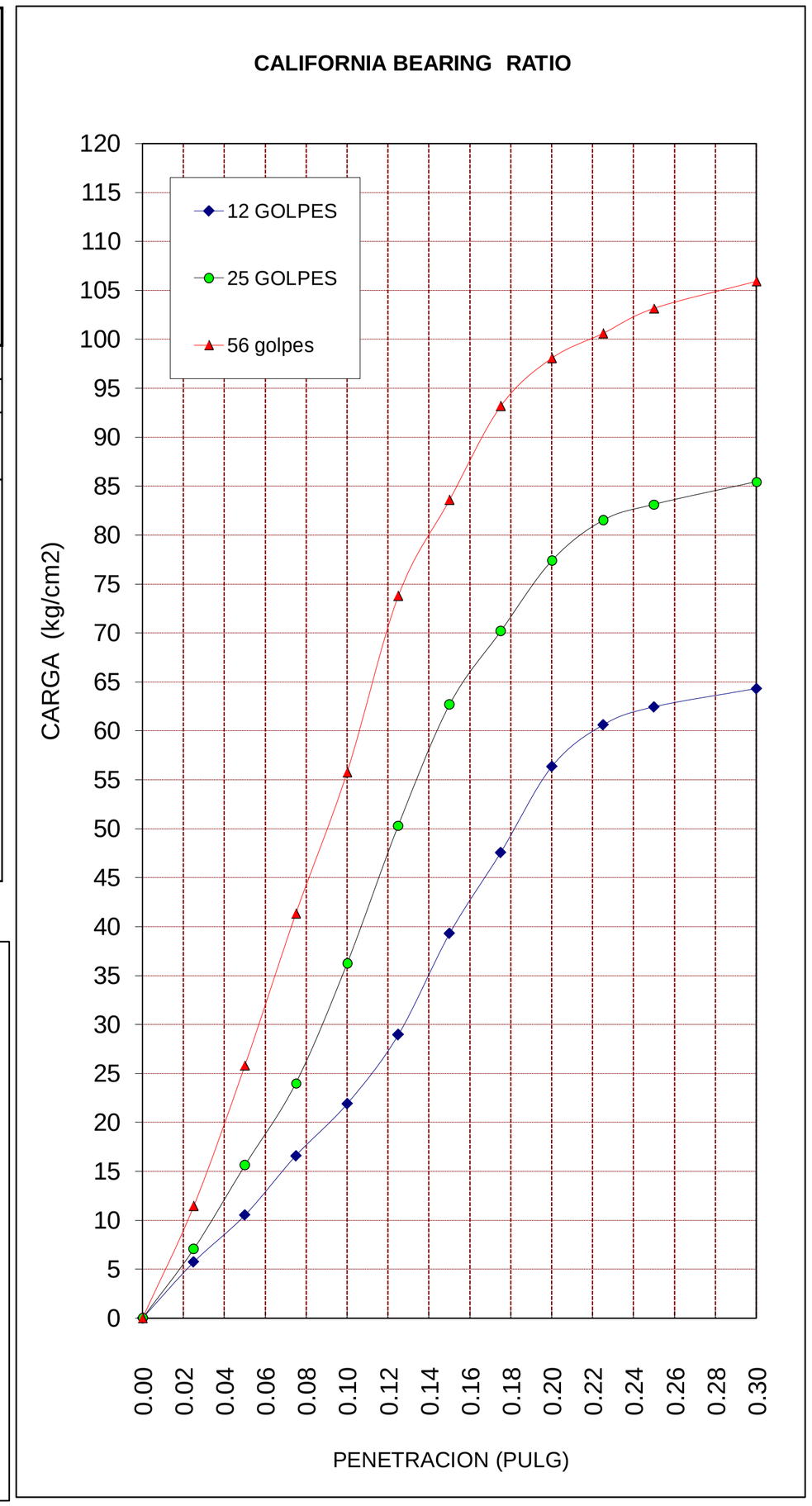
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

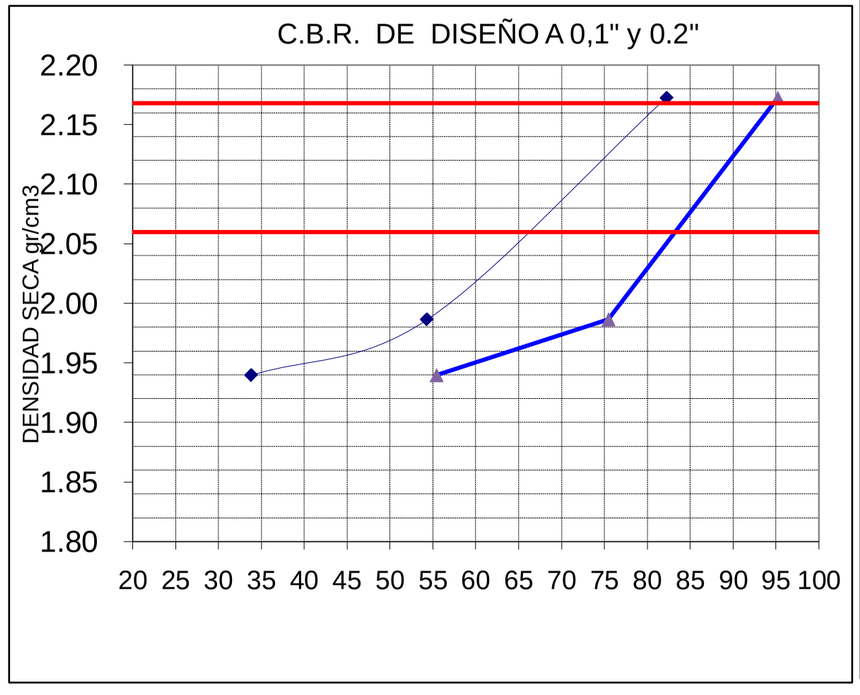
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.15 - 0.35 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		26	5.74			32	7.07			51	11.45		
0.050		47	10.53			68	15.62			112	25.82		
0.075		72	16.58			104	24.00			178	41.34		
0.100	70.31	95	21.89	23.77	**33.80**	156	36.23	38.19	**54.32**	239	55.77	57.83	**82.26**
0.125		125	28.94			216	50.33			316	73.80		
0.150		169	39.29			269	62.69			357	83.59		
0.175		204	47.57			300	70.19			398	93.19		
0.200	105.46	242	56.35	58.42	**55.39**	331	77.39	79.57	**75.45**	419	98.07	100.37	**95.17**
0.225		260	60.61			349	81.51			430	100.62		
0.250		267	62.44			355	83.13			441	103.16		
0.300		275	64.30			365	85.45			452	105.94		



DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.56	8.75	8.93
Peso del molde (gr)		4,180.50	4,182.30	4,192.80
P. molde + suelo hum. (gr)		8,645.00	8,793.00	9,315.00
Volumen del molde (cm3)		2,120.07	2,134.25	2,164.25
Densidad hum. (gr/cm3)		2.11	2.16	2.37
Densidad seca (gr/cm3)		1.94	1.99	2.17
C.B.R. a 0.1"		**33.80**	**54.32**	**82.26**
C.B.R. a 0.2"		**55.39**	**75.45**	**95.17**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**82.3**	0.2":	**95.2**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**60.0**	0.2":	**80.1**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**2.17** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.93** %		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

MTC E 210 - ASTM D 5821

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.15 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D)	PORCENTAJE CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS (E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	**1414.0**	70.7	**6.1**	**434.6**	
1"	3/4"	1500.0	**1391.0**	92.7	**8.7**	**807.0**	
3/4"	1/2"	1200.0	**1017.0**	84.8	**10.8**	**913.5**	
1/2"	3/8"	300.0	**220.0**	73.3	**9.4**	**688.0**	
TOTAL		**5000.0**	**4042.0**		**35.0**	**2843.1**	**81.2**

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	**935.0**	46.8	**6.1**	**287.4**	
1"	3/4"	1500.0	**486.0**	32.4	**8.7**	**282.0**	
3/4"	1/2"	1200.0	**304.0**	25.3	**10.8**	**273.1**	
1/2"	3/8"	300.0	**215.0**	71.7	**9.4**	**672.3**	
TOTAL		**5000.0**	**1940.0**		**35.0**	**1514.7**	**43.3**

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - ASTM D 4791

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.15 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (B) (gr)	FRACCIÓN PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (C) = (B/A)*100	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLA D (%)	(E)= (C) *(D)	PORCENTAJE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS F= (E)*(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2 1/2 "	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 ¨	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1	2860.0	**443.0**	15.5	**6.1**	95.2	
1"	3/4"	1640.0	**199.0**	12.1	**8.7**	105.6	
3/4"	1/2"	701.0	**109.0**	15.5	**10.8**	167.6	
1/2"	3/8"	199.0	**30.0**	15.1	**9.4**	141.4	
3/8"	1/4"	79.0	**8.0**	10.1	**8.4**	84.9	
TOTAL		**5479.0**	**789.0**		**43.4**	**594.7**	**13.71**

OBSERVACIONES:

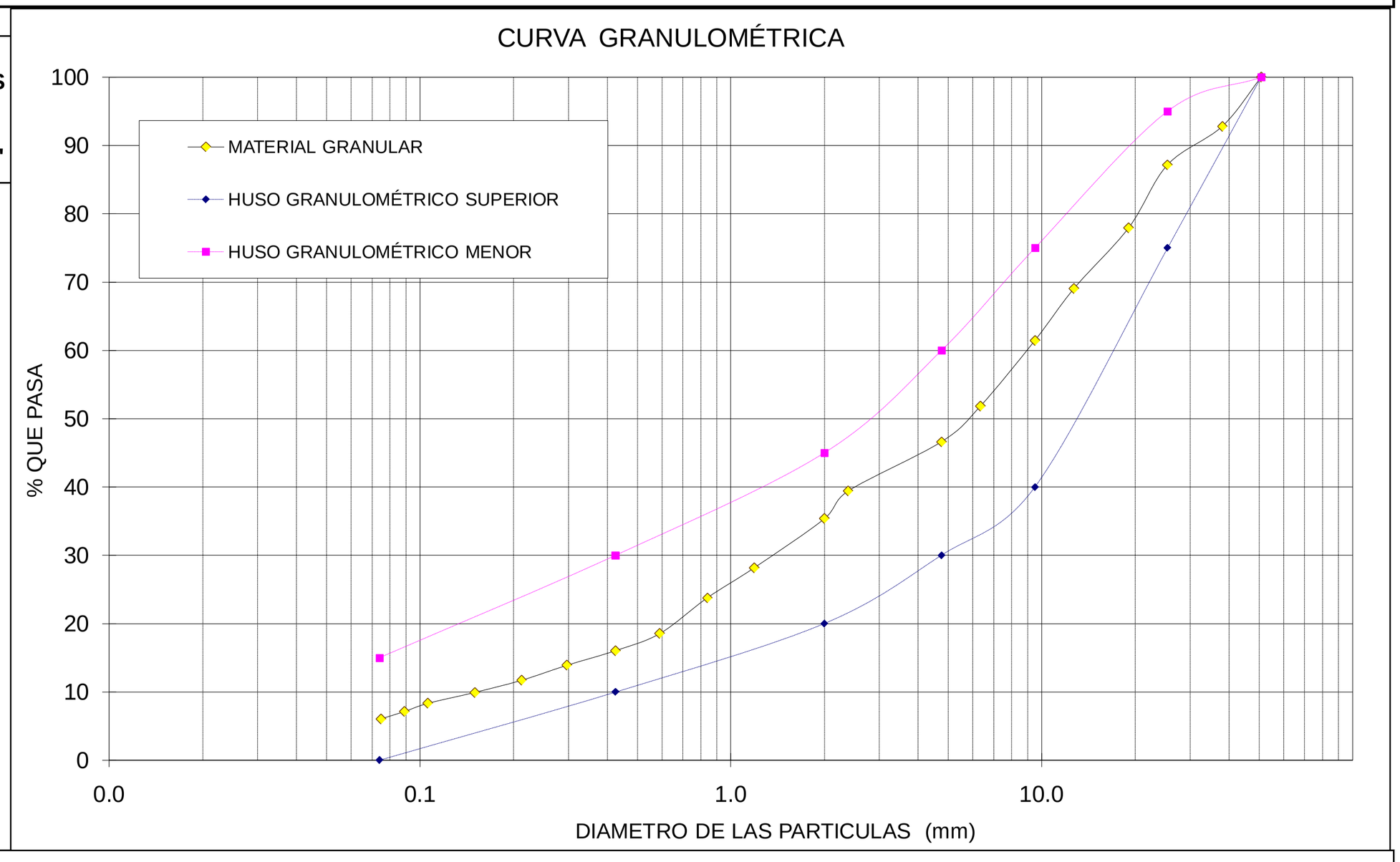
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	**:**	GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS
PROYECTO	**:**	**ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE,**
		TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**TRAMO (PIURA - PAITA.), DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.12 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ		MATERIAL GRANULAR		ESPECIFICACIONES TECNICAS
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	GRADO "B" TIPO "I"
5" n.n	127.060	0.00	100.00	
3"	76.200	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	**100**
1 1/2"	38.100	7.21	92.79	
1"	25.400	5.61	87.17	**75 - 95**
3/4"	19.050	9.22	77.96	
1/2"	12.700	8.90	69.06	
3/8"	9.520	7.62	61.44	**40 - 75**
1/4"	6.350	9.62	51.82	
Nº4	4.760	5.21	46.61	**30 - 60**
" 8	2.380	7.21	39.40	
" 10	2.000	4.01	35.39	**20 - 45**
" 16	1.190	7.21	28.18	
" 20	0.840	4.41	23.77	
" 30	0.590	5.21	18.56	
" 40	0.426	2.53	16.03	**15 - 30**
" 50	0.297	2.12	13.91	
" 70	0.212	2.20	11.70	
" 100	0.150	1.80	9.90	
" 140	0.106	1.56	8.34	**5 - 15**
" 170	0.089	1.20	7.13	
" 200	0.075	1.08	6.05	
- 200		6.05	0.00	



DESCRIPCION DE LA MEZCLA

GRAVAS	**53.39** %
ARENAS	**40.56** %
LIMOS - ARCILLAS	**6.05** %

OBSERVACIONES

		L.L.	**24.52 %**
SUCS	**GW - GM**	**L.P.**	**21.25 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO	**A-1-a**	**I.P**	**3.27 %**

LIMITES DE CONSISTENCIA / NTP 339.129:1998

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 / AASTHO T-90

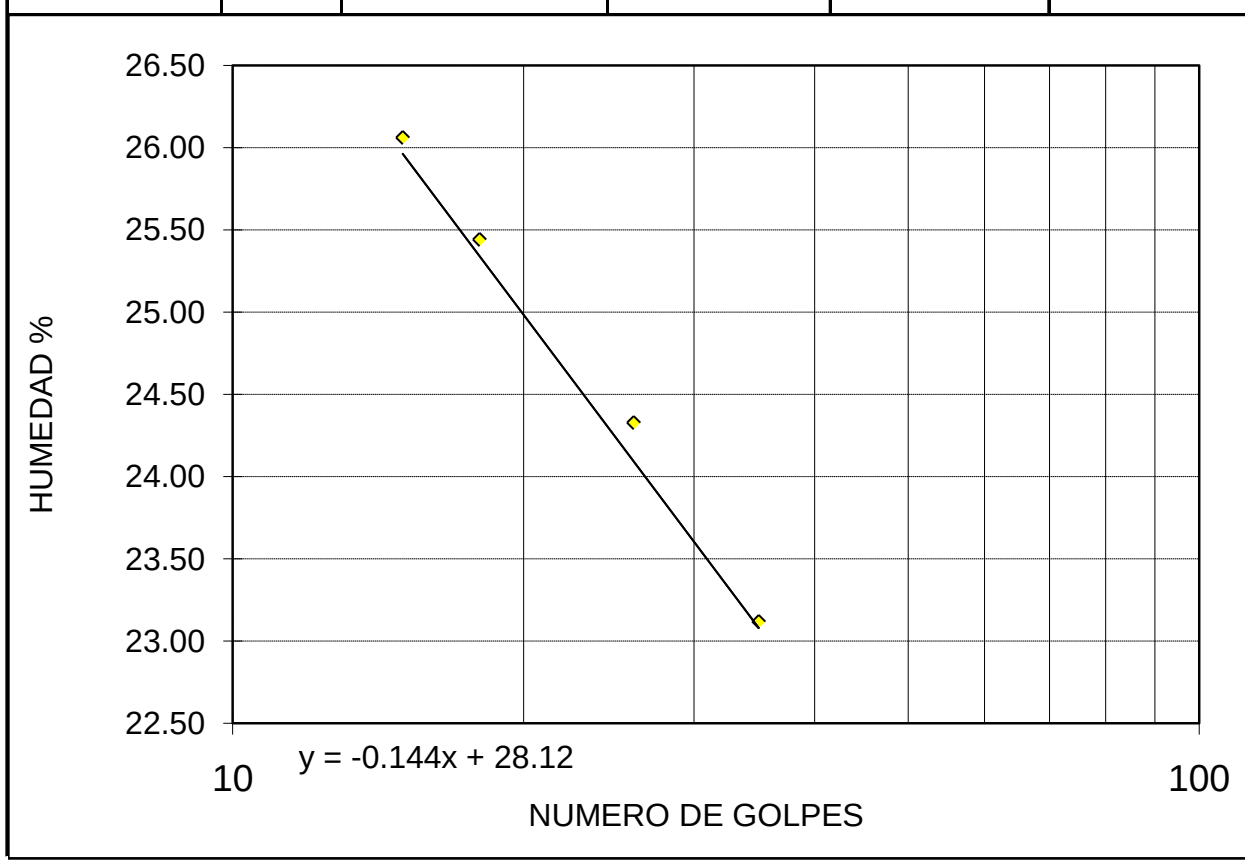
SOLICITA	**:**	**GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CA**RAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO C
		TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**TRAMO (PIURA - PAITA.), DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.12 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO **ASTM 423-66**

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
15	3A	35.62	31.50	4.12	15.70	15.80	26.06
18	1B	32.98	29.47	3.50	15.70	13.77	25.44
26	1A	32.00	28.83	3.17	15.80	13.03	24.33
35	2B	29.02	26.50	2.52	15.60	10.90	23.12

2.- LIMITE PLASTICO **ASTM D424-59**

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	**LIMITE PLASTICO %**
294	32.90	30.85	2.05	21.40	9.45	21.69	
210	32.66	30.72	1.94	21.40	9.32	20.82	**21.25**



L.L. = 24.52

IP = 3.27

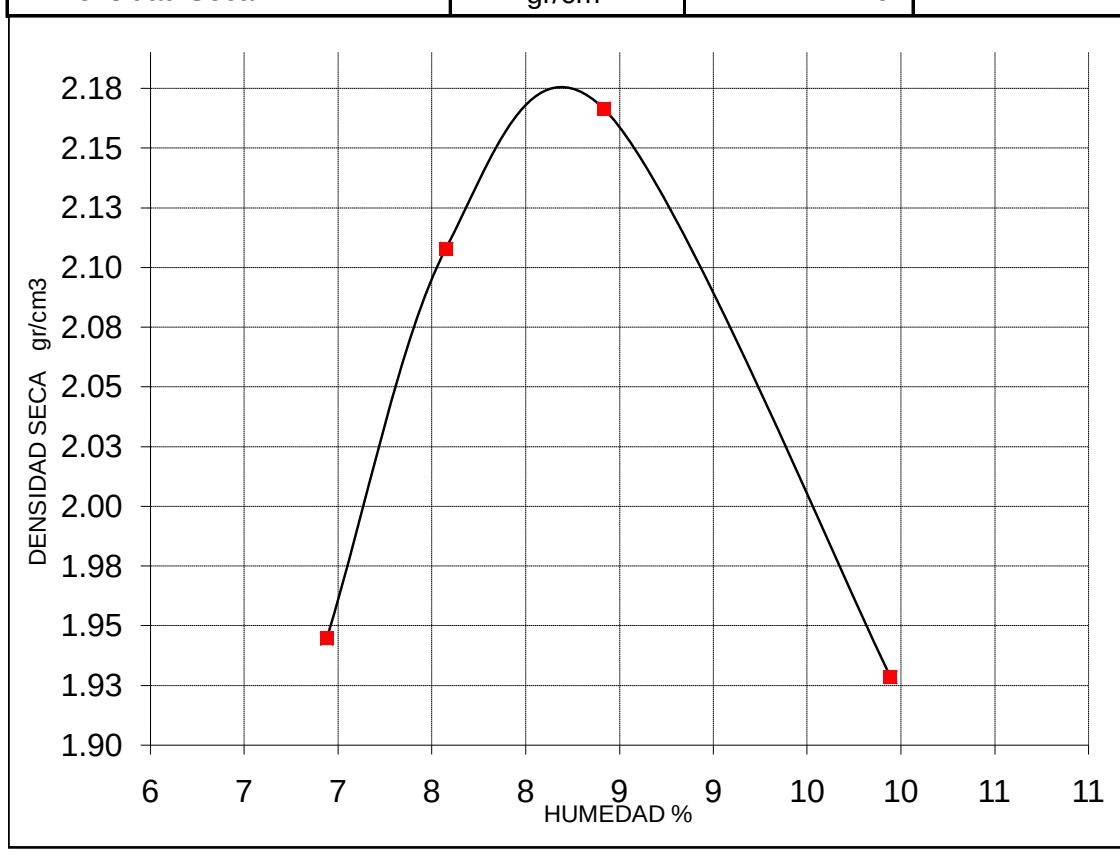
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA** RAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO C
		TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**TRAMO (PIURA - PAITA.), DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.12 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8281.0	8661.2	8825.8	8363.4	
2- Peso Molde	gr.	4074.0	4074.0	4074.0	4074.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4207.0	4587.2	4751.8	4289.4	
4- Volumen Molde	cm^3	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	2.080	2.268	2.349	2.120	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	226.75	206.32	197.40	185.81	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	214.47	194.37	186.02	173.20	
8- Peso Tara	gr.	37.58	36.60	50.85	46.40	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	12.28	11.95	11.38	12.61	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	176.89	157.77	135.17	126.80	
11-Humedad % (9/10)x100	%	6.94	7.58	8.42	9.94	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.94	2.11	2.17	1.93	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA

2.18 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.50 %

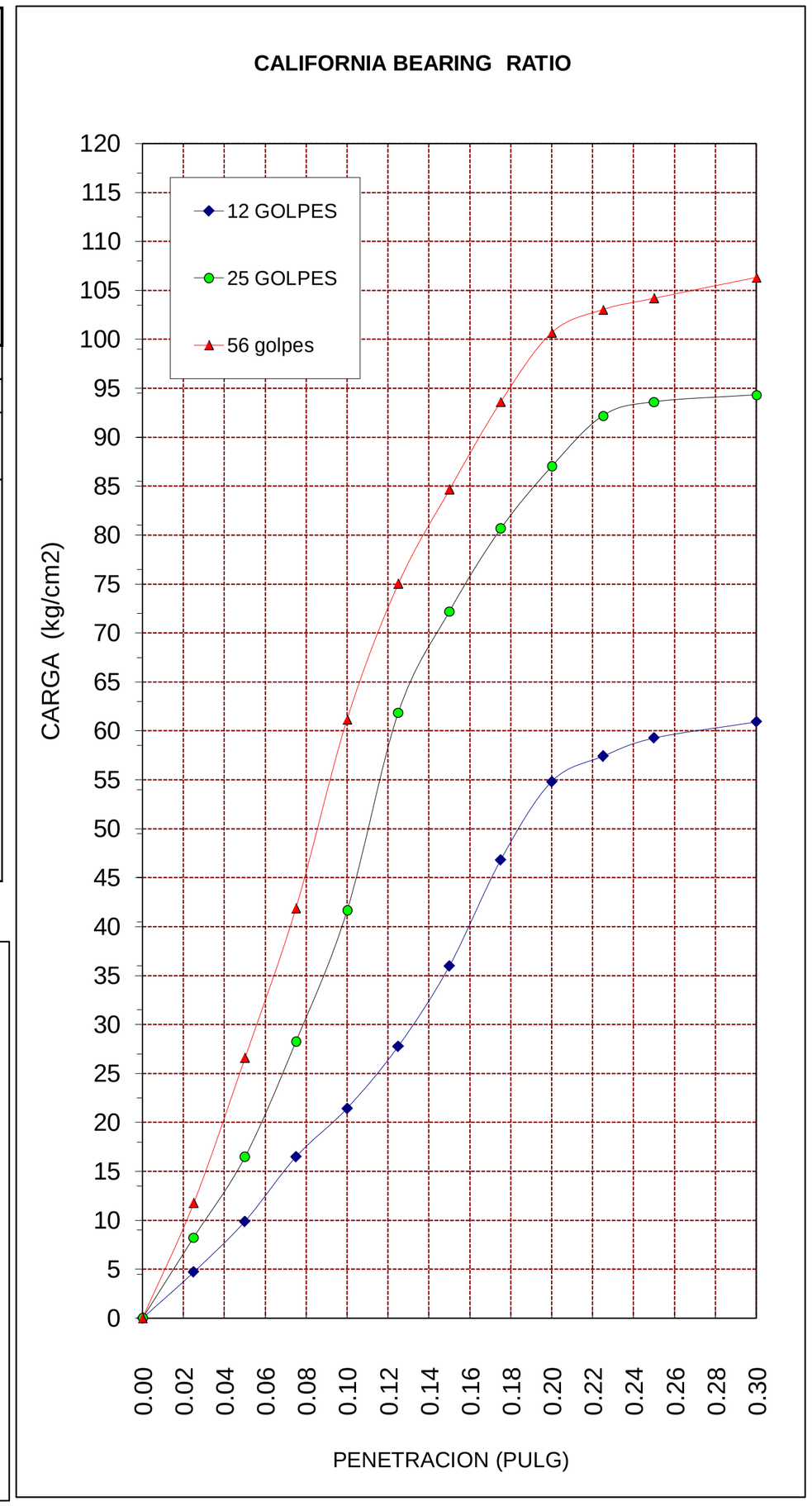
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

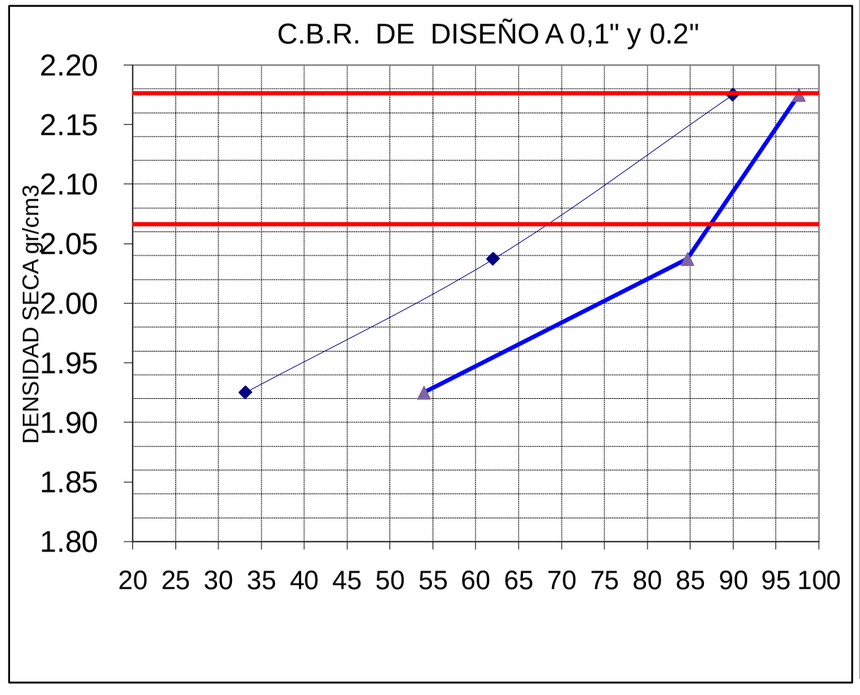
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		RAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.12 - 0.35 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		22	4.72			37	8.25			52	11.78		
0.050		44	9.90			72	16.48			115	26.59		
0.075		72	16.48			122	28.24			180	41.88		
0.100	70.31	93	21.42	23.29	**33.13**	179	41.64	43.63	**62.05**	262	61.16	63.25	**89.96**
0.125		120	27.77			265	61.87			321	75.04		
0.150		155	36.00			309	72.21			362	84.68		
0.175		201	46.82			345	80.68			400	93.61		
0.200	105.46	235	54.81	56.87	**53.92**	372	87.03	89.26	**84.64**	430	100.67	102.97	**97.64**
0.225		246	57.40			394	92.20			440	103.02		
0.250		254	59.28			400	93.61			445	104.19		
0.300		261	60.93			403	94.32			454	106.31		



DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.16	8.34	8.47
Peso del molde (gr)		4,180.50	4,182.30	4,192.80
P. molde + suelo hum. (gr)		8,595.00	8,893.00	9,299.00
Volumen del molde (cm3)		2,120.07	2,134.25	2,164.25
Densidad hum. (gr/cm3)		2.08	2.21	2.36
Densidad seca (gr/cm3)		1.93	2.04	2.18
C.B.R. a 0.1"		**33.13**	**62.05**	**89.96**
C.B.R. a 0.2"		**53.92**	**84.64**	**97.64**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**90.0**	0.2":	**97.6**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**68.5**	0.2":	**87.5**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**2.18** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.50** %		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

MTC E 210 - ASTM D 5821

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE** RAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.12 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D)	PORCENTAJE CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS (E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	**1451.0**	72.6	**5.6**	**407.1**	
1"	3/4"	1500.0	**1395.0**	93.0	**9.2**	**857.3**	
3/4"	1/2"	1200.0	**1024.0**	85.3	**8.9**	**759.3**	
1/2"	3/8"	300.0	**256.0**	85.3	**7.6**	**649.8**	
TOTAL		**5000.0**	**4126.0**		**31.3**	**2673.5**	**85.3**

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	**843.0**	42.2	**5.6**	**236.5**	
1"	3/4"	1500.0	**535.0**	35.7	**9.2**	**328.8**	
3/4"	1/2"	1200.0	**428.0**	35.7	**8.9**	**317.4**	
1/2"	3/8"	300.0	**181.0**	60.3	**7.6**	**459.5**	
TOTAL		**5000.0**	**1987.0**		**31.3**	**1342.1**	**42.8**

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - ASTM D 4791

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE** RAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.12 - 0.35 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (B) (gr)	FRACCIÓN PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (C) = (B/A)*100	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLA D (%)	(E)= (C) *(D)	PORCENTAJE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS F= (E)*(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2 1/2 "	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 ¨	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1	2930.0	**398.0**	13.6	**5.6**	76.2	
1"	3/4"	1580.0	**174.0**	11.0	**9.2**	101.5	
3/4"	1/2"	742.0	**75.0**	10.1	**8.9**	89.9	
1/2"	3/8"	179.0	**39.0**	21.8	**7.6**	165.9	
3/8"	1/4"	89.0	**8.0**	9.0	**9.6**	86.5	
TOTAL		**5520.0**	**694.0**		**41.0**	**520.1**	**12.70**

OBSERVACIONES:

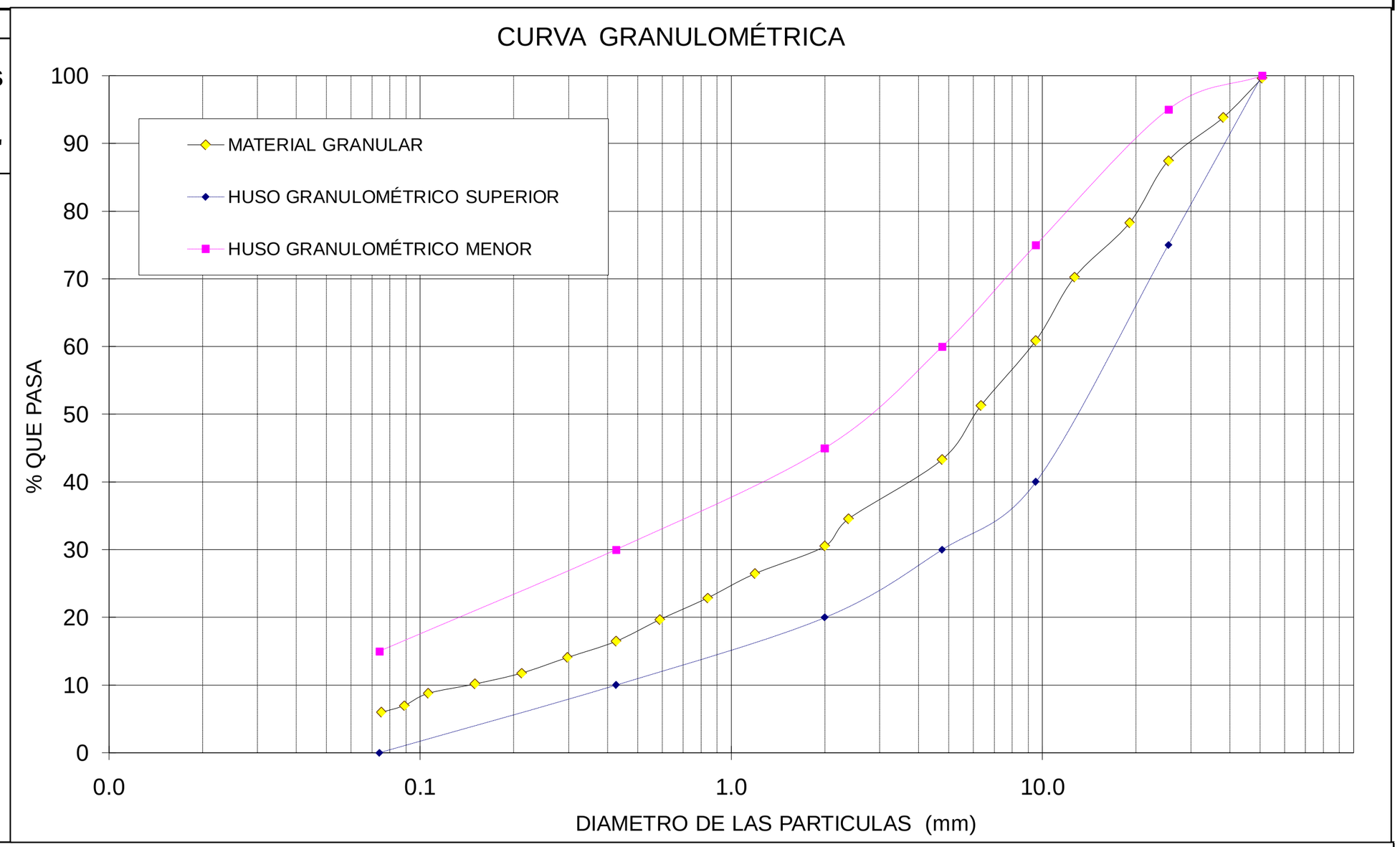
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	**:**	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.15 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ		MATERIAL GRANULAR		ESPECIFICACIONES TECNICAS
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	GRADO "B" TIPO "I"
5" n.n	127.060	0.00	100.00	
3"	76.200	0.00	100.00	
2"	50.800	0.40	99.60	**100**
1 1/2"	38.100	5.79	93.81	
1"	25.400	6.39	87.43	**75 - 95**
3/4"	19.050	9.18	78.24	
1/2"	12.700	7.98	70.26	
3/8"	9.520	9.38	60.88	**40 - 75**
1/4"	6.350	9.58	51.30	
Nº4	4.760	7.98	43.31	**30 - 60**
" 8	2.380	8.78	34.53	
" 10	2.000	3.99	30.54	**20 - 45**
" 16	1.190	4.07	26.47	
" 20	0.840	3.59	22.87	
" 30	0.590	3.19	19.68	
" 40	0.426	3.19	16.49	**15 - 30**
" 50	0.297	2.40	14.09	
" 70	0.212	2.32	11.78	
" 100	0.150	1.60	10.18	
" 140	0.106	1.40	8.78	**5 - 15**
" 170	0.089	1.80	6.99	
" 200	0.075	1.00	5.99	
- 200		5.99	0.00	



DESCRIPCION DE LA MEZCLA

GRAVAS	**56.69** %
ARENAS	**37.33** %
LIMOS - ARCILLAS	**5.99** %

OBSERVACIONES

SUCS	**GP - GC**	**L.L.**	**25.40 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO A-1-a		**L.P.**	**21.85 %**
		I.P	**3.55 %**

LIMITES DE CONSISTENCIA / NTP 339.129:1998

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 / AASTHO T-90

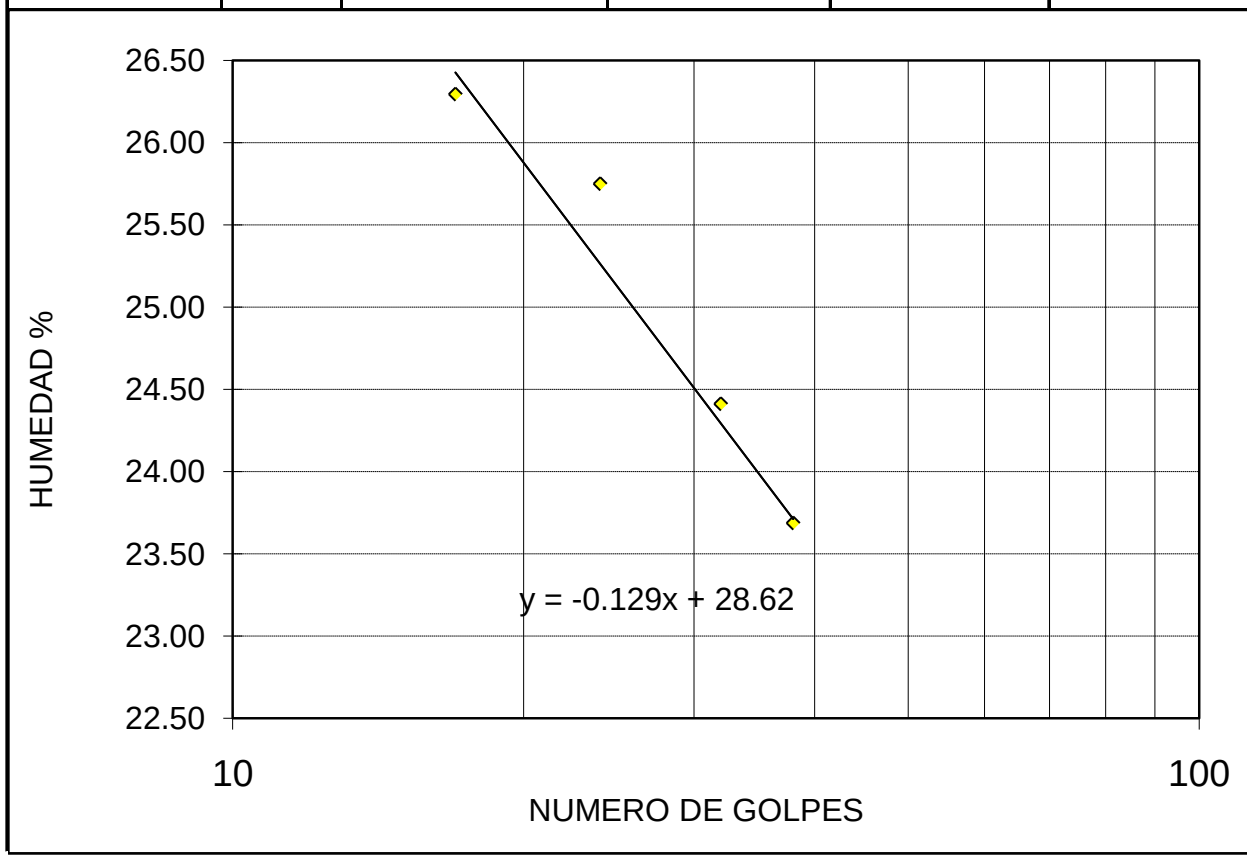
SOLICITA	**:**	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.15 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO **ASTM 423-66**

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
17	3A	36.92	32.50	4.42	15.70	16.80	26.29
24	1B	34.28	30.47	3.80	15.70	14.77	25.75
32	1A	32.10	28.90	3.20	15.80	13.10	24.41
38	2B	30.32	27.50	2.82	15.60	11.90	23.69

2.- LIMITE PLASTICO **ASTM D424-59**

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	**LIMITE PLASTICO %**
294	31.20	29.60	1.60	21.40	8.20	19.51	
210	30.90	29.05	1.85	21.40	7.65	24.18	**21.85**



L.L. = 25.40

IP = 3.55

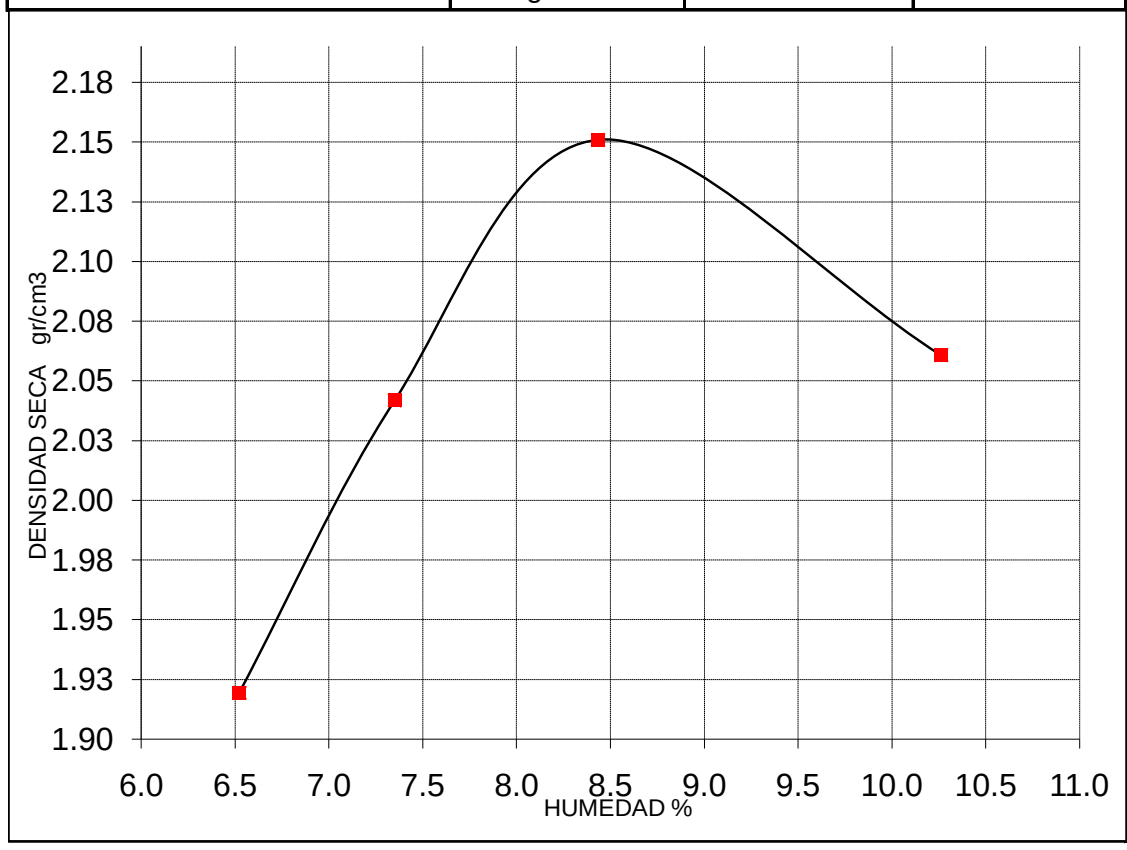
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.15 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8210.1	8508.1	8792.2	8670.7	
2- Peso Molde	gr.	4074.0	4074.0	4074.0	4074.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4136.1	4434.1	4718.2	4596.7	
4- Volumen Molde	cm^3	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	2.045	2.192	2.332	2.272	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	216.75	205.32	186.40	190.52	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	205.47	193.67	176.02	177.83	
8- Peso Tara	gr.	32.58	35.10	52.99	54.16	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	11.28	11.65	10.38	12.69	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	172.89	158.57	123.03	123.67	
11-Humedad % (9/10)x100	%	6.52	7.35	8.43	10.26	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.92	2.04	2.15	2.06	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA

2.15 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.43 %

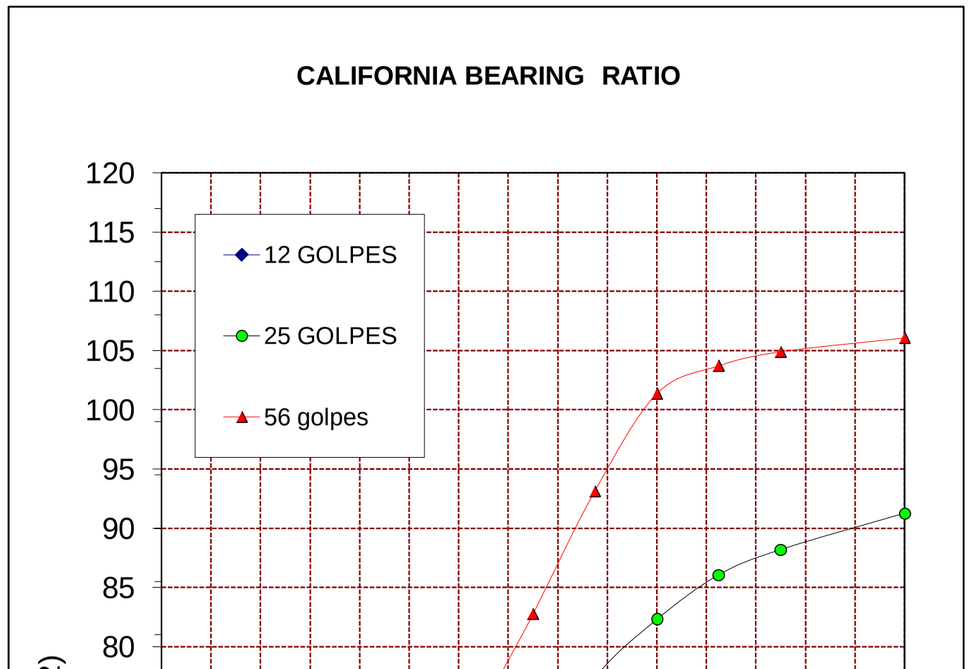
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

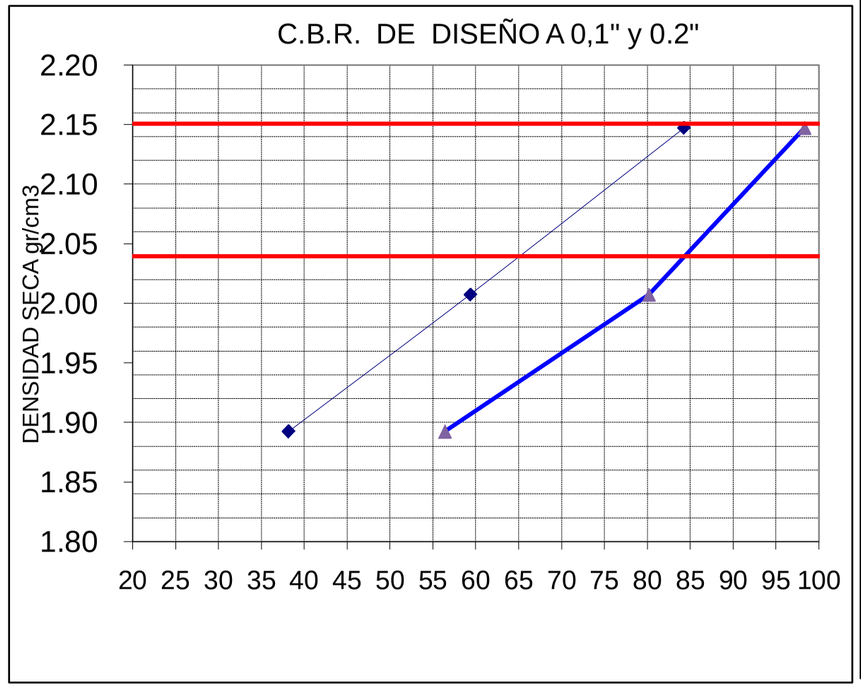
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.15 - 0.55 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		20	4.25			43	9.66			66	15.07		
0.050		48	10.84			80	18.36			132	30.59		
0.075		74	16.95			120	27.77			185	43.05		
0.100	70.31	108	24.95	26.84	**38.17**	171	39.76	41.74	**59.36**	245	57.16	59.23	**84.24**
0.125		141	32.71			235	54.81			310	72.45		
0.150		174	40.47			297	69.39			354	82.80		
0.175		219	51.05			331	77.39			398	93.14		
0.200	105.46	246	57.40	59.47	**56.39**	352	82.33	84.53	**80.15**	433	101.37	103.68	**98.31**
0.225		262	61.16			368	86.09			443	103.72		
0.250		273	63.75			377	88.20			448	104.90		
0.300		282	65.86			390	91.26			453	106.08		



DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.11	8.29	8.39
Peso del molde (gr)		4,180.50	4,182.30	4,192.80
P. molde + suelo hum. (gr)		8,518.00	8,822.00	9,230.00
Volumen del molde (cm3)		2,120.07	2,134.25	2,164.25
Densidad hum. (gr/cm3)		2.05	2.17	2.33
Densidad seca (gr/cm3)		1.89	2.01	2.15
C.B.R. a 0.1"		**38.17**	**59.36**	**84.24**
C.B.R. a 0.2"		**56.39**	**80.15**	**98.31**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**84.2**	0.2":	**98.3**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**65.0**	0.2":	**85.0**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**2.15** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.43** %		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

MTC E 210 - ASTM D 5821

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.15 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D)	PORCENTAJE CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS (E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	**1467.0**	73.4	**6.4**	**468.5**	
1"	3/4"	1500.0	**1398.0**	93.2	**9.2**	**855.7**	
3/4"	1/2"	1200.0	**996.0**	83.0	**8.0**	**662.7**	
1/2"	3/8"	300.0	**230.0**	76.7	**9.4**	**719.2**	
TOTAL		**5000.0**	**4091.0**		**32.9**	**2706.1**	**82.2**

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	**862.0**	43.1	**6.4**	**275.3**	
1"	3/4"	1500.0	**482.0**	32.1	**9.2**	**295.0**	
3/4"	1/2"	1200.0	**375.0**	31.3	**8.0**	**249.5**	
1/2"	3/8"	300.0	**170.0**	56.7	**9.4**	**531.6**	
TOTAL		**5000.0**	**1889.0**		**32.9**	**1351.4**	**41.0**

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - ASTM D 4791

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 01 (BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.15 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		**PESO MUESTRA (A) (gr)**	**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (B) (gr)**	**FRACCIÓN PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (C) = (B/A)*100**	**PORCENTAJE RETENIDO POR MALLA D (%)**	**(E)= (C) *(D)**	**PORCENTAJE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS F= (E)*(D)**
PASA TAMIZ	**RETENIDO EN TAMIZ**						
2 1/2 "	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 ¨	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1	2750.0	**402.0**	14.6	**6.4**	93.4	
1"	3/4"	1590.0	**181.0**	11.4	**9.2**	104.5	
3/4"	1/2"	687.0	**66.0**	9.6	**8.0**	76.7	
1/2"	3/8"	242.0	**50.0**	20.7	**9.4**	193.8	
3/8"	1/4"	96.0	**9.0**	9.4	**9.6**	89.8	
TOTAL		**5365.0**	**708.0**		**42.5**	**558.2**	**13.13**

OBSERVACIONES:

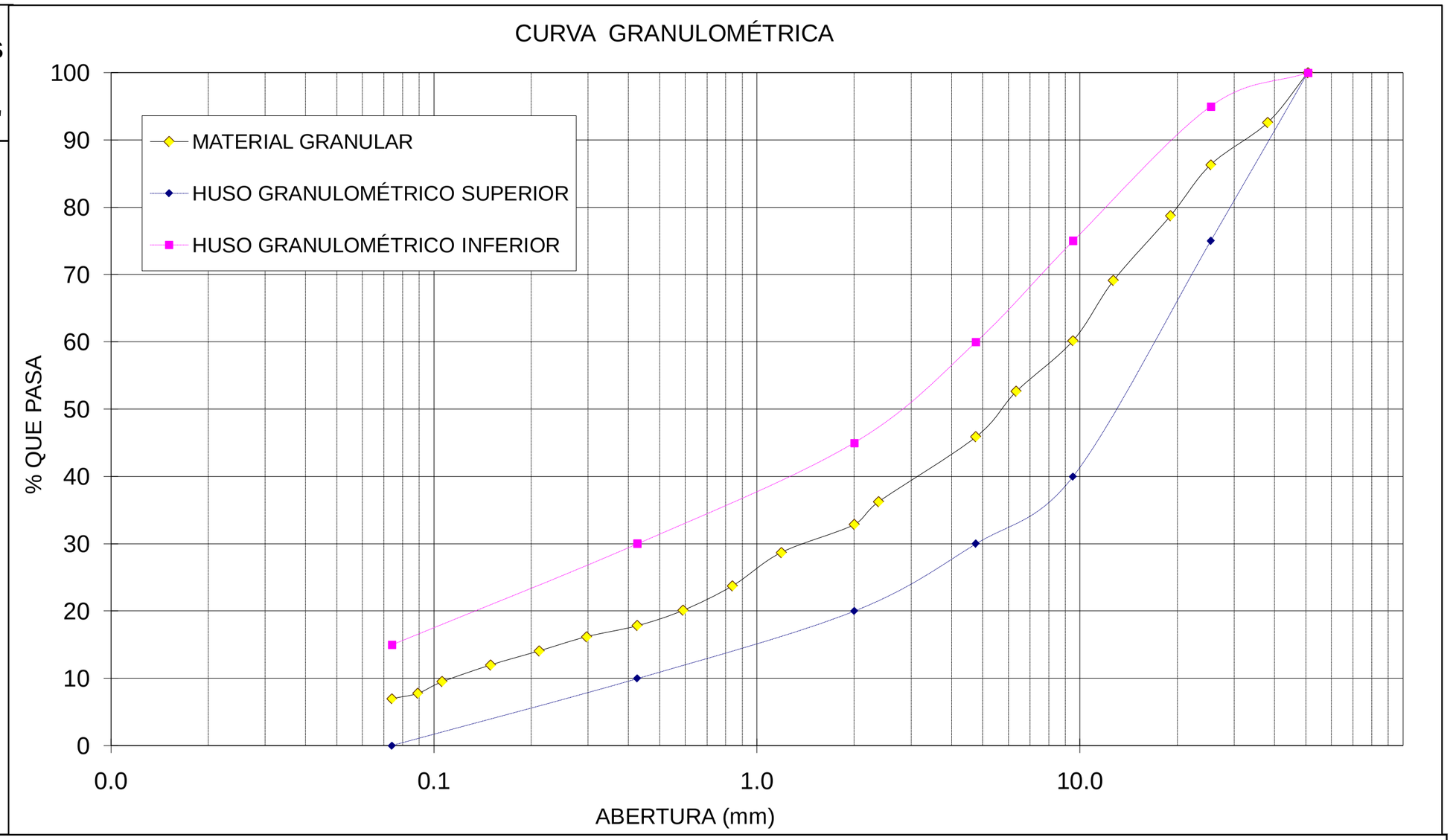
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	:	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ		MATERIAL GRANULAR		ESPECIFICACIONES TECNICAS
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	GRADO "B" TIPO "I"
5" n.n	127.060	0.00	100.00	
3"	76.200	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	**100**
1 1/2"	38.100	7.42	92.58	
1"	25.400	6.24	86.34	**75 - 95**
3/4"	19.050	7.61	78.73	
1/2"	12.700	9.59	69.14	
3/8"	9.520	8.94	60.20	**40 - 75**
1/4"	6.350	7.53	52.66	
Nº4	4.760	6.77	45.89	**30 - 60**
" 8	2.380	9.67	36.23	
" 10	2.000	3.35	32.88	**20 - 45**
" 16	1.190	4.19	28.69	
" 20	0.840	4.95	23.74	
" 30	0.590	3.63	20.12	
" 40	0.426	2.28	17.83	**15 - 30**
" 50	0.297	1.66	16.18	
" 70	0.212	2.09	14.08	
" 100	0.150	2.09	11.99	
" 140	0.106	2.47	9.52	**5 - 15**
" 170	0.089	1.75	7.77	
" 200	0.074	0.77	6.99	
- 200		6.99	0.00	



DESCRIPCION DE LA MEZCLA

GRAVAS	**54.11** %
ARENAS	**38.90** %
LIMOS - ARCILLAS	**6.99** %

OBSERVACIONES

		L.L.	**23.33 %**
SUCS	**GW - GC**	**L.P.**	**19.41 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO	**A-1-a**	**I.P**	**3.92 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

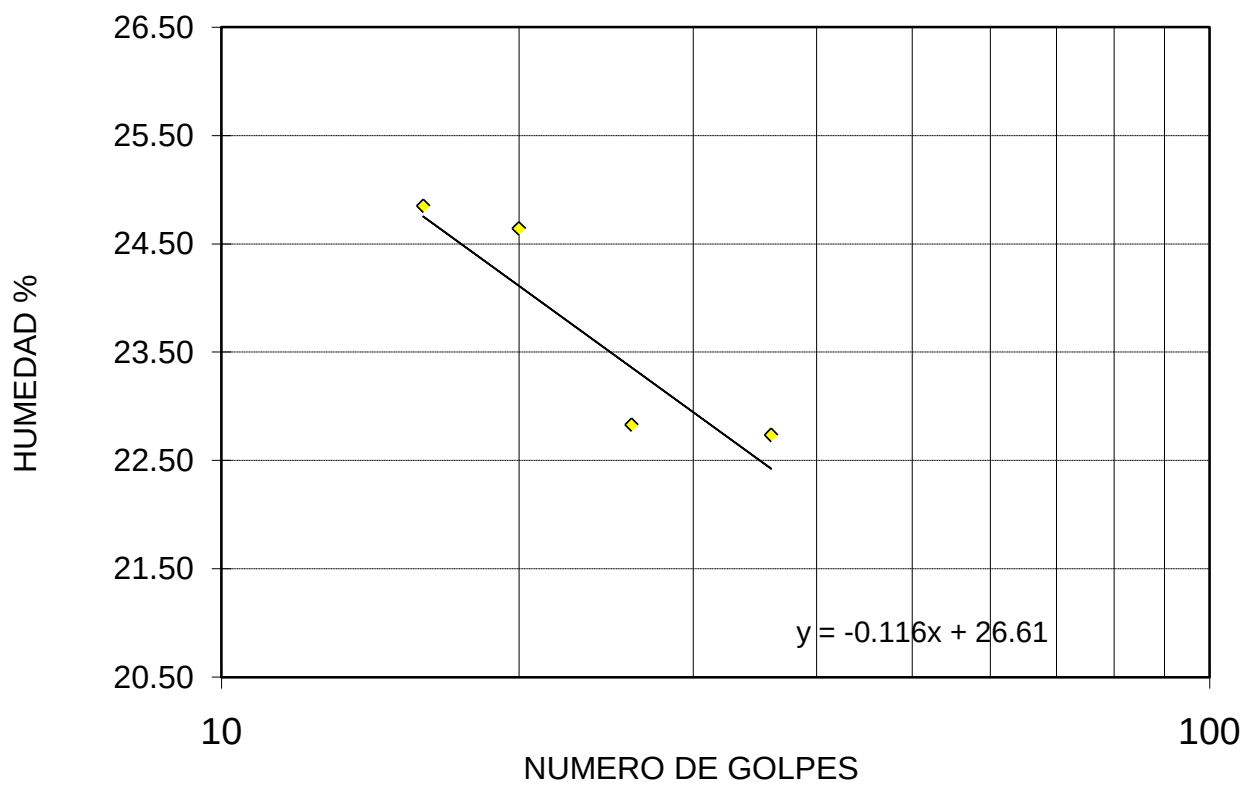
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
16	3A	36.55	32.40	4.15	15.70	16.70	24.85
20	1B	33.15	29.70	3.45	15.70	14.00	24.64
26	1A	31.67	28.72	2.95	15.80	12.92	22.83
36	2B	30.50	27.74	2.76	15.60	12.14	22.73

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
294	34.20	33.12	1.08	21.40	11.72	9.22	%
210	33.57	30.85	2.72	21.40	9.45	28.78	19.00



L.L. = 23.71

IP = 4.71

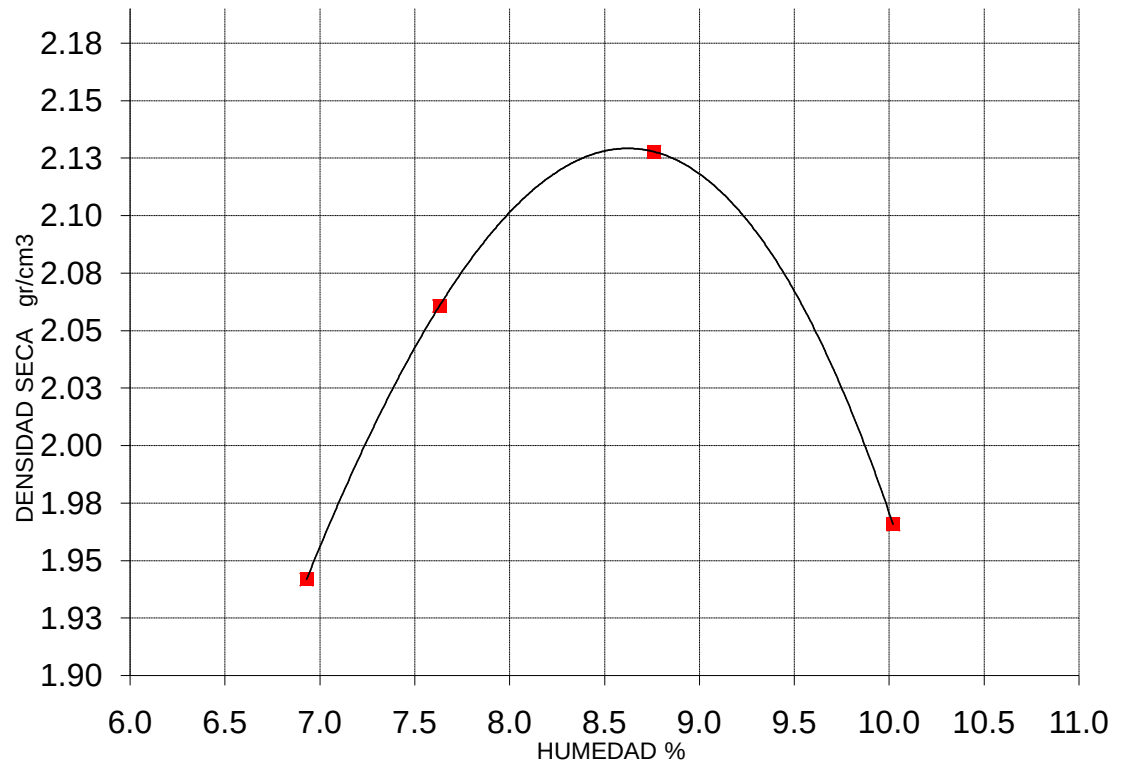
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8274.9	8561.1	8755.8	8449.4	
2- Peso Molde	gr.	4074.0	4074.0	4074.0	4074.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4200.9	4487.1	4681.8	4375.4	
4- Volumen Molde	cm^3	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	2.077	2.218	2.314	2.163	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	228.73	208.22	196.72	186.43	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	216.47	196.41	184.00	173.20	
8- Peso Tara	gr.	39.58	41.60	38.85	41.20	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	12.26	11.81	12.72	13.23	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	176.89	154.81	145.15	132.00	
11-Humedad % (9/10)x100	%	6.93	7.63	8.76	10.02	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.94	2.06	2.13	1.97	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

2.13 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.76 %

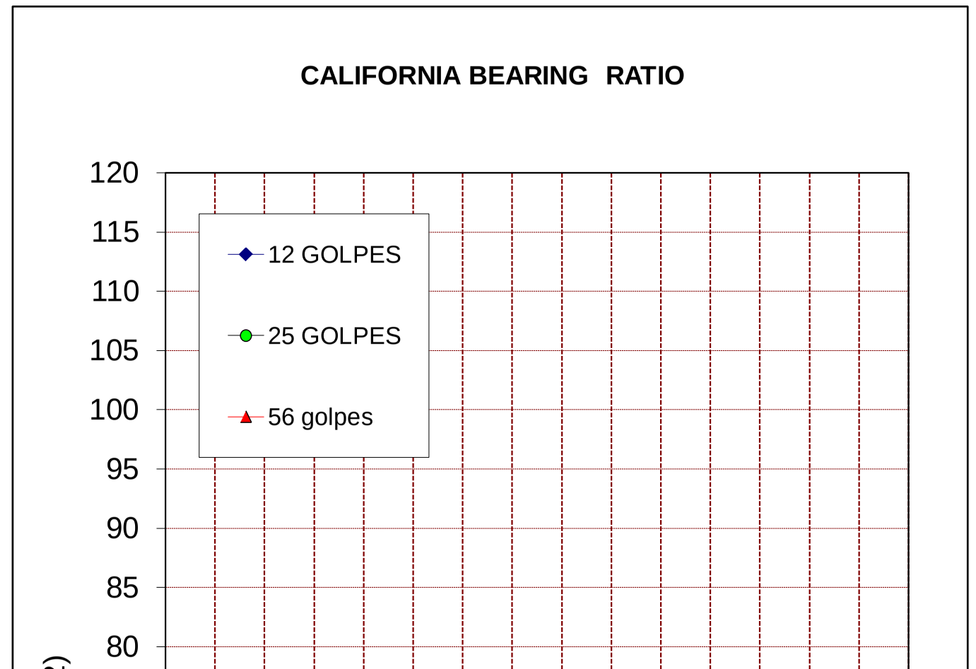
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

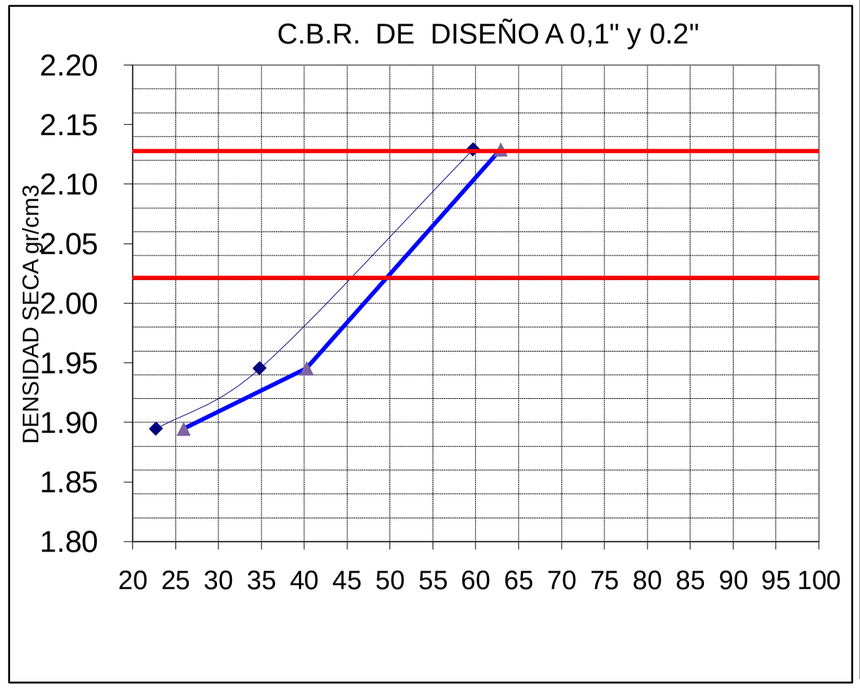
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		22	4.72			40	8.96			61	14.00		
0.050		39	8.65			63	14.36			105	24.24		
0.075		51	11.53			77	17.66			144	33.41		
0.100	70.31	62	14.13	15.96	**22.71**	98	22.59	24.48	**34.81**	172	40.00	41.97	**59.70**
0.125		72	16.48			123	28.47			201	46.82		
0.150		84	19.30			136	31.53			223	51.99		
0.175		95	21.89			155	36.00			253	59.04		
0.200	105.46	110	25.42	27.31	**25.90**	174	40.47	42.45	**40.25**	275	64.22	66.33	**62.89**
0.225		125	28.94			189	43.99			291	67.98		
0.250		133	30.82			198	46.11			306	71.51		
0.300		137	31.77			212	49.40			315	73.62		



DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.25	8.34	8.76
Peso del molde (gr)		4,180.50	4,182.30	4,192.80
P. molde + suelo hum. (gr)		8,529.00	8,681.00	9,205.00
Volumen del molde (cm3)		2,120.07	2,134.25	2,164.25
Densidad hum. (gr/cm3)		2.05	2.11	2.32
Densidad seca (gr/cm3)		1.89	1.95	2.13
C.B.R. a 0.1"		**22.71**	**34.81**	**59.70**
C.B.R. a 0.2"		**25.90**	**40.25**	**62.89**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**59.7**	0.2":	**62.9**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**45.0**	0.2":	**49.8**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**2.13** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.76** %		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - ASTM D 4791

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'428,368N ; 534,713E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (B) (gr)	FRACCIÓN PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (C) = (B/A)*100	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLA D (%)	(E)= (C) *(D)	PORCENTAJE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS F= (E)*(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2 1/2 "	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 ¨	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1	2798.0	**463.0**	16.5	**6.2**	103.3	
1"	3/4"	1518.0	**203.0**	13.4	**7.6**	101.8	
3/4"	1/2"	622.0	**113.0**	18.2	**9.6**	174.2	
1/2"	3/8"	179.0	**45.0**	25.1	**8.9**	224.8	
3/8"	1/4"	109.0	**10.0**	9.2	**7.5**	69.1	
TOTAL		**5226.0**	**834.0**		**39.9**	**673.2**	**16.86**

OBSERVACIONES:

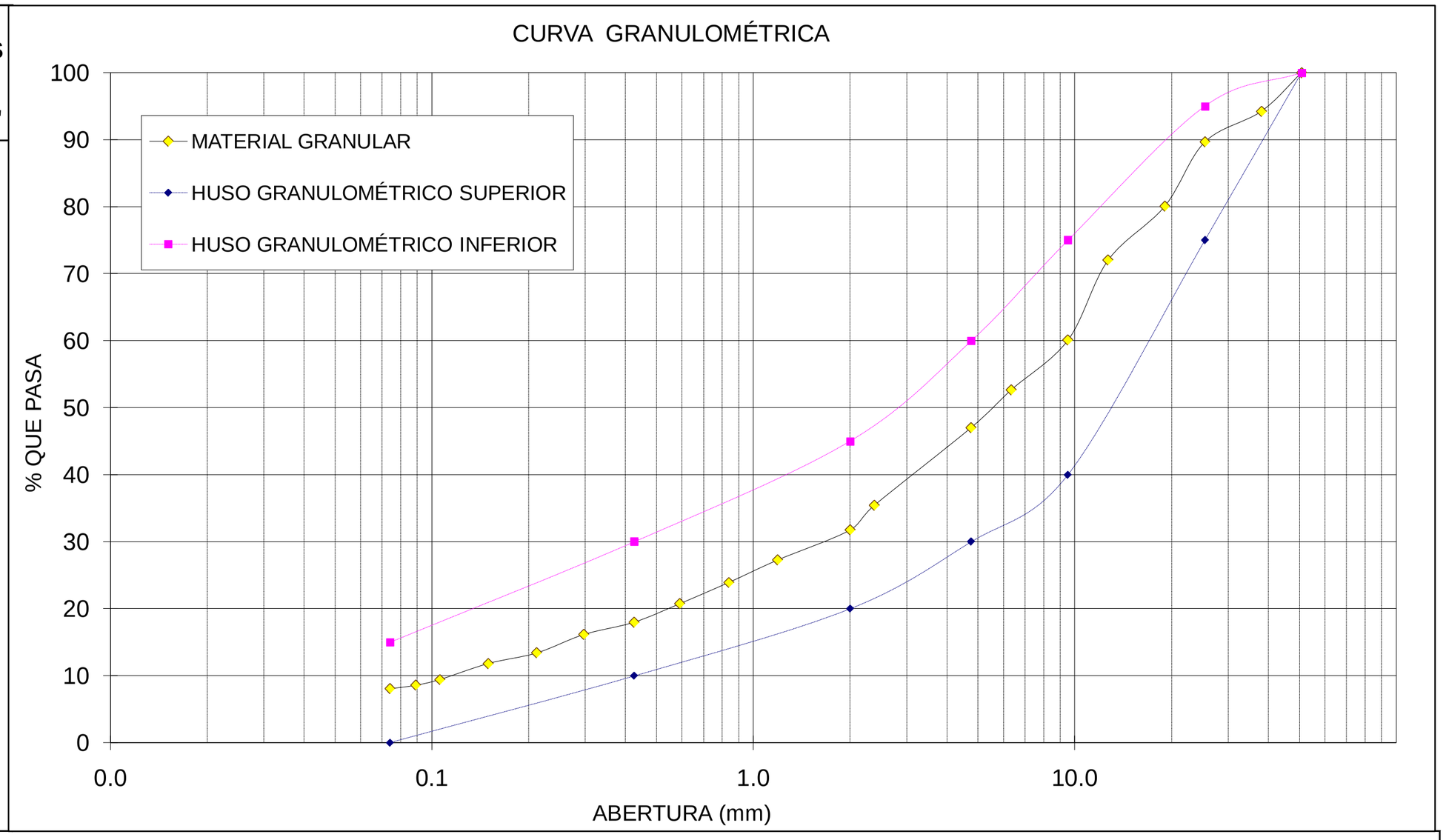
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	:	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ		MATERIAL GRANULAR		ESPECIFICACIONES TECNICAS
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	GRADO "B" TIPO "I"
5" n.n	127.060	0.00	100.00	
3"	76.200	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	**100**
1 1/2"	38.100	5.76	94.24	
1"	25.400	4.57	89.67	**75 - 95**
3/4"	19.050	9.59	80.07	
1/2"	12.700	8.03	72.04	
3/8"	9.520	11.93	60.11	**40 - 75**
1/4"	6.350	7.43	52.68	
Nº4	4.760	5.65	47.03	**30 - 60**
" 8	2.380	11.60	35.43	
" 10	2.000	3.68	31.75	**20 - 45**
" 16	1.190	4.46	27.29	
" 20	0.840	3.35	23.94	
" 30	0.590	3.20	20.74	
" 40	0.426	2.75	17.99	**15 - 30**
" 50	0.297	1.82	16.17	
" 70	0.212	2.75	13.42	
" 100	0.150	1.60	11.82	
" 140	0.106	2.38	9.44	**5 - 15**
" 170	0.089	0.86	8.59	
" 200	0.074	0.52	8.07	
- 200		8.07	0.00	



DESCRIPCION DE LA MEZCLA

GRAVAS	**52.97** %
ARENAS	**38.96** %
LIMOS - ARCILLAS	**8.07** %

OBSERVACIONES

		L.L.	**25.22 %**
SUCS	**GW - GC**	**L.P.**	**20.69 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO	**A-1-a**	**I.P**	**4.53 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

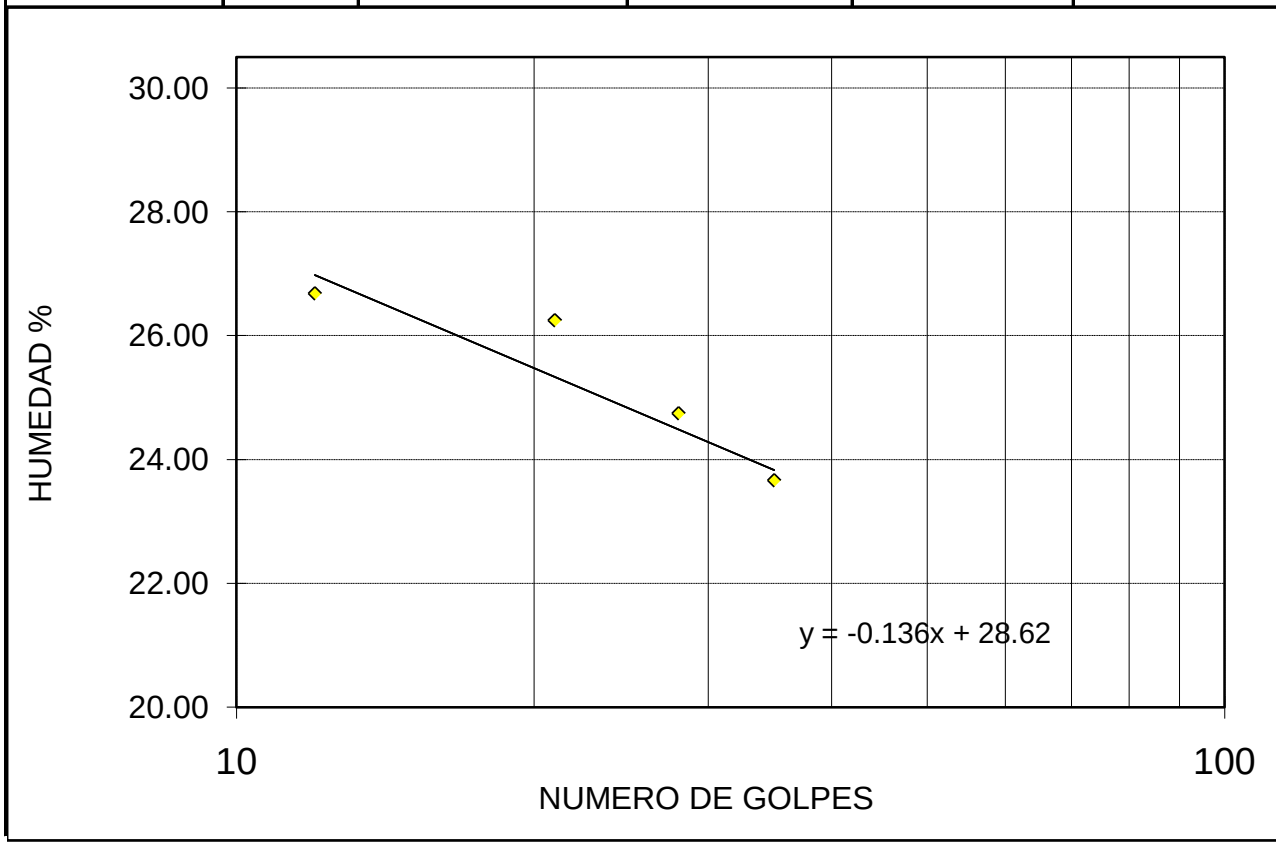
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
12	3A	38.25	33.50	4.75	15.70	17.80	26.69
21	1B	30.85	27.70	3.15	15.70	12.00	26.25
28	1A	30.67	27.72	2.95	15.80	11.92	24.75
35	2B	29.50	26.84	2.66	15.60	11.24	23.67

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
294	34.34	30.72	3.62	21.40	9.32	38.84	%
210	33.50	33.20	0.30	21.40	11.80	2.54	20.69



L.L. = 25.22

IP = 4.53

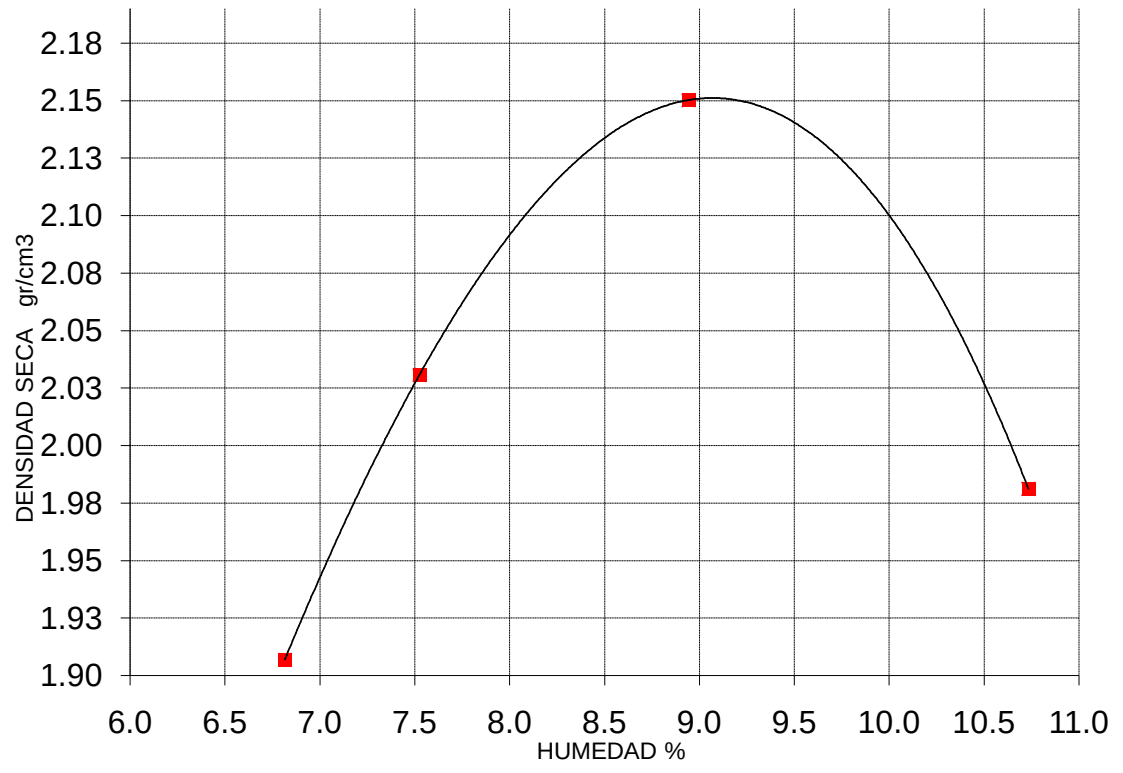
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8194.8	8491.3	8813.2	8512.1	
2- Peso Molde	gr.	4074.0	4074.0	4074.0	4074.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4120.8	4417.3	4739.2	4438.1	
4- Volumen Molde	cm^3	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	2.037	2.184	2.343	2.194	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	231.73	207.95	196.96	186.96	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	219.47	196.31	183.98	172.83	
8- Peso Tara	gr.	39.58	41.60	38.85	41.20	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	12.26	11.64	12.98	14.13	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	179.89	154.71	145.13	131.63	
11-Humedad % (9/10)x100	%	6.81	7.52	8.94	10.73	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.91	2.03	2.15	1.98	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

2.15 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.94 %

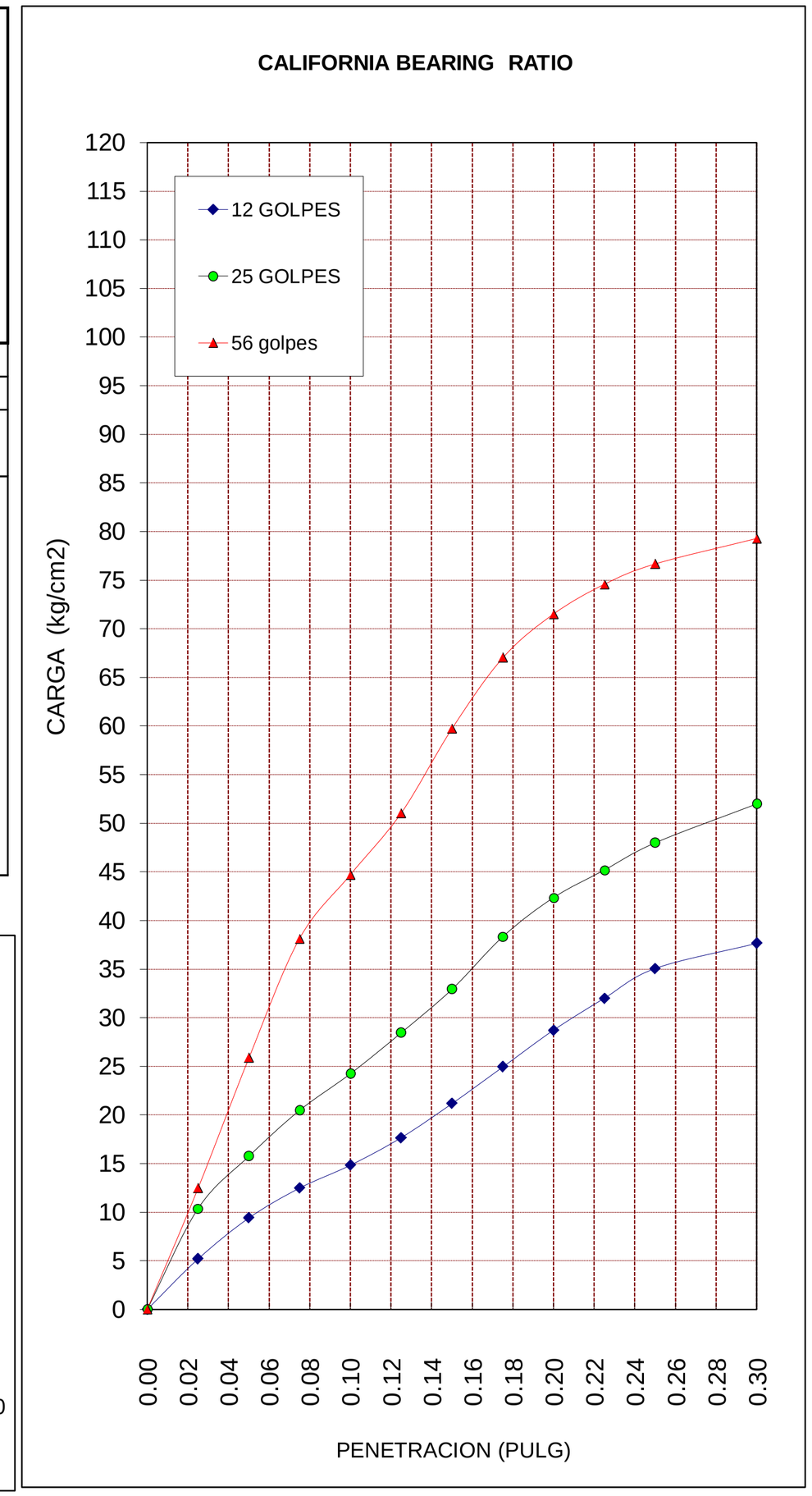
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

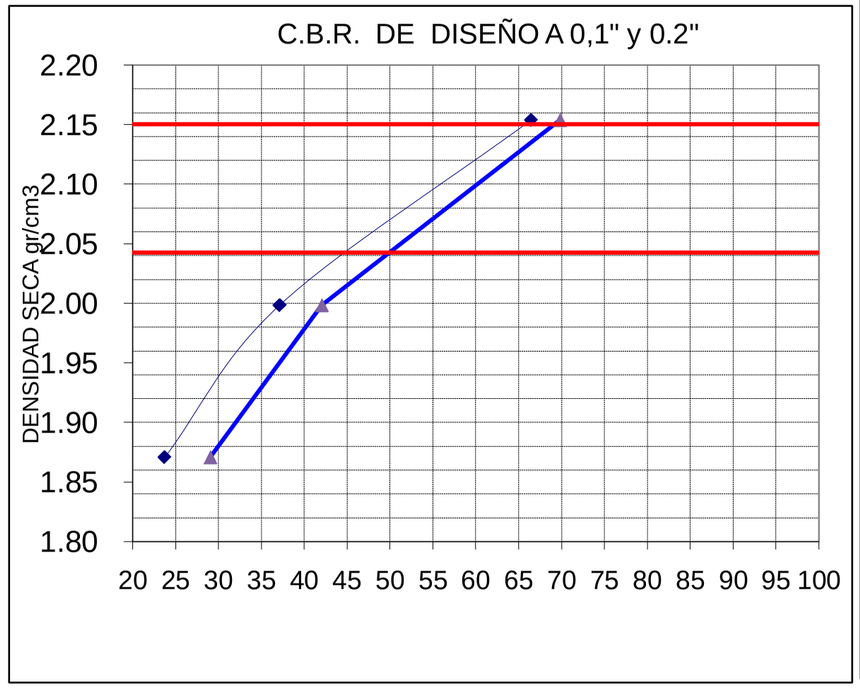
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		24	5.19			46	10.37			55	12.48		
0.050		42	9.43			69	15.77			112	25.89		
0.075		55	12.48			89	20.48			164	38.11		
0.100	70.31	65	14.83	16.67	**23.72**	105	24.24	26.13	**37.17**	192	44.70	46.70	**66.42**
0.125		77	17.66			123	28.47			219	51.05		
0.150		92	21.18			142	32.94			256	59.75		
0.175		108	24.95			165	38.35			287	67.04		
0.200	105.46	124	28.71	30.62	**29.04**	182	42.35	44.34	**42.04**	306	71.51	73.66	**69.84**
0.225		138	32.00			194	45.17			319	74.56		
0.250		151	35.06			206	47.99			328	76.68		
0.300		162	37.64			223	51.99			339	79.27		



DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.12	8.76	8.94
Peso del molde (gr)		4,180.50	4,182.30	4,192.80
P. molde + suelo hum. (gr)		8,469.00	8,822.00	9,271.00
Volumen del molde (cm3)		2,120.07	2,134.25	2,164.25
Densidad hum. (gr/cm3)		2.02	2.17	2.35
Densidad seca (gr/cm3)		1.87	2.00	2.15
C.B.R. a 0.1"		**23.72**	**37.17**	**66.42**
C.B.R. a 0.2"		**29.04**	**42.04**	**69.84**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**66.4**	0.2":	**69.8**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**45.0**	0.2":	**50.0**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**2.15** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.94** %		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - ASTM D 4791

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E)**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.35 - 0.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (B) (gr)	FRACCIÓN PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (C) = (B/A)*100	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLA D (%)	(E)= (C) *(D)	PORCENTAJE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS F= (E)*(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2 1/2 "	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 ¨	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1	2521.0	**399.0**	15.8	**4.6**	72.4	
1"	3/4"	1498.0	**124.0**	8.3	**9.6**	79.4	
3/4"	1/2"	737.0	**276.0**	37.4	**8.0**	300.7	
1/2"	3/8"	295.0	**56.0**	19.0	**11.9**	226.5	
3/8"	1/4"	145.0	**12.0**	8.3	**7.4**	61.5	
TOTAL		**5196.0**	**867.0**		**41.6**	**740.5**	**17.82**

OBSERVACIONES:

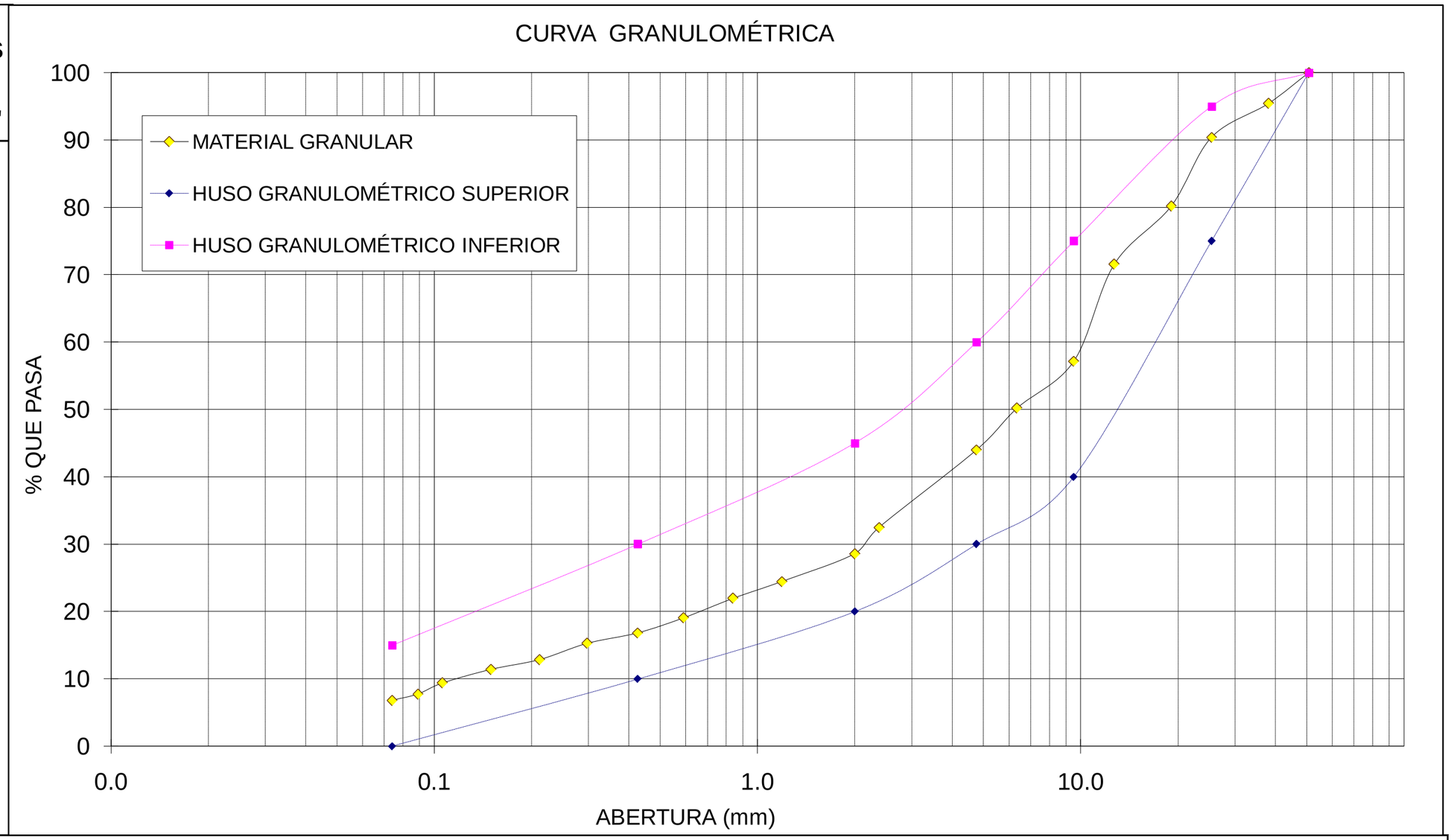
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.37 - 0.55 m.
FECHA	:	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ		MATERIAL GRANULAR		ESPECIFICACIONES TECNICAS
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	GRADO "B" TIPO "I"
5" n.n	127.060	0.00	100.00	
3"	76.200	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	**100**
1 1/2"	38.100	4.57	95.43	
1"	25.400	5.02	90.41	**75 - 95**
3/4"	19.050	10.22	80.19	
1/2"	12.700	8.62	71.56	
3/8"	9.520	14.39	57.17	**40 - 75**
1/4"	6.350	6.95	50.22	
Nº4	4.760	6.21	44.01	**30 - 60**
" 8	2.380	11.52	32.49	
" 10	2.000	3.90	28.59	**20 - 45**
" 16	1.190	4.13	24.46	
" 20	0.840	2.49	21.97	
" 30	0.590	2.90	19.07	
" 40	0.426	2.23	16.84	**15 - 30**
" 50	0.297	1.56	15.28	
" 70	0.212	2.42	12.86	
" 100	0.150	1.45	11.41	
" 140	0.106	2.01	9.41	**5 - 15**
" 170	0.089	1.67	7.73	
" 200	0.074	0.93	6.80	
- 200		6.80	0.00	



DESCRIPCION DE LA MEZCLA

GRAVAS	**55.99** %
ARENAS	**37.21** %
LIMOS - ARCILLAS	**6.80** %

OBSERVACIONES

		L.L.	**25.01 %**
SUCS	**GW - GC**	**L.P.**	**20.18 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO	**A-1-a**	**I.P**	**4.83 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

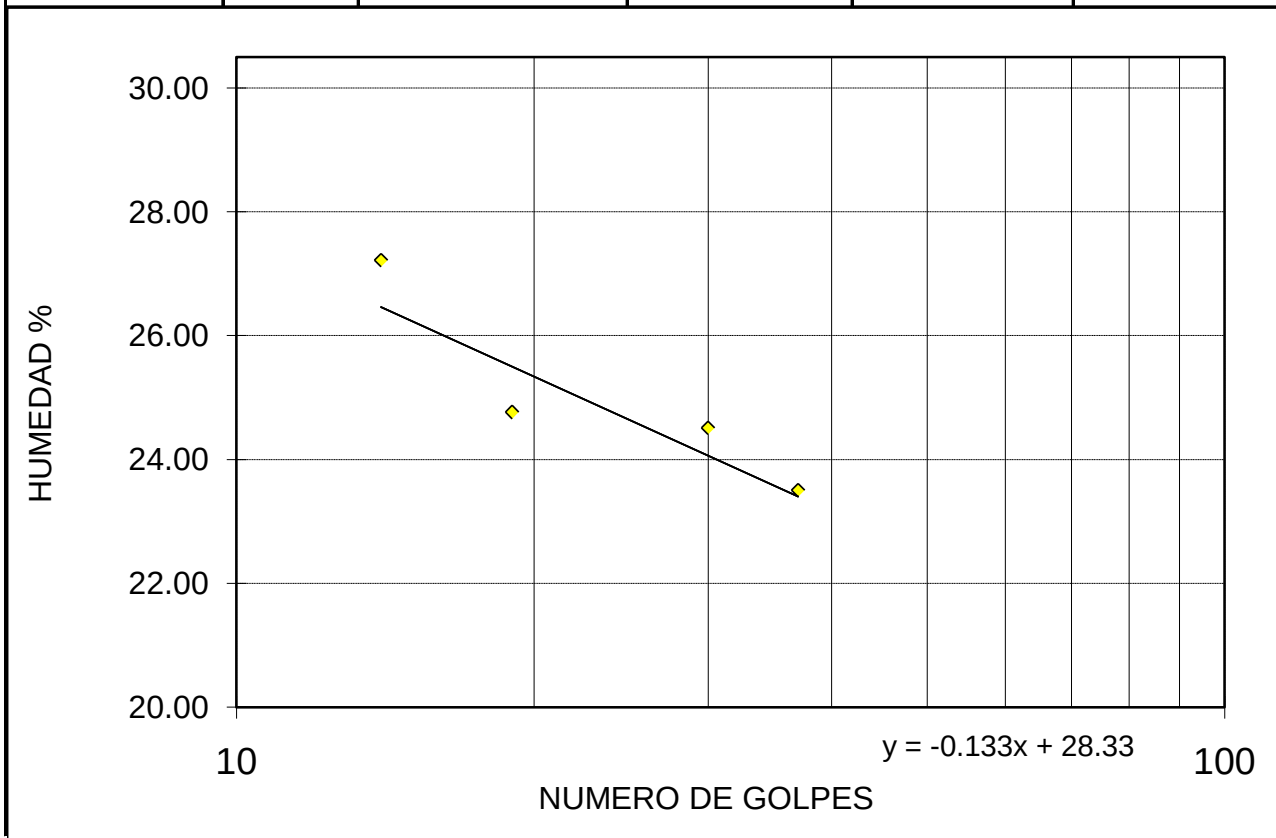
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.37 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
14	3A	37.15	32.56	4.59	15.70	16.86	27.22
19	1B	31.67	28.50	3.17	15.70	12.80	24.77
30	1A	29.87	27.10	2.77	15.80	11.30	24.51
37	2B	30.10	27.34	2.76	15.60	11.74	23.51

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
294	33.90	31.45	2.45	21.40	10.05	24.38	%
210	34.10	32.35	1.75	21.40	10.95	15.98	20.18



L.L. = 25.01

IP = 4.83

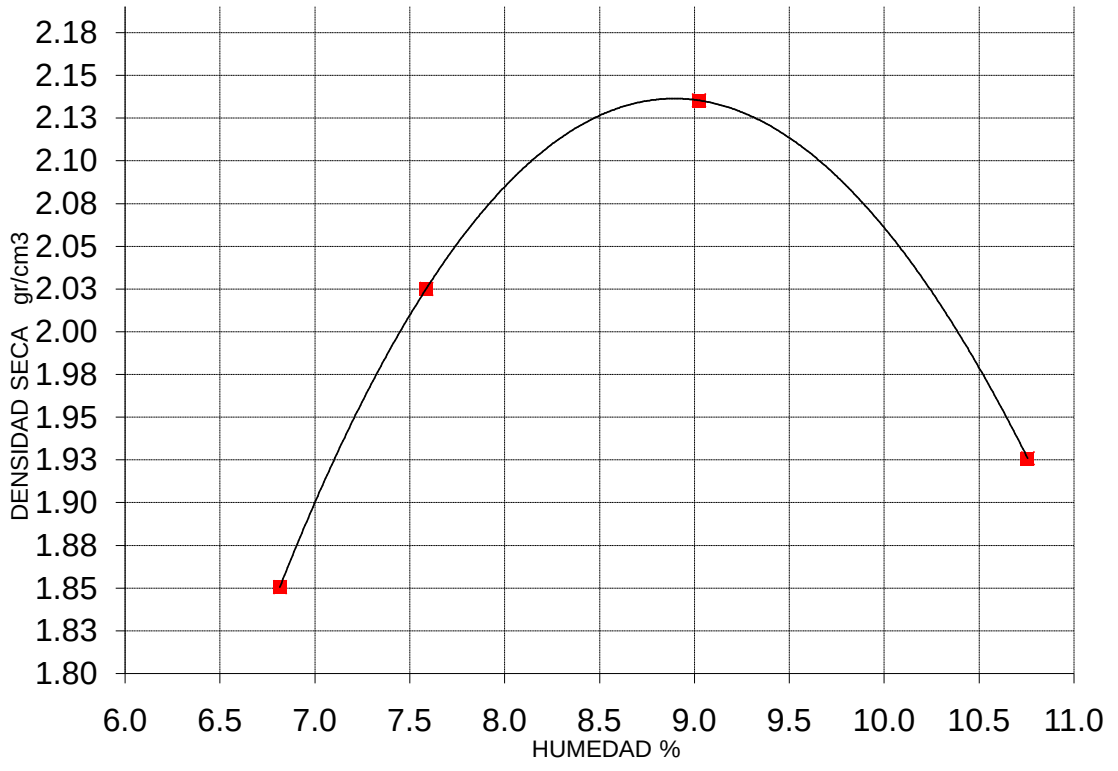
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.37 - 0.55 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8072.8	8481.3	8783.4	8389.1	
2- Peso Molde	gr.	4074.0	4074.0	4074.0	4074.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3998.8	4407.3	4709.4	4315.1	
4- Volumen Molde	cm^3	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	1.977	2.179	2.328	2.133	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	231.73	210.95	198.80	188.76	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	219.47	199.01	185.56	174.43	
8- Peso Tara	gr.	39.58	41.60	38.85	41.20	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	12.26	11.94	13.24	14.33	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	179.89	157.41	146.71	133.23	
11-Humedad % (9/10)x100	%	6.81	7.59	9.02	10.76	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.85	2.02	2.14	1.93	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

2.14 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

9.02 %

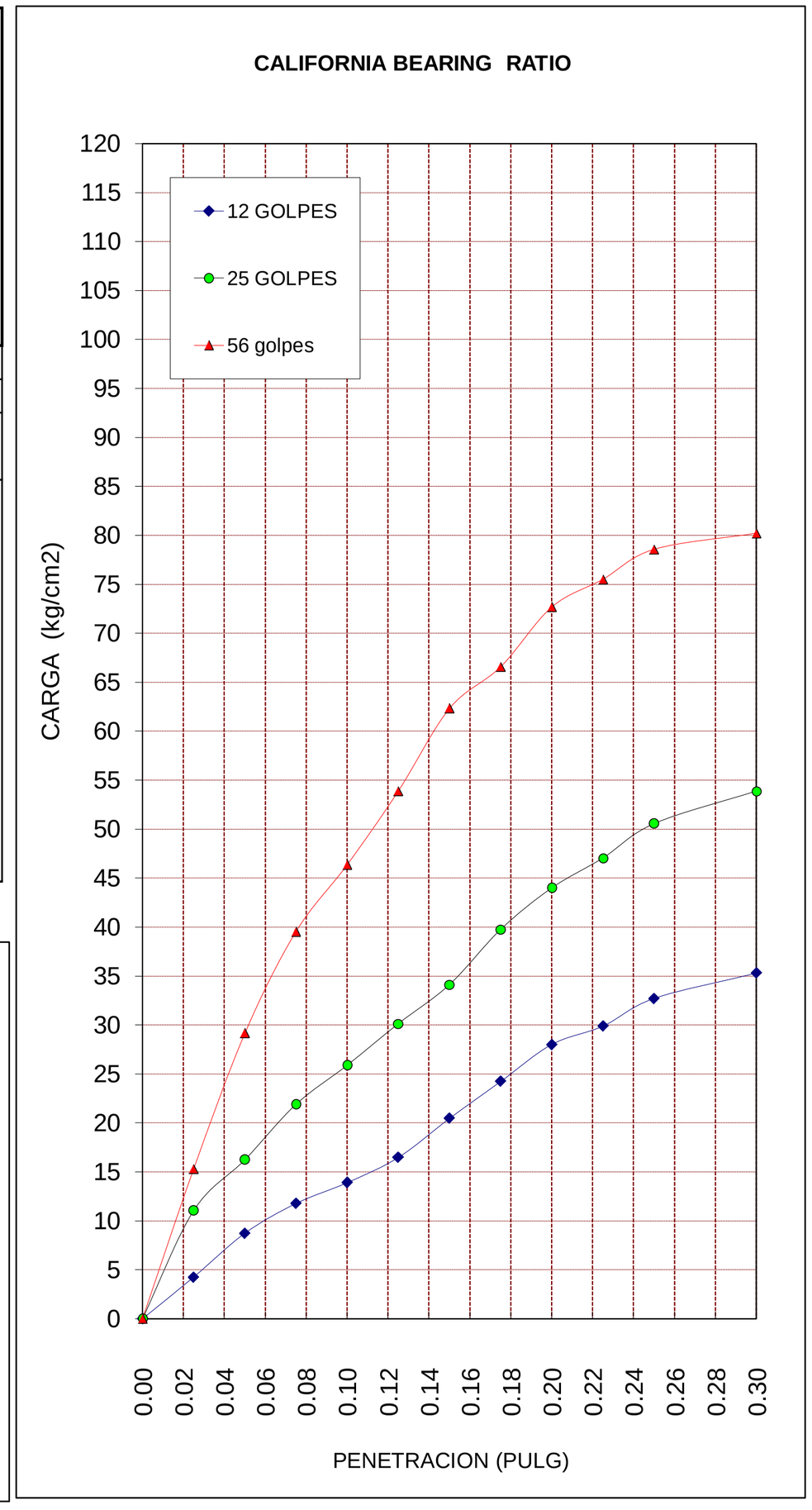
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

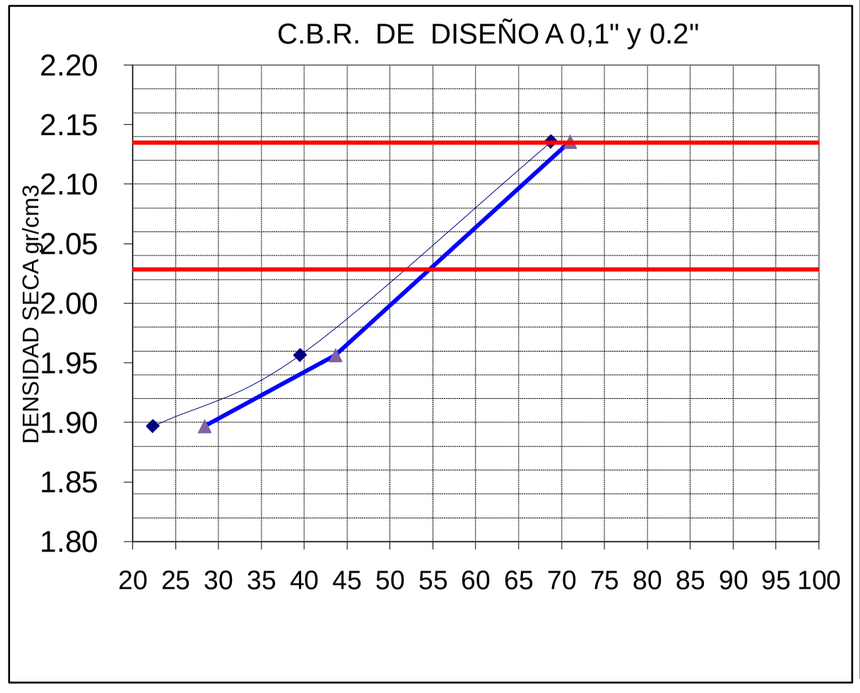
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.37 - 0.55 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		20	4.25			49	11.07			67	15.30		
0.050		39	8.72			71	16.24			126	29.18		
0.075		52	11.78			95	21.89			170	39.53		
0.100	70.31	61	13.89	15.73	**22.37**	112	25.89	27.79	**39.52**	199	46.35	48.36	**68.78**
0.125		72	16.48			130	30.12			231	53.87		
0.150		89	20.48			147	34.12			267	62.34		
0.175		105	24.24			171	39.76			285	66.57		
0.200	105.46	121	28.00	29.91	**28.37**	189	43.99	45.99	**43.61**	311	72.68	74.84	**70.96**
0.225		129	29.88			202	47.05			323	75.51		
0.250		141	32.71			217	50.58			336	78.56		
0.300		152	35.29			231	53.87			343	80.21		



DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.35	8.57	9.02
Peso del molde (gr)		4,180.50	4,182.30	4,192.80
P. molde + suelo hum. (gr)		8,538.00	8,716.00	9,232.00
Volumen del molde (cm3)		2,120.07	2,134.25	2,164.25
Densidad hum. (gr/cm3)		2.06	2.12	2.33
Densidad seca (gr/cm3)		1.90	1.96	2.14
C.B.R. a 0.1"		**22.37**	**39.52**	**68.78**
C.B.R. a 0.2"		**28.37**	**43.61**	**70.96**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**68.8**	0.2":	**70.96**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**52.5**	0.2":	**55.0**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**2.14** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**9.02** %		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

MTC E 221 - ASTM D 4791

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 02 (SUB BASE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.37 - 0.55 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA (A) (gr)	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (B) (gr)	FRACCIÓN PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (C) = (B/A)*100	PORCENTAJE RETENIDO POR MALLA D (%)	(E)= (C) *(D)	PORCENTAJE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS F= (E)*(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2 1/2 "	2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 ¨	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1	2478.0	**245.0**	9.9	**5.0**	49.6	
1"	3/4"	1548.0	**106.0**	6.8	**10.2**	70.0	
3/4"	1/2"	623.0	**187.0**	30.0	**8.6**	258.9	
1/2"	3/8"	425.0	**76.0**	17.9	**14.4**	257.3	
3/8"	1/4"	109.0	**9.0**	8.3	**7.0**	57.4	
TOTAL		**5183.0**	**623.0**		**45.2**	**693.2**	**15.33**

OBSERVACIONES:

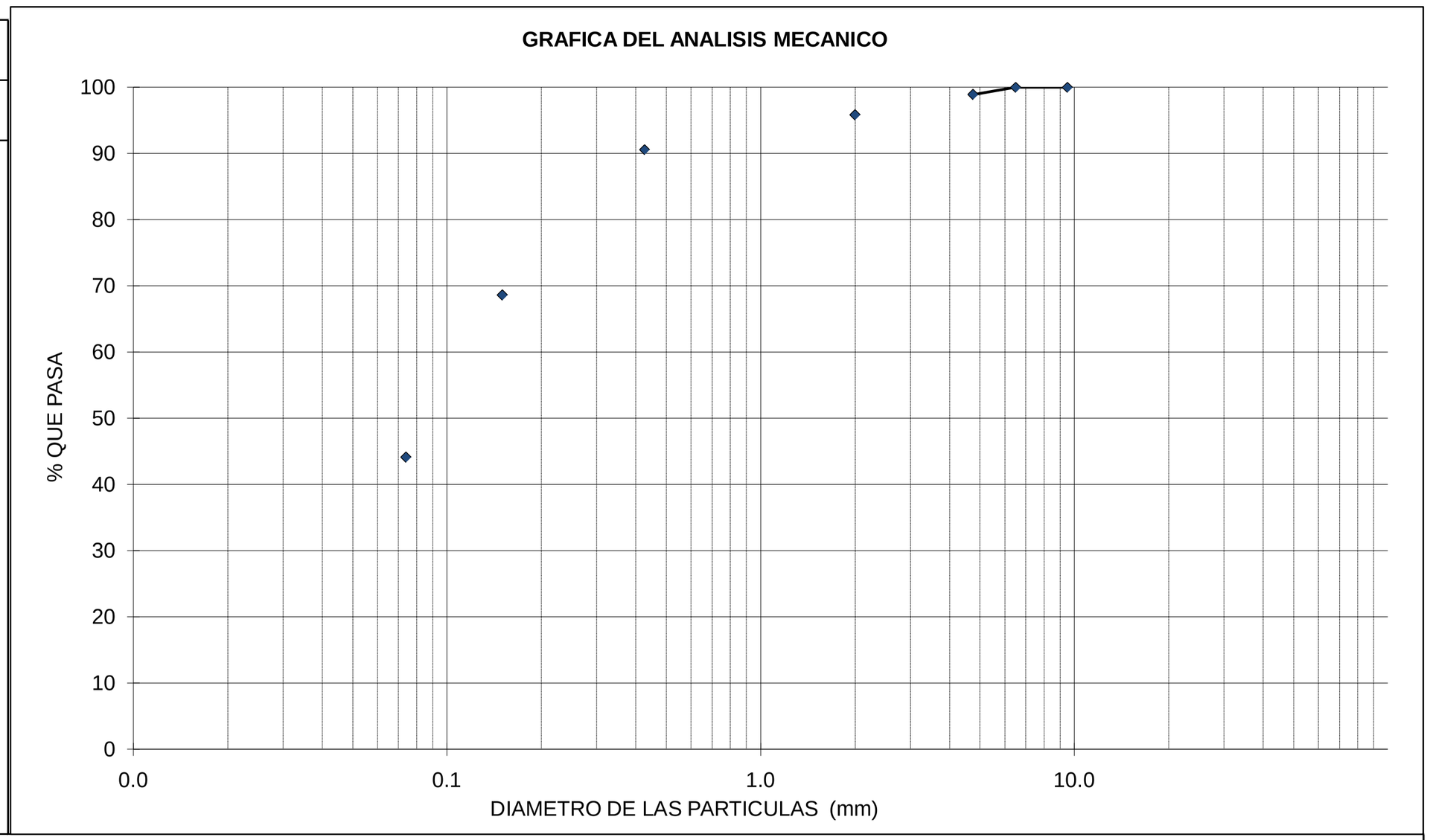
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE,**
		TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**TRAMO (PIURA - PAITA.), DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	**:**	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ			
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA
5" n.n	127.060		
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.520		100.00
1/4"	6.500		100.00
Nº4	4.760	1.09	98.91
" 8	2.380		
" 10	2.000	3.06	95.85
" 16	1.190		
" 20	0.840		
" 30	0.590		
" 40	0.426	5.25	90.60
" 50	0.297		
" 70	0.212		
" 100	0.150	21.97	68.63
" 140	0.106		
" 170	0.089		
" 200	0.074	55.85	44.15
- 200		44.15	



GRAVAS	**1.10**
ARENAS	**54.76**
LIMOS - ARCILLAS	**44.15**

OBSERVACIONES

ARENA LIMO ARCILLOSA		**L.L.**	**22.34 %**
SUCS	**SC-SM**	**L.P.**	**15.64 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUP	**A-4**	**I.P**	**6.70 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

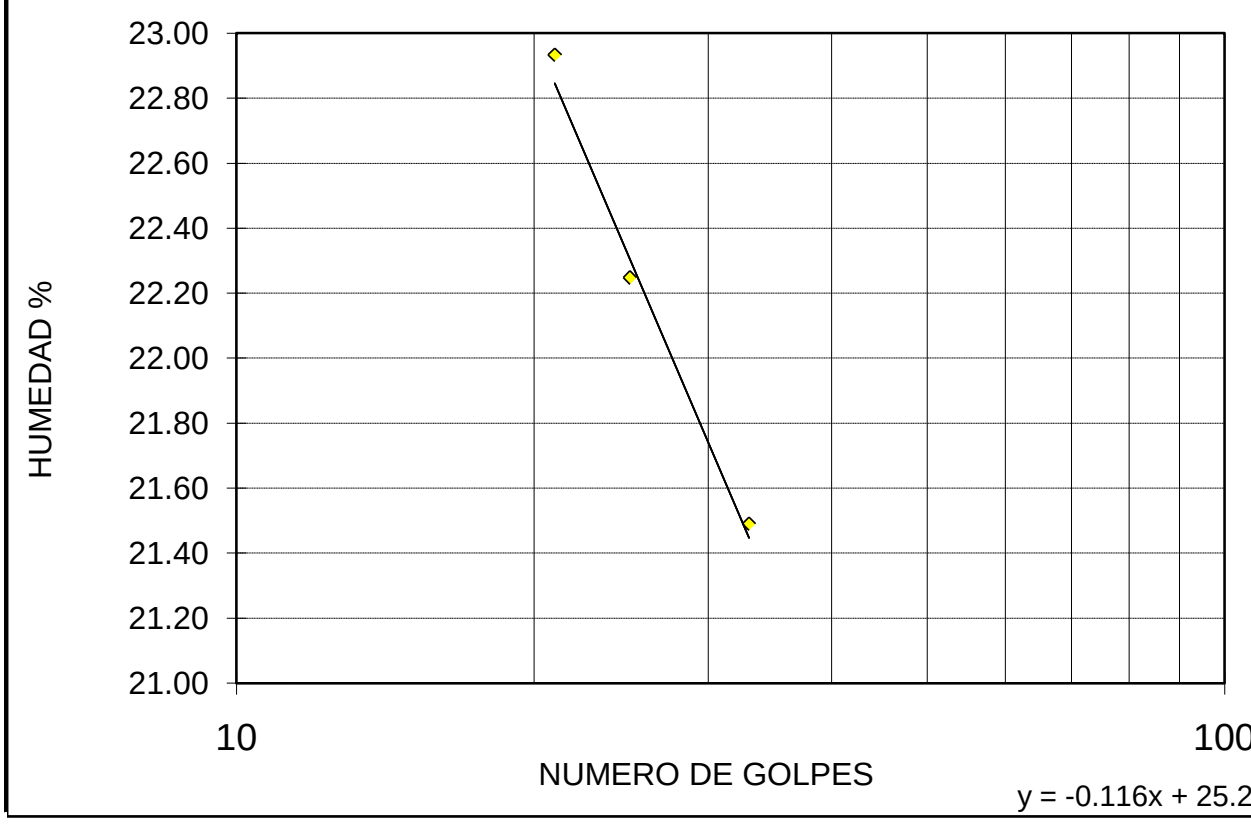
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
21	4A	44.00	38.34	5.66	13.66	24.68	22.93
25	2B	45.51	39.67	5.84	13.42	26.25	22.25
33	2A	44.65	39.03	5.62	12.88	26.15	21.49

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
220	25.91	23.35	2.56	6.94	16.41	15.60	%
245	23.51	21.27	2.24	6.98	14.29	15.68	15.64



L.L. = 22.34

IP = 6.70

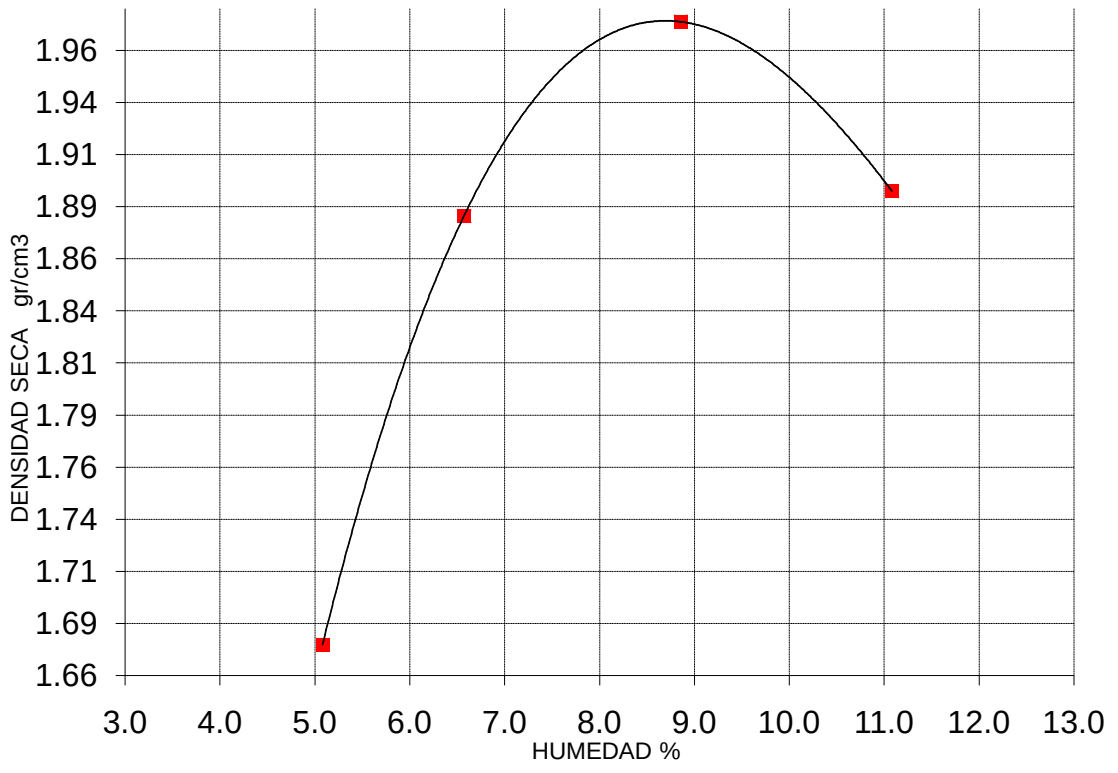
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	5885.0	6112.0	6246.0	6203.0	
2- Peso Molde	gr.	4250.0	4250.0	4250.0	4250.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	1635.0	1862.0	1996.0	1953.0	
4- Volumen Molde	cm^3	929.0	929.0	929.0	929.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	1.760	2.004	2.149	2.102	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	533.80	491.40	511.40	506.20	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	508.00	461.10	469.80	455.70	
8- Peso Tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	25.80	30.30	41.60	50.50	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	508.00	461.10	469.80	455.70	
11-Humedad % (9/10)x100	%	5.08	6.57	8.85	11.08	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.67	1.88	1.97	1.89	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

1.97 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.85 %

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

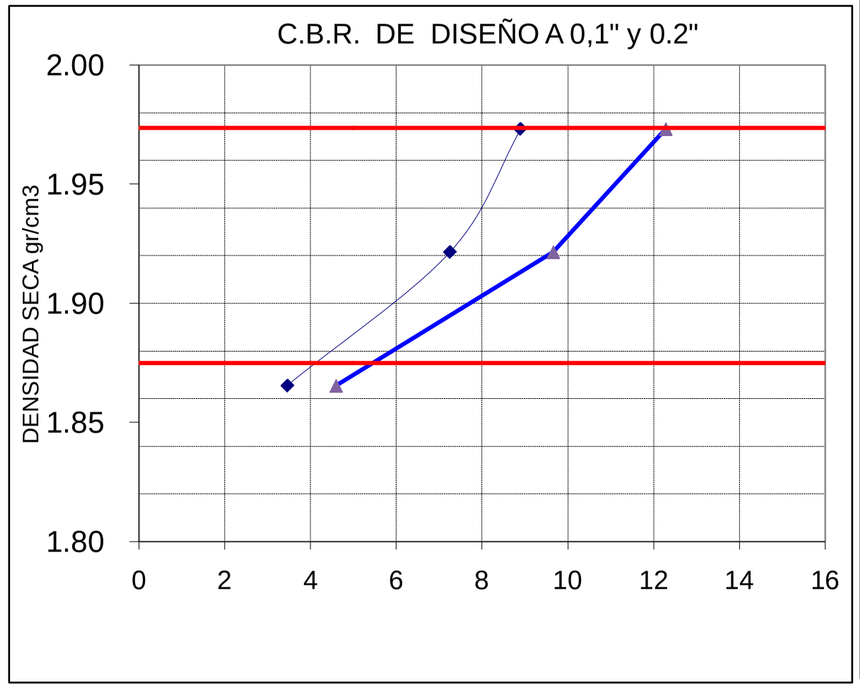
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

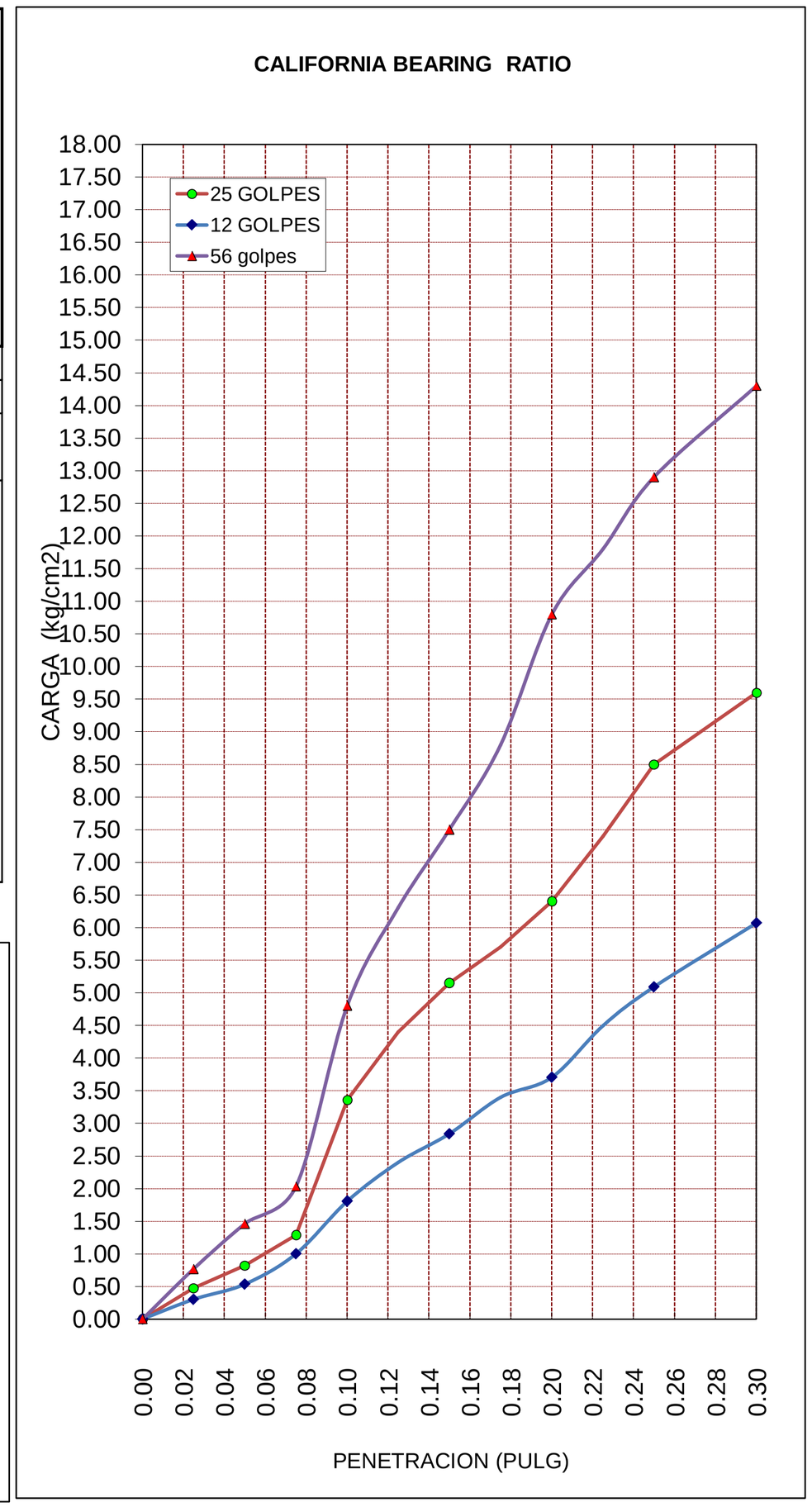
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 01 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'428,368N ; 534,713E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 0 + 300, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				**MOLDE No 2 25 GOLPES**				**MOLDE No 3 56 GOLPES**			
		Sin corregir		**Corregido**		**Sin corregir**		**Corregido**		**Sin corregir**		**Corregido**	
PENETRACION	**CARGA ESTANDAR**	**Lectura**	**Carga**	**Carga**	**C.B.R**	**Lectura**	**Carga**	**Carga**	**C.B.R**	**Lectura**	**Carga**	**Carga**	**C.B.R**
pulg	**Kg/cm2**	**Cuadrante**	**kg/cm2**	**kg/cm2**	**%**	**Cuadrante**	**kg/cm2**	**kg/cm2**	**%**	**Cuadrante**	**kg/cm2**	**kg/cm2**	**%**
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		2	0.31			5	0.48			10	0.77		
0.050		6	0.54			11	0.82			22	1.46		
0.075		9	1.00			19	1.29			32	2.03		
0.100	70.31	28	1.80	2.43	**3.46**	55	3.36	5.10	**7.25**	80	4.80	6.26	**8.90**
0.125													
0.150		46	2.84			86	5.15			111	7.50		
0.175													
0.200	105.46	61	3.71	4.84	**4.59**	99	6.40	10.18	**9.65**	196	10.80	12.95	**12.28**
0.225													
0.250		85	5.09			176	8.50			212	12.90		
0.300		102	6.07			210	9.60			305	14.30		

DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.25	8.34	8.85
Peso del molde (gr)		6,687.00	7,761.00	7,225.00
P. molde + suelo hum. (gr)		10,936.00	12,214.00	11,744.00
Volumen del molde (cm3)		2,104.00	2,139.00	2,104.00
Densidad hum. (gr/cm3)		2.02	2.08	2.15
Densidad seca (gr/cm3)		1.87	1.92	1.97
C.B.R. a 0.1"		**3.46**	**7.25**	**8.90**
C.B.R. a 0.2"		**4.59**	**9.65**	**12.28**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**8.9**	0.2":	**12.3**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**4.3**	0.2":	**5.2**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**1.97** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.85** %		





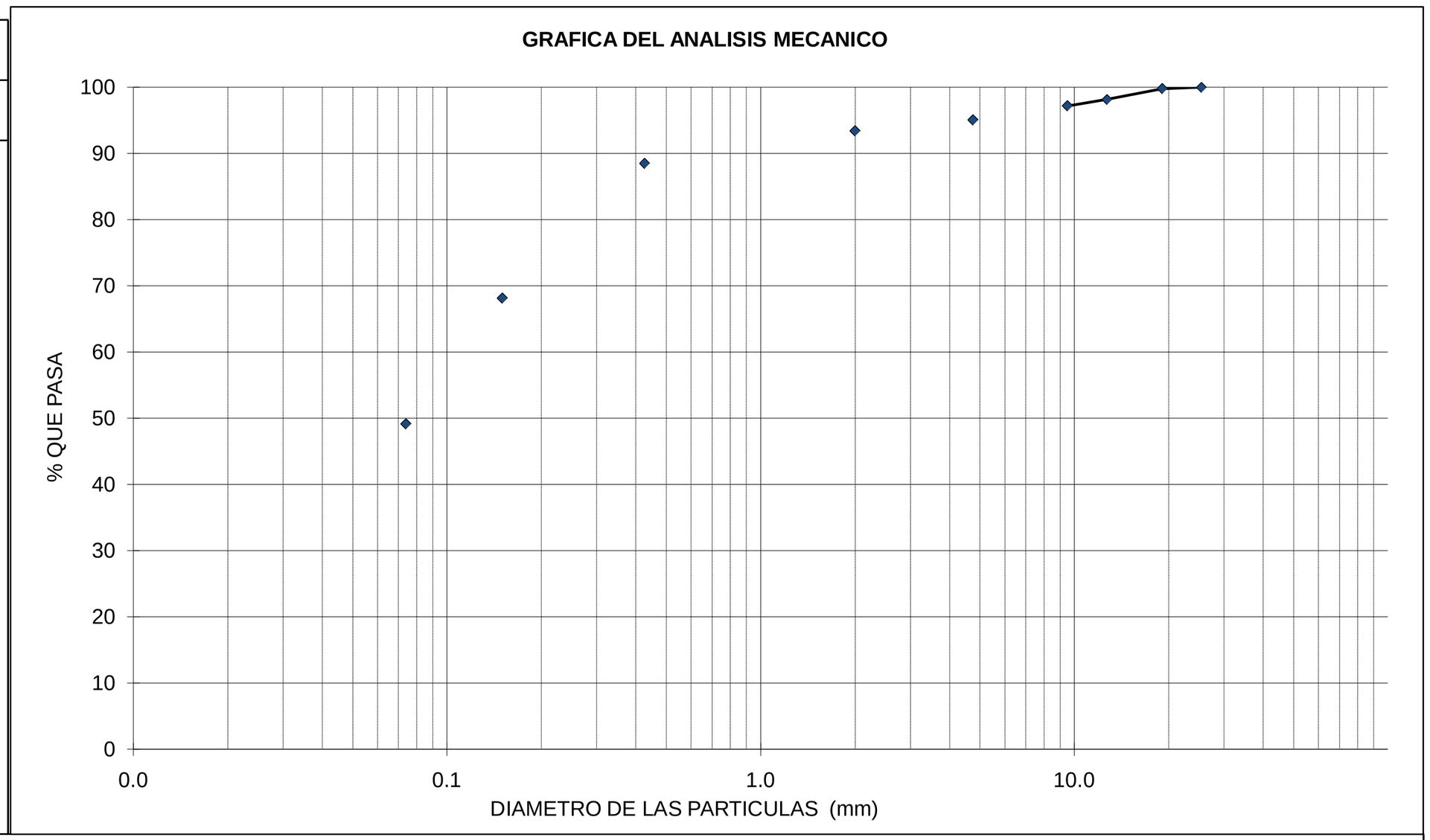
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE,**
		TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**TRAMO (PIURA - PAITA.), DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	**:**	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ			
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA
5" n.n	127.060		
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		100.00
3/4"	19.050	0.22	99.78
1/2"	12.700	1.61	98.17
3/8"	9.520	0.99	97.18
1/4"	6.500		
Nº4	4.760	4.96	95.04
" 8	2.380		
" 10	2.000	6.59	93.41
" 16	1.190		
" 20	0.840		
" 30	0.590		
" 40	0.426	11.48	88.52
" 50	0.297		
" 70	0.212		
" 100	0.150	31.85	68.15
" 140	0.106		
" 170	0.089		
" 200	0.074	50.86	49.14
- 200		49.14	



GRAVAS	**5.00**
ARENAS	**45.90**
LIMOS - ARCILLAS	**49.10**

OBSERVACIONES

ARENA LIMO ARCILLOSA		**L.L.**	**23.88 %**
SUCS	**SC**	**L.P.**	**16.54 %**
CLASIFICACION AASHTO - GRUPO	**A-4**	**I.P**	**7.34 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

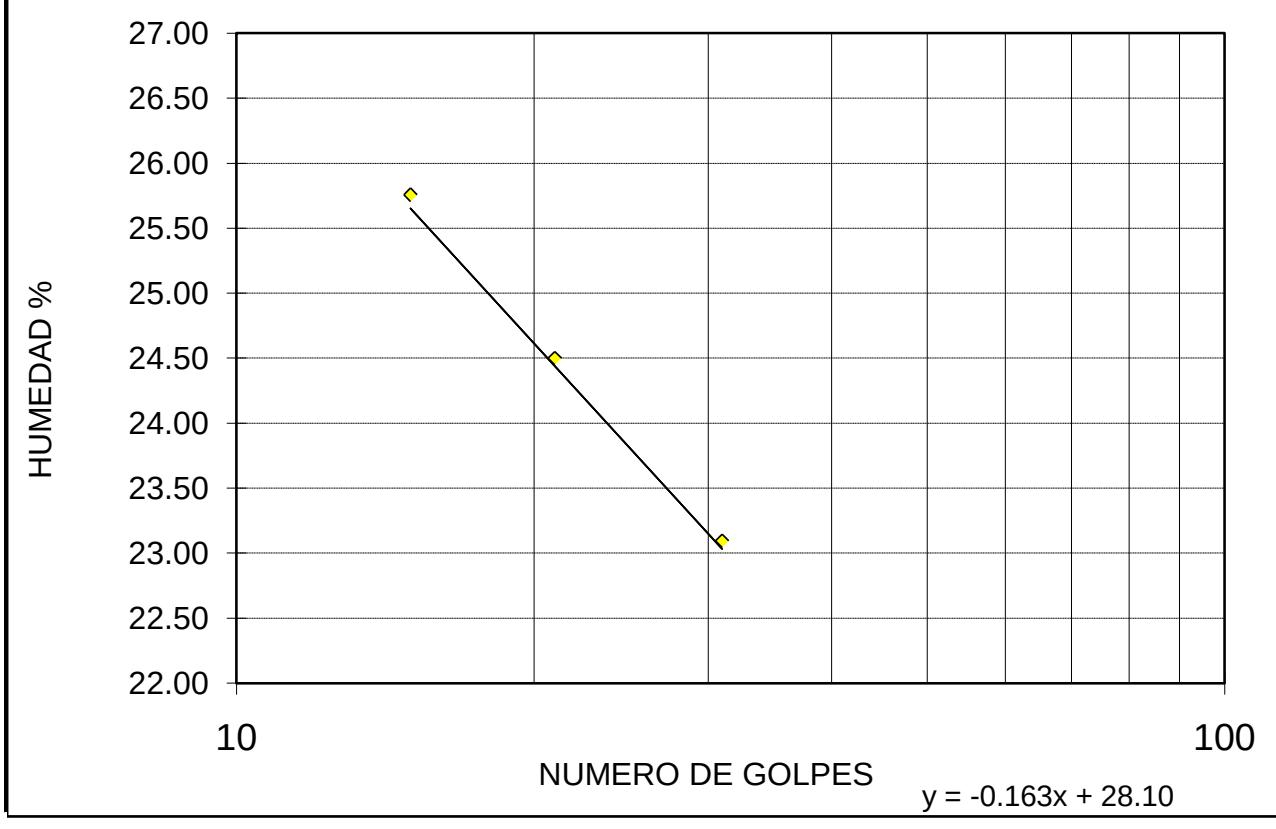
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
15	4C	44.50	38.20	6.30	13.74	24.46	25.76
21	2A	43.21	37.45	5.76	13.94	23.51	24.50
31	2D	41.02	35.74	5.28	12.88	22.86	23.10

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
212	30.02	27.73	2.29	13.92	13.81	16.58	%
180	28.57	26.47	2.10	13.74	12.73	16.50	16.54



L.L. = 23.88

IP = 7.34

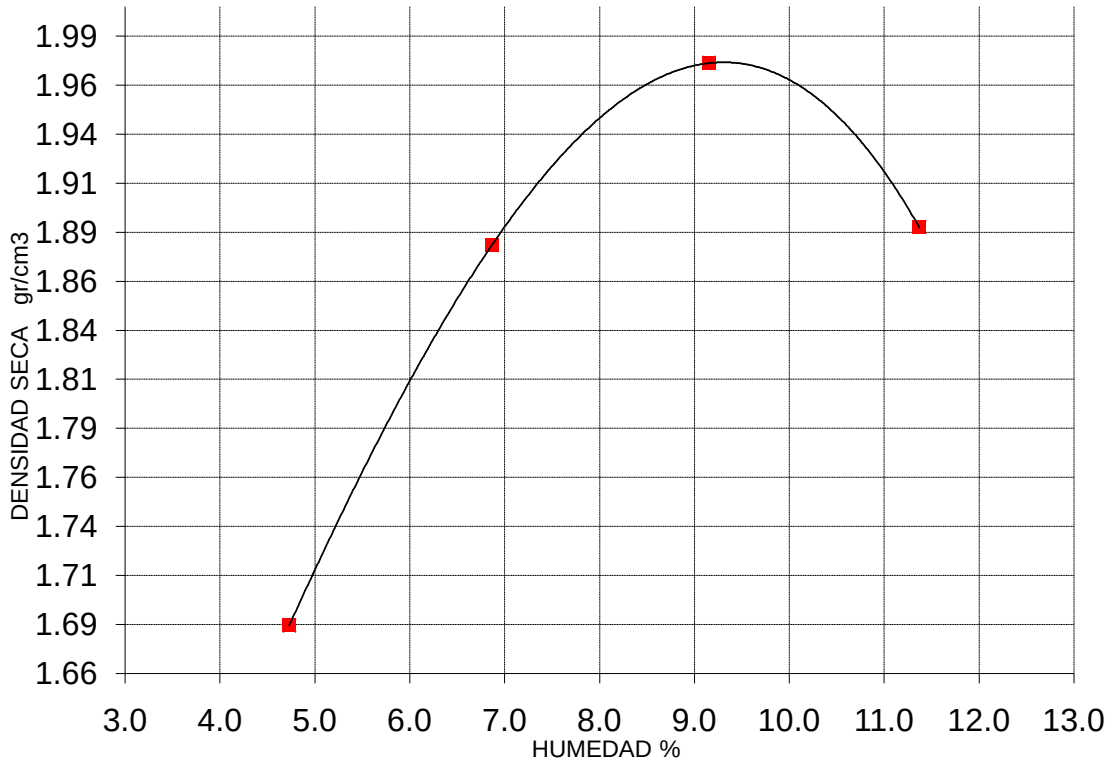
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	5889.0	6115.0	6249.0	6203.0	
2- Peso Molde	gr.	4250.0	4250.0	4250.0	4250.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	1639.0	1865.0	1999.0	1953.0	
4- Volumen Molde	cm^3	929.0	929.0	929.0	929.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	1.8	2.0	2.2	2.1	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	502.8	501.3	502.2	499.6	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	480.1	469.1	460.1	448.6	
8- Peso Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	22.70	32.20	42.10	51.00	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	480.10	469.10	460.10	448.60	
11-Humedad % (9/10)x100	%	4.73	6.86	9.15	11.37	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.68	1.88	1.97	1.89	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

1.97 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

9.30 %

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

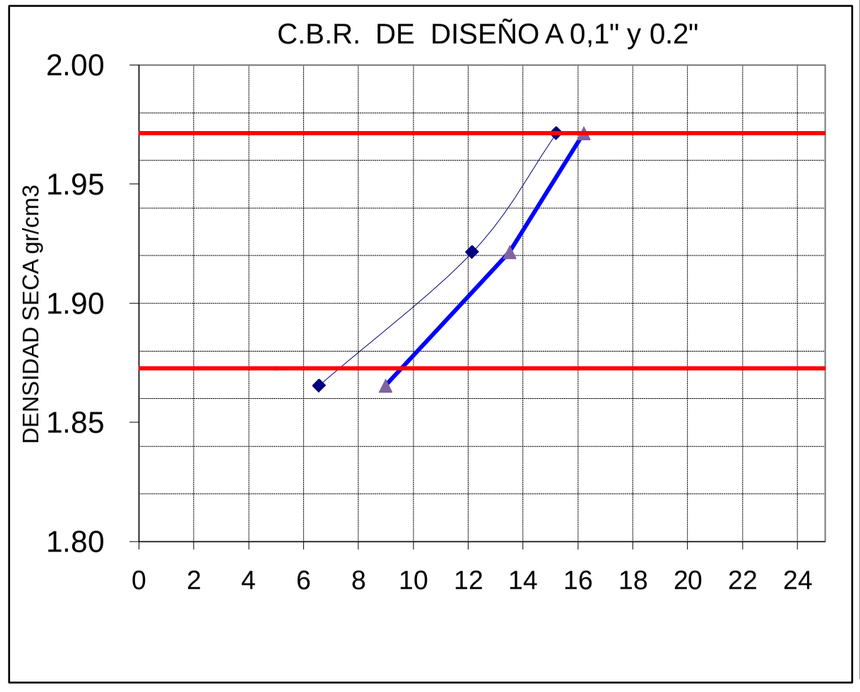
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

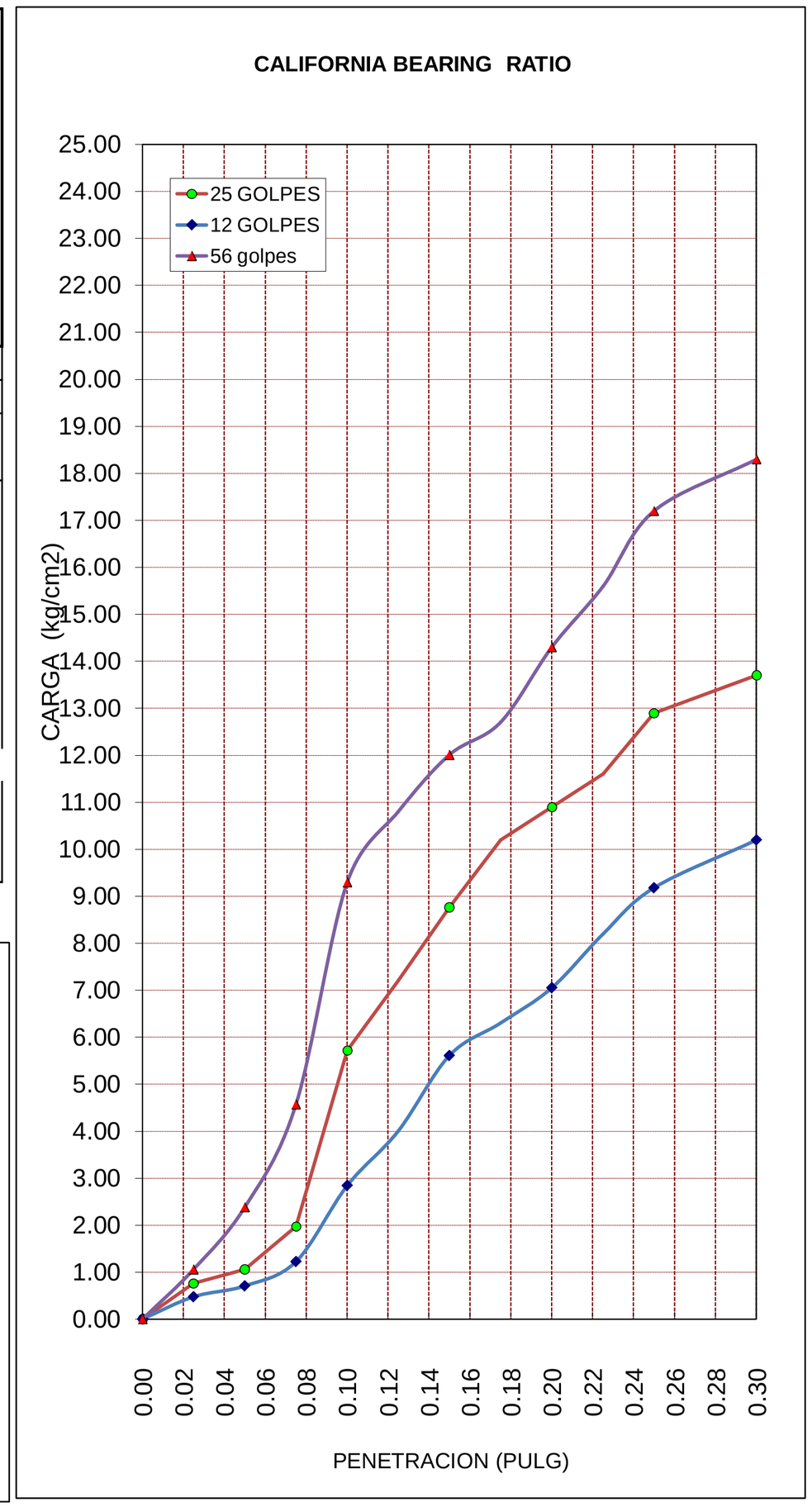
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 05 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,642N ; 536,7843E),**
		CARRIL DERECHO (C.2), PROG: Km. 2 + 500, PROF: 0.50 - 1.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		5	0.48			10	0.77			15	1.05		
0.050		9	0.71			15	1.05			38	2.38		
0.075		18	1.23			31	1.98			76	4.57		
0.100	70.31	46	2.84	4.62	**6.57**	96	5.72	8.54	**12.14**	158	9.30	10.69	**15.21**
0.125													
0.150		94	5.61			114	8.76			205	12.01		
0.175													
0.200	105.46	119	7.05	9.48	**8.99**	190	10.90	10.10	**13.50**	212	14.30	14.60	**16.20**
0.225													
0.250		156	9.18			298	12.90			396	17.20		
0.300		209	10.20			331	13.70			419	18.30		

DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.25	8.34	8.85
Peso del molde (gr)		6,687.00	7,761.00	7,229.00
P. molde + suelo hum. (gr)		10,936.00	12,214.00	11,744.00
Volumen del molde (cm3)		2,104.00	2,139.00	2,104.00
Densidad hum. (gr/cm3)		2.02	2.08	2.15
Densidad seca (gr/cm3)		1.87	1.92	1.97
C.B.R. a 0.1"		**6.57**	**12.14**	**15.21**
C.B.R. a 0.2"		**8.99**	**13.50**	**16.20**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**15.2**	0.2":	**16.2**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**7.0**	0.2":	**9.8**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**1.97** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**9.30** %		





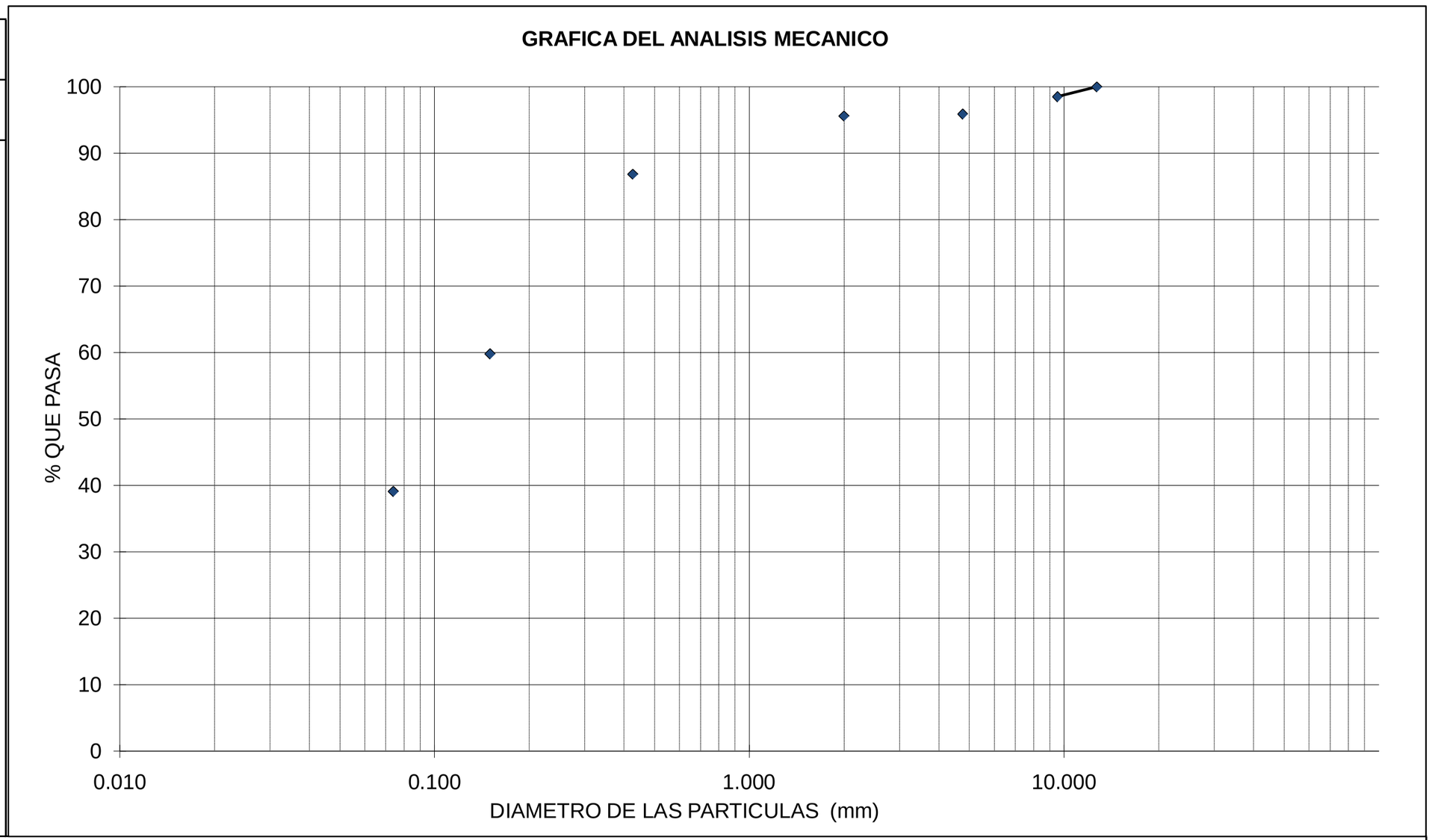
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D-422 / AASTHO T-27 y T-88

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**ESTUDIO DEL AHUELLAMIENTO EN LA CARRETERA IIRSA NORTE,**
		TRAMO 6, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**TRAMO (PIURA - PAITA.), DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.55 - 1.50 m.
FECHA	:	**PIURA, DICIEMBRE DEL 2010.**

TAMIZ			
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA
5" n.n	127.060		
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		100.00
3/8"	9.520	1.50	98.50
1/4"	6.500		
Nº4	4.760	2.60	95.90
" 8	2.380		
" 10	2.000	0.27	95.63
" 16	1.190		
" 20	0.840		
" 30	0.590		
" 40	0.426	8.76	86.87
" 50	0.297		
" 70	0.212		
" 100	0.150	27.09	59.78
" 140	0.106		
" 170	0.089		
" 200	0.074	20.66	39.12
- 200		39.13	



GRAVAS	**4.10**	**OBSERVACIONES**		
ARENAS	**56.80**	**ARENA LIMO ARCILLOSA**	**L.L.**	**22.34 %**
LIMOS - ARCILLAS	**39.10**	**SUCS** **SC-SM**	**L.P.**	**15.64 %**
		CLASIFICACION AASHTO - GRUP(A-4	**I.P**	**6.70 %**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

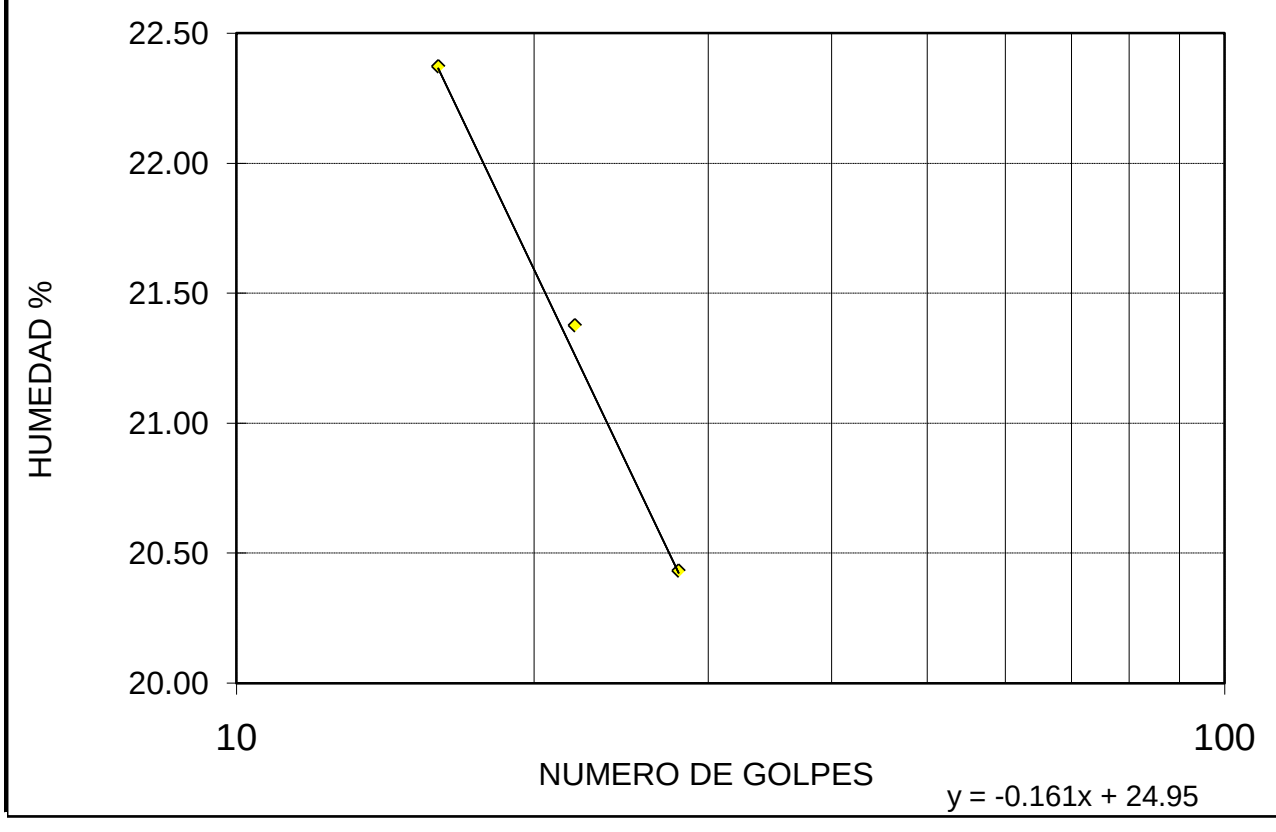
SOLICITA	**:**	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	**:**	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	**:**	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.55 - 1.50 m.
FECHA	**:**	**DICIEMBRE DEL 2010.**

1.-LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
16	3A	41.49	36.38	5.11	13.54	22.84	22.37
22	1B	41.90	36.87	5.03	13.34	23.53	21.38
28	2C	39.69	35.26	4.43	13.58	21.68	20.43

2.- LIMITE PLASTICO

CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO
198	26.70	23.85	2.85	6.94	16.91	16.85	%
250	32.69	30.07	2.62	14.30	15.77	16.61	16.73



L.L. = 20.85

IP = 4.12

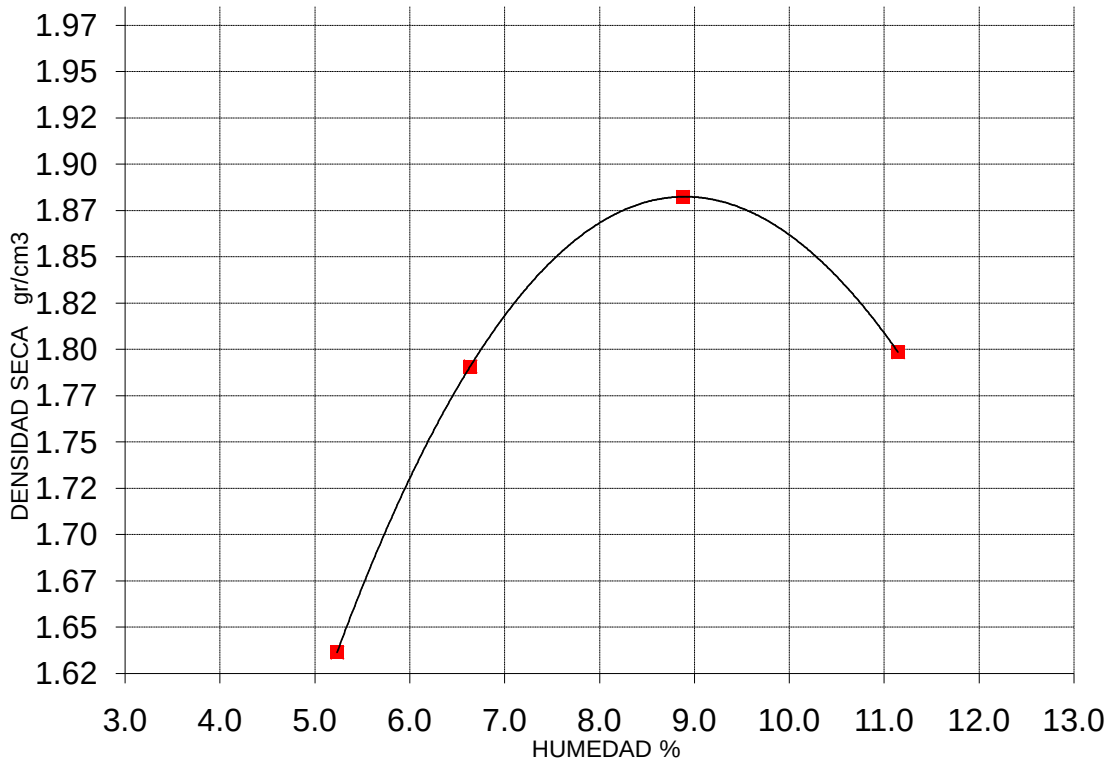
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

SOLICITA	:	**BCR.ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6: PIURA - PAITA, SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.55 - 1.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

DENSIDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	5845.0	6019.0	6149.0	6102.0	
2- Peso Molde	gr.	4250.0	4250.0	4250.0	4250.0	
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	1595.0	1769.0	1899.0	1852.0	
4- Volumen Molde	cm^3	929.0	929.0	929.0	929.0	
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm^3	1.717	1.904	2.044	1.994	
HUMEDAD	UNIDADES	**1**	**2**	**3**	**4**	
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	516.80	503.10	506.60	503.70	
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	491.10	471.80	465.30	453.20	
8- Peso Tara	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	
9- Peso Agua (6-7)	gr.	25.70	31.30	41.30	50.50	
10-Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	491.10	471.80	465.30	453.20	
11-Humedad % (9/10)x100	%	5.23	6.63	8.88	11.14	
12-Densidad Seca :	gr/cm^3	1.63	1.79	1.88	1.79	



Nº CAPAS	**5**
PESO MARTILLO	**10 lb**
ALTURA DE CAIDA	**18 Pulg.**
Nº GOLPES x CAPA	**56**

DENSIDAD MAXIMA SECA

1.88 Gr/cm^3

HUMEDAD OPTIMA

8.90 %

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

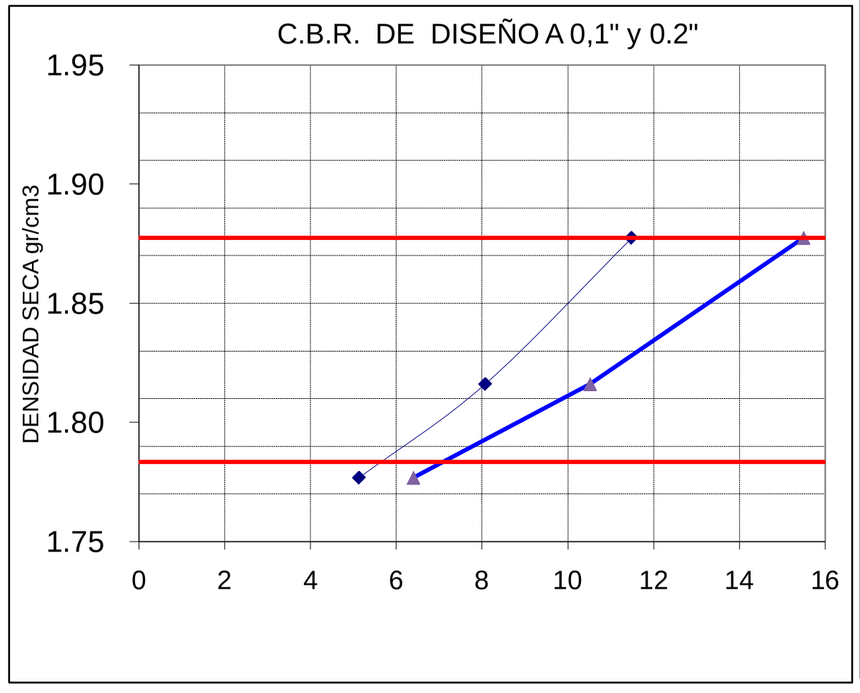
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

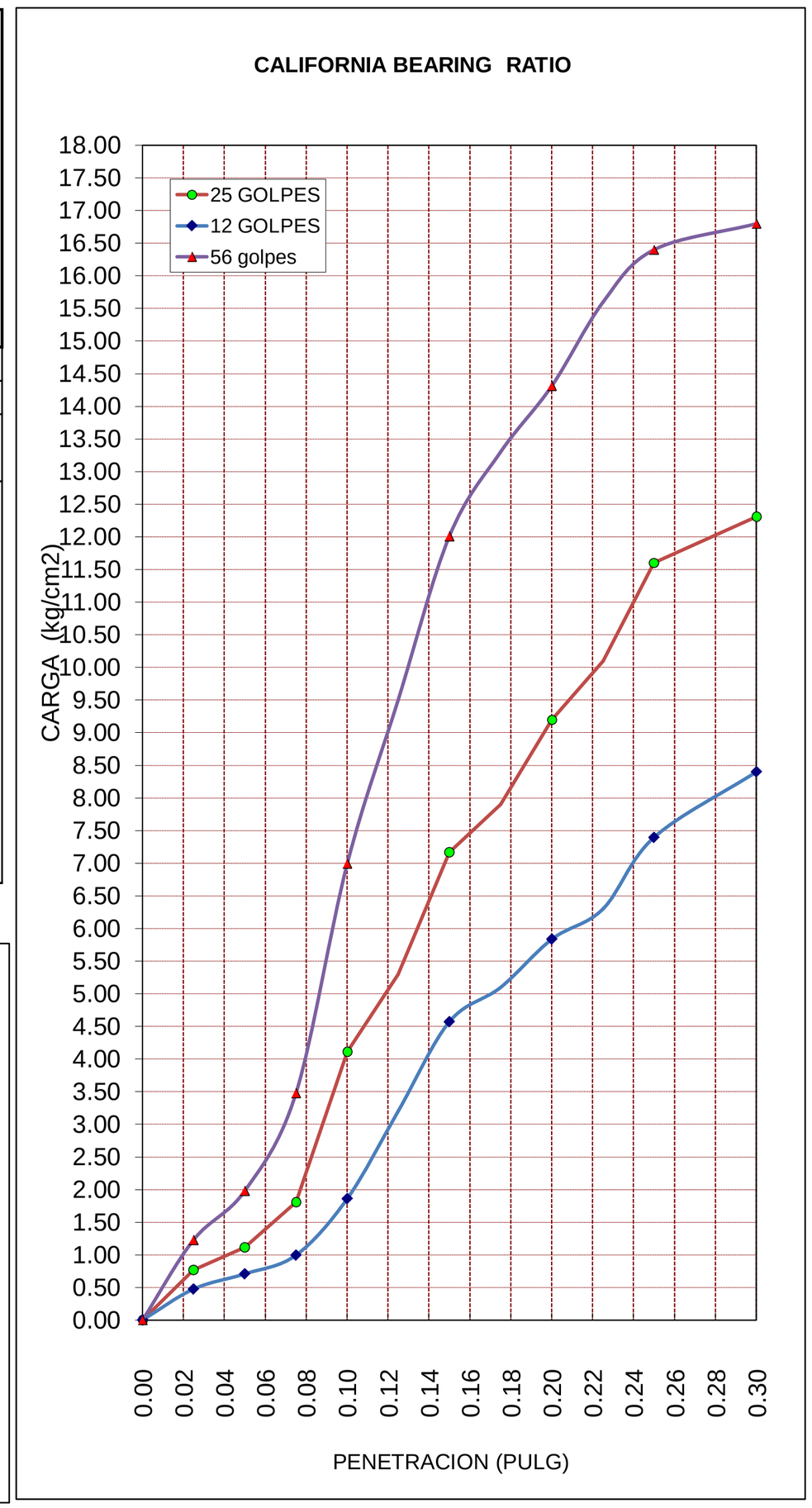
SOLICITA	:	**BCR. ING. CIVIL. GIOMAR ERICK ROMERO ROJAS**
PROYECTO	:	**CARRETERA IIRSA NORTE**
		TRAMO 6 (PIURA - PAITA), SECTOR ÓVALO CÁCERES - DESVIO A SULLANA.
UBICACIÓN	:	**DEPARTAMENTO DE PIURA.**
MUESTRA		**CALICATA # 10 / MUESTRA 03 (SUB RASANTE); UTM (9'427,068N ; 538,415E)**
		CARRIL IZQUIERDO (C.1), PROG: Km. 4 + 240, PROF: 0.55 - 1.50 m.
FECHA	:	**DICIEMBRE DEL 2010.**

		MOLDE No 1 12 GOLPES				MOLDE No 2 25 GOLPES				MOLDE No 3 56 GOLPES			
		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido	
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	Carga	C.B.R
pulg	Kg/cm2	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%	Cuadrante	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		5	0.48			10	0.77			18	1.23		
0.050		9	0.71			16	1.11			31	1.98		
0.075		14	1.00			28	1.80			57	3.48		
0.100	70.31	29	1.86	3.61	**5.13**	68	4.11	5.68	**8.08**	118	6.99	8.08	**11.49**
0.125													
0.150		76	4.57			121	7.16			205	12.01		
0.175													
0.200	105.46	98	5.84	5.70	**6.40**	148	9.20	11.10	**10.52**	245	14.31	16.34	**15.49**
0.225													
0.250		125	7.40			198	11.60			301	16.40		
0.300		198	8.40			231	12.31			369	16.80		

DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO

numero de Golpes por capa		12	25	56
Numero de capas		5	5	5
Humedad (%)		8.01	8.87	8.90
Peso del molde (gr)		7,883.00	7,530.00	7,171.00
P. molde + suelo hum. (gr)		11,969.00	11,712.00	11,567.00
Volumen del molde (cm3)		2,129.00	2,115.00	2,150.00
Densidad hum. (gr/cm3)		1.92	1.98	2.04
Densidad seca (gr/cm3)		1.78	1.82	1.88
C.B.R. a 0.1"		**5.13**	**8.08**	**11.49**
C.B.R. a 0.2"		**6.40**	**10.52**	**15.49**
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	**11.5**	0.2":	**15.5**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	**5.8**	0.2":	**7.0**
DATOS DEL PROCTOR				
DENSIDAD MAXIMA SECA (100%)		**1.88** Gr/cm^3		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)		**8.90** %		





Anexo X

Resultados de Ensayos a muestras asfálticas
Junio 2011

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES NACIONAL - CONSECIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

DENSIDAD INSITU
CARPETA ASFALTICA

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

Obra : **EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE**

Tramo 6 : **Piura - Dv Sulllana**

Material : ASFALTO EN CALIENTE

Km. 1+800 Lado Izquierdo

Técnico :

Fecha : 26-jun-11

N° Ensayo	Progresiva de Extracción	Fecha de Extracción	Carril	Lado	Espesor	Peso de la Briqueta al Aire	Peso de la Briqueta con Superficie Saturada	Peso de la Briqueta al Agua	Volumen de la Briqueta	Peso Unitario	Max Densidad Rice	% Vacios
01	1+800	26-jun-11	Izq		8.00	1429.2	1429.7	849.0	580.7	2.461	2.475	0.6
02	1+800	26-jun-11	Izq		4.00	631.0	631.2	368.7	262.5	2.404	2.459	2.2

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

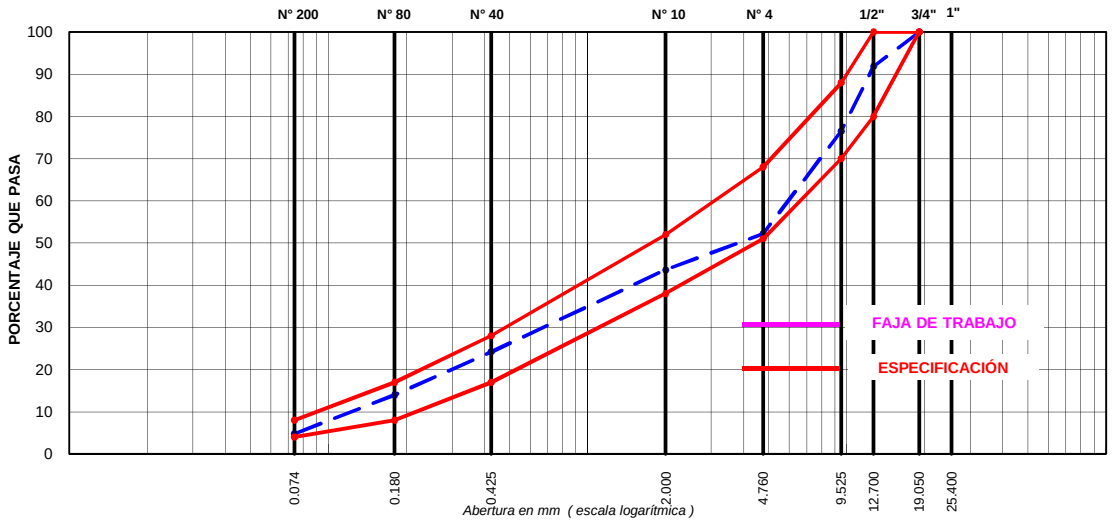
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 1+800 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 04 - Capa 01			

LAVADO N° 01

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1120.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1054.6**	gr
1/2"	12.700	85.6	8.1	8.1	91.9	**80 - 100**			
3/8"	9.525	162.3	15.4	23.5	76.5	**70 - 88**			
N°4	4.760	256.1	24.3	47.8	52.2	**51 - 68**			
N° 10	2.000	90.7	8.6	56.4	43.6	**38 - 52**			
N° 40	0.425	204.6	19.4	75.8	24.2	**17 - 28**			
N° 80	0.180	107.6	10.2	86.0	14.0	**8 - 17**	Peso del asfalto	65.4	gr
N° 200	0.074	97.0	9.2	95.2	4.8	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.84**	%
< 200	-	50.7	4.8	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**0.82**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 1+800 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 04 - Capa 01			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.84				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8044.0				
Volumen del material	cc	606.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.475**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

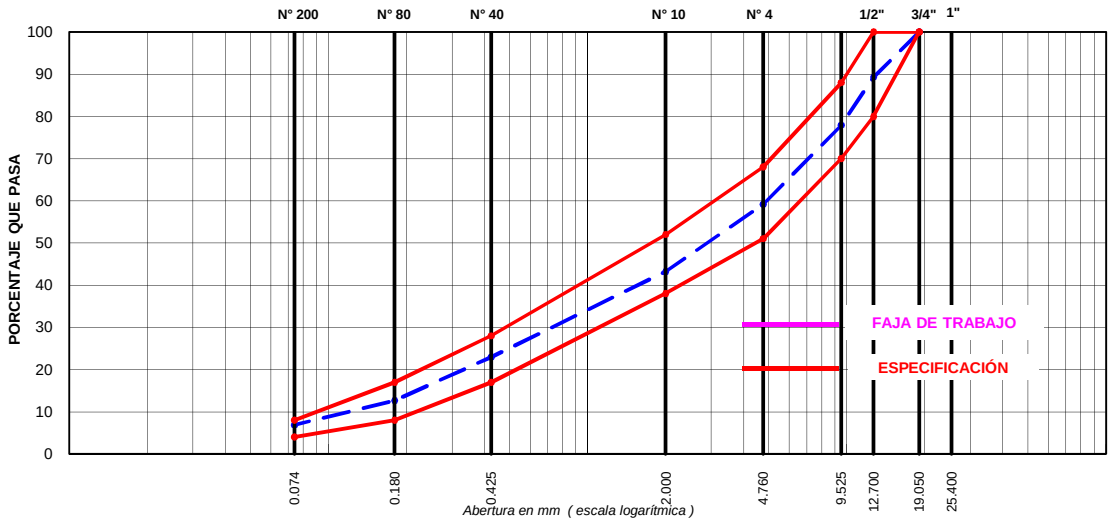
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 1+800 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 04 - Capa 02			

LAVADO N° 02

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1146.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1083.6**	gr
1/2"	12.700	115.6	10.7	10.7	89.3	**80 - 100**			
3/8"	9.525	123.8	11.4	22.1	77.9	**70 - 88**			
N°4	4.760	203.3	18.8	40.9	59.1	**51 - 68**			
N° 10	2.000	172.3	15.9	56.8	43.2	**38 - 52**			
N° 40	0.425	220.0	20.3	77.1	22.9	**17 - 28**			
N° 80	0.180	111.6	10.3	87.4	12.6	**8 - 17**	Peso del asfalto	62.4	gr
N° 200	0.074	62.8	5.8	93.2	6.8	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.45**	%
< 200	-	74.2	6.8	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**1.26**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	***SUPERVISIÓN:***

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 1+800 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 04 - Capa 02			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.45				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8040.0				
Volumen del material	cc	610.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.459**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	**SUPERVISION:**

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES NACIONAL - CONSECIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

DENSIDAD INSITU
CARPETA ASFALTICA

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

Obra : **EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE**

Tramo 6 : **Piura - Dv Sullana**

Material : ASFALTO EN CALIENTE

Km. 2+500 Lado Derecho

Técnico :

Fecha : 23-jun-11

N° Ensayo	Progresiva de Extracción	Fecha de Extracción	Carril	Lado	Espesor	Peso de la Briqueta al Aire	Peso de la Briqueta con Superficie Saturada	Peso de la Briqueta al Agua	Volumen de la Briqueta	Peso Unitario	Max Densidad Rice	% Vacios
01	2+500	26-jun-11	Der		8.50	1348.1	1348.7	799.5	549.2	2.455	2.459	0.2
02	2+500	26-jun-11	Der		4.00	714.0	714.8	422.6	292.2	2.444	2.467	1.0

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

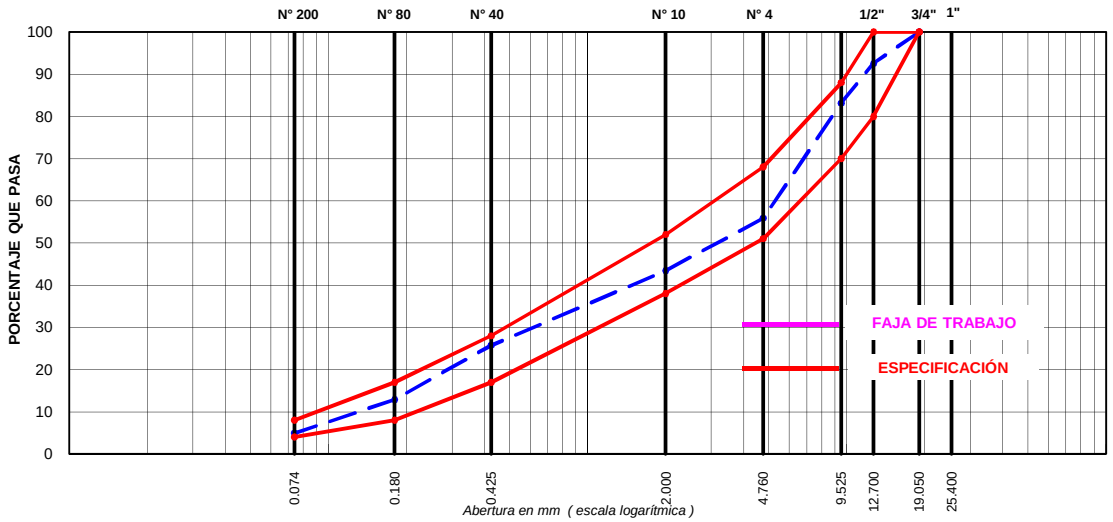
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+500 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 05 - Capa 01			

LAVADO N° 01

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1134.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1073.1**	gr
1/2"	12.700	79.9	7.4	7.4	92.6	**80 - 100**			
3/8"	9.525	100.9	9.4	16.8	83.2	**70 - 88**			
N°4	4.760	292.5	27.3	44.1	55.9	**51 - 68**			
N° 10	2.000	133.7	12.5	56.6	43.4	**38 - 52**			
N° 40	0.425	189.6	17.7	74.2	25.8	**17 - 28**			
N° 80	0.180	138.0	12.9	87.1	12.9	**8 - 17**	Peso del asfalto	60.9	gr
N° 200	0.074	85.4	8.0	95.1	4.9	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.37**	%
< 200	-	53.1	4.9	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**0.92**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+500 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 05 - Capa 01			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.37				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8040.0				
Volumen del material	cc	610.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.459**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

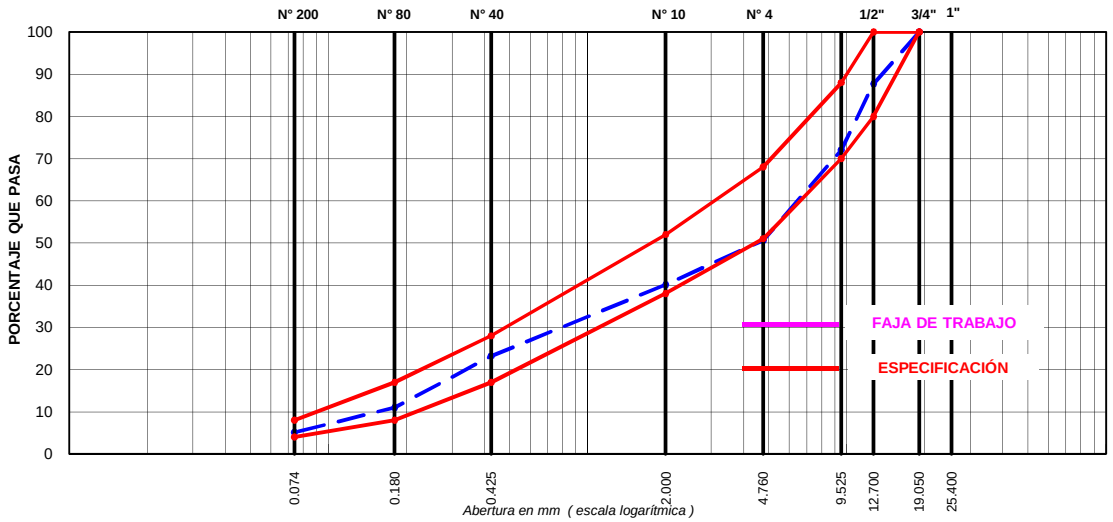
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+500 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 05 - Capa 02			

LAVADO N° 02

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1120.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1062.3**	gr
1/2"	12.700	130.3	12.3	12.3	87.7	**80 - 100**			
3/8"	9.525	166.6	15.7	27.9	72.1	**70 - 88**			
N°4	4.760	228.0	21.5	49.4	50.6	**51 - 68**			
N° 10	2.000	111.4	10.5	59.9	40.1	**38 - 52**			
N° 40	0.425	179.3	16.9	76.8	23.2	**17 - 28**			
N° 80	0.180	129.8	12.2	89.0	11.0	**8 - 17**	Peso del asfalto	57.7	gr
N° 200	0.074	62.4	5.9	94.9	5.1	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.15**	%
< 200	-	54.5	5.1	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**1.00**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFAL	:	Km 2+500 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 05 - Capa 02			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.15				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8042.0				
Volumen del material	cc	608.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.467**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES NACIONAL - CONSECIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

DENSIDAD INSITU
CARPETA ASFALTICA

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

Obra : **EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE**

Tramo 5 : **Piura - Dv Sullana**

Material : ASFALTO EN CALIENTE

Km. 2+900 Lado Izquierdo

Técnico :

Fecha : 23-jun-11

N° Ensayo	Progresiva de Extracción	Fecha de Extracción	Carril	Lado	Espesor	Peso de la Briqueta al Aire	Peso de la Briqueta con Superficie Saturada	Peso de la Briqueta al Agua	Volumen de la Briqueta	Peso Unitario	Max Densidad Rice	% Vacios
01	2+900	26-jun-11	Izq		6.50	986.1	986.8	586.0	400.8	2.460	2.463	0.1
02	2+900	26-jun-11	Izq		4.00	830.6	831.4	481.3	350.1	2.372	2.443	2.9

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

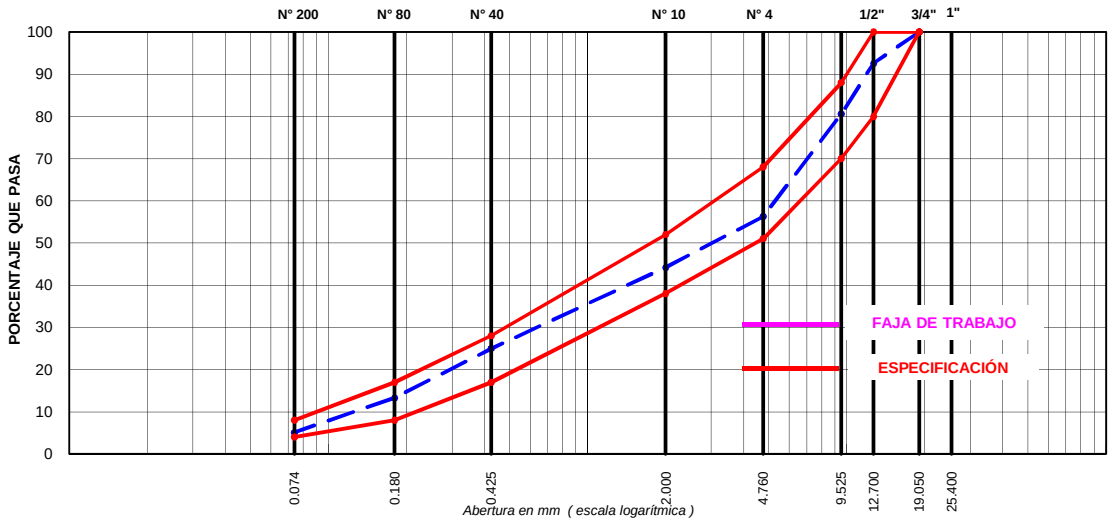
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+900 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 06 - Capa 01			

LAVADO N° 01

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1166.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1095.8**	gr
1/2"	12.700	81.5	7.4	7.4	92.6	**80 - 100**			
3/8"	9.525	131.4	12.0	19.4	80.6	**70 - 88**			
N°4	4.760	266.1	24.3	43.7	56.3	**51 - 68**			
N° 10	2.000	132.6	12.1	55.8	44.2	**38 - 52**			
N° 40	0.425	210.4	19.2	75.0	25.0	**17 - 28**			
N° 80	0.180	128.2	11.7	86.7	13.3	**8 - 17**	Peso del asfalto	70.2	gr
N° 200	0.074	89.9	8.2	94.9	5.1	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**6.02**	%
< 200	-	55.7	5.1	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**0.84**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+900 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 06 - Capa 01			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	6.02				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8041.0				
Volumen del material	cc	609.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.463**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

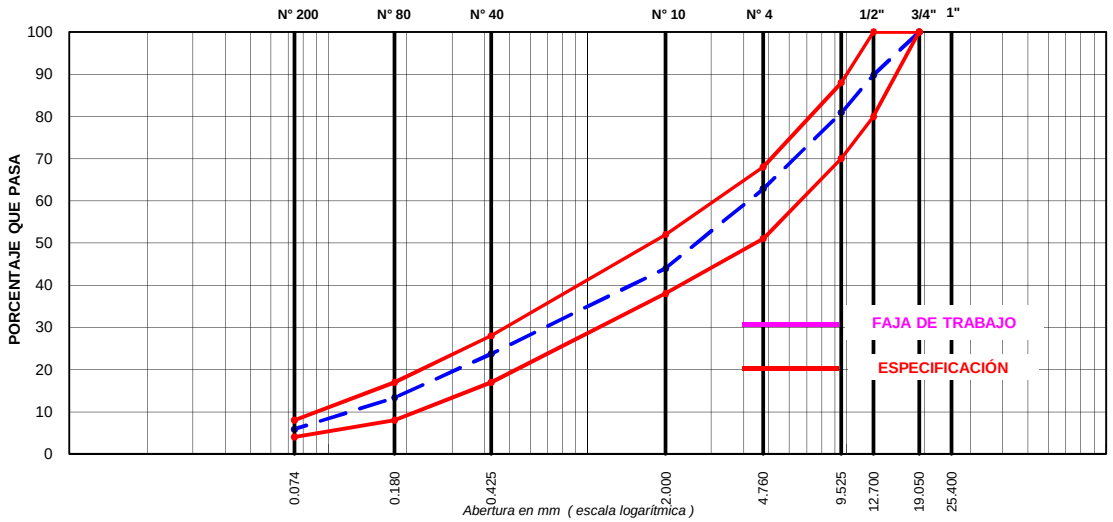
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+900 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 06 - Capa 02			

LAVADO N° 02

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1157.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1096.4**	gr
1/2"	12.700	111.8	10.2	10.2	89.8	**80 - 100**			
3/8"	9.525	97.4	8.9	19.1	80.9	**70 - 88**			
N°4	4.760	198.1	18.1	37.1	62.9	**51 - 68**			
N° 10	2.000	207.2	18.9	56.0	44.0	**38 - 52**			
N° 40	0.425	221.5	20.2	76.2	23.8	**17 - 28**			
N° 80	0.180	114.0	10.4	86.6	13.4	**8 - 17**	Peso del asfalto	60.6	gr
N° 200	0.074	82.2	7.5	94.1	5.9	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.24**	%
< 200	-	64.2	5.9	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**1.12**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 2+900 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 06 - Capa 02			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.24				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8036.0				
Volumen del material	cc	614.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.443**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES NACIONAL - CONSECIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

DENSIDAD INSITU
CARPETA ASFALTICA

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

Obra : **EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE**

Tramo 5 : **Piura - Dv Sullana**

Material : ASFALTO EN CALIENTE

Km. 3+200 Lado Izquierdo

Técnico :

Fecha : 23-jun-11

N° Ensayo	Progresiva de Extracción	Fecha de Extracción	Carril	Lado	Espesor	Peso de la Briqueta al Aire	Peso de la Briqueta con Superficie Saturada	Peso de la Briqueta al Agua	Volumen de la Briqueta	Peso Unitario	Max Densidad Rice	% Vacios
01	3+200	26-jun-11	Derecho		6.50	1225.7	1226.4	726.4	500.0	2.451	2.488	1.5
02	3+200	26-jun-11	Derecho		5.00	867.6	868.2	504.1	364.1	2.383	2.443	2.5

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

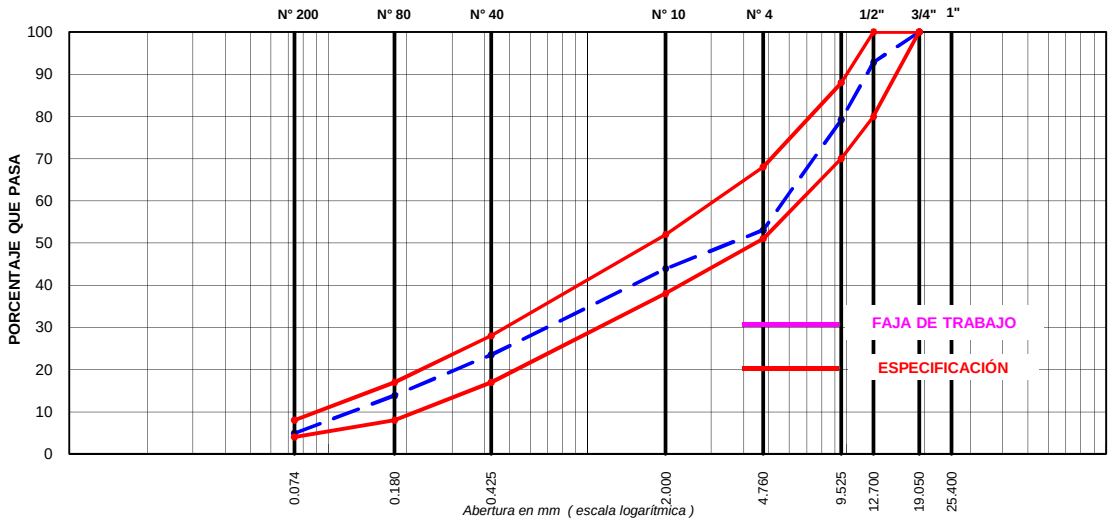
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 3+200 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 07 - Capa 01			

LAVADO N° 01

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1120.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1052.6**	gr
1/2"	12.700	75.8	7.2	7.2	92.8	**80 - 100**			
3/8"	9.525	143.1	13.6	20.8	79.2	**70 - 88**			
N°4	4.760	275.5	26.2	47.0	53.0	**51 - 68**			
N° 10	2.000	95.8	9.1	56.1	43.9	**38 - 52**			
N° 40	0.425	214.7	20.4	76.5	23.5	**17 - 28**			
N° 80	0.180	102.1	9.7	86.2	13.8	**8 - 17**	Peso del asfalto	67.4	gr
N° 200	0.074	93.7	8.9	95.1	4.9	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**6.02**	%
< 200	-	51.9	4.9	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**0.82**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	***SUPERVISIÓN:***

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 3+200 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 07 - Capa 01			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	6.02				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8047.0				
Volumen del material	cc	603.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.488**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	**SUPERVISION:**

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

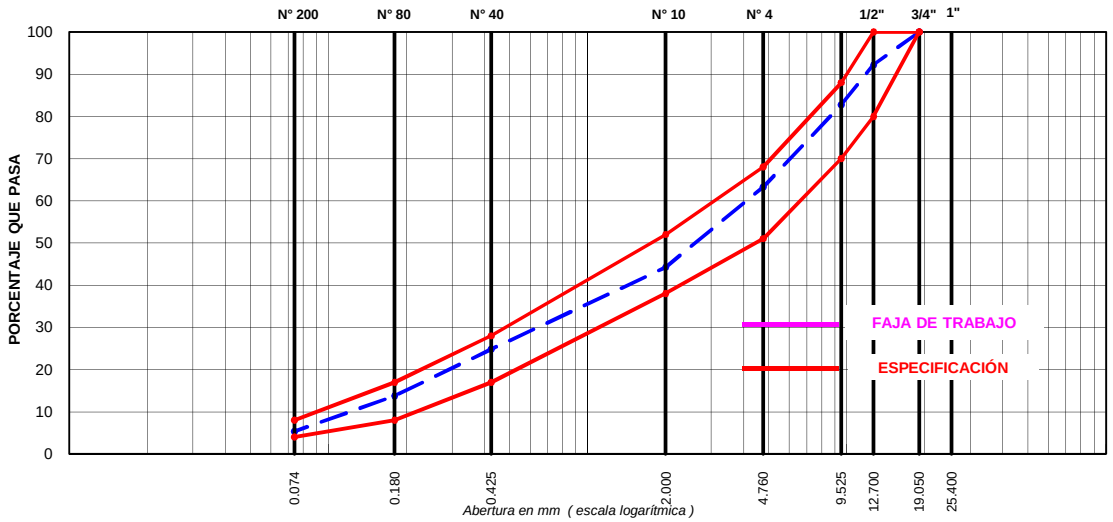
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 3+200 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 07 - Capa 02			

LAVADO N° 02

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1223.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1157.5**	gr
1/2"	12.700	90.0	7.8	7.8	92.2	**80 - 100**			
3/8"	9.525	109.7	9.5	17.3	82.7	**70 - 88**			
N°4	4.760	225.7	19.5	36.8	63.2	**51 - 68**			
N° 10	2.000	219.9	19.0	55.7	44.3	**38 - 52**			
N° 40	0.425	224.6	19.4	75.2	24.8	**17 - 28**			
N° 80	0.180	128.5	11.1	86.3	13.7	**8 - 17**	Peso del asfalto	65.5	gr
N° 200	0.074	97.2	8.4	94.7	5.3	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.36**	%
< 200	-	61.9	5.3	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**1.00**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 3+200 Lado Derecho			
MUESTRA	:	Muestra 07 - Capa 02			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.36				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8036.0				
Volumen del material	cc	614.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.443**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES NACIONAL - CONSECIONES

CONCESIONARIA IIRSA NORTE

DENSIDAD INSITU
CARPETA ASFALTICA

MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PROVÍAS NACIONAL

Obra : **EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE**

Tramo 5 : **Piura - Dv Sullana**

Material : ASFALTO EN CALIENTE

Km. 4+240 Lado Izquierdo

Técnico :

Fecha : 23-jun-11

N° Ensayo	Progresiva de Extracción	Fecha de Extracción	Carril	Lado	Espesor	Peso de la Briqueta al Aire	Peso de la Briqueta con Superficie Saturada	Peso de la Briqueta al Agua	Volumen de la Briqueta	Peso Unitario	Max Densidad Rice	% Vacios
01	4+240	26-jun-11	Izq		7.00	1420.0	1420.5	844.4	576.1	2.465	2.475	0.4
02	4+240	26-jun-11	Izq		3.50	468.4	468.7	274.5	194.2	2.412	2.451	1.6

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

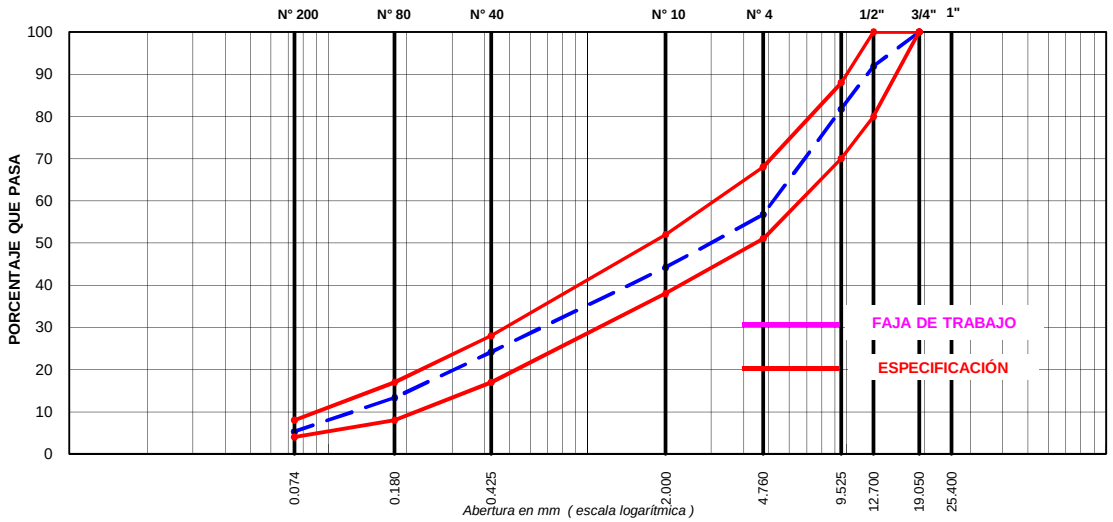
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 4+240 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 10 - Capa 01			

LAVADO N° 01

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1115.2**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1054.1**	gr
1/2"	12.700	85.4	8.1	8.1	91.9	**80 - 100**			
3/8"	9.525	107.5	10.2	18.3	81.7	**70 - 88**			
N°4	4.760	263.5	25.0	43.3	56.7	**51 - 68**			
N° 10	2.000	131.8	12.5	55.8	44.2	**38 - 52**			
N° 40	0.425	210.8	20.0	75.8	24.2	**17 - 28**			
N° 80	0.180	114.9	10.9	86.7	13.3	**8 - 17**	Peso del asfalto	61.1	gr
N° 200	0.074	84.3	8.0	94.7	5.3	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.48**	%
< 200	-	55.9	5.3	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**0.97**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	*SUPERVISIÓN:*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 4+240 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 10 - Capa 01			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.48				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8044.0				
Volumen del material	cc	606.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.475**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	SUPERVISION:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

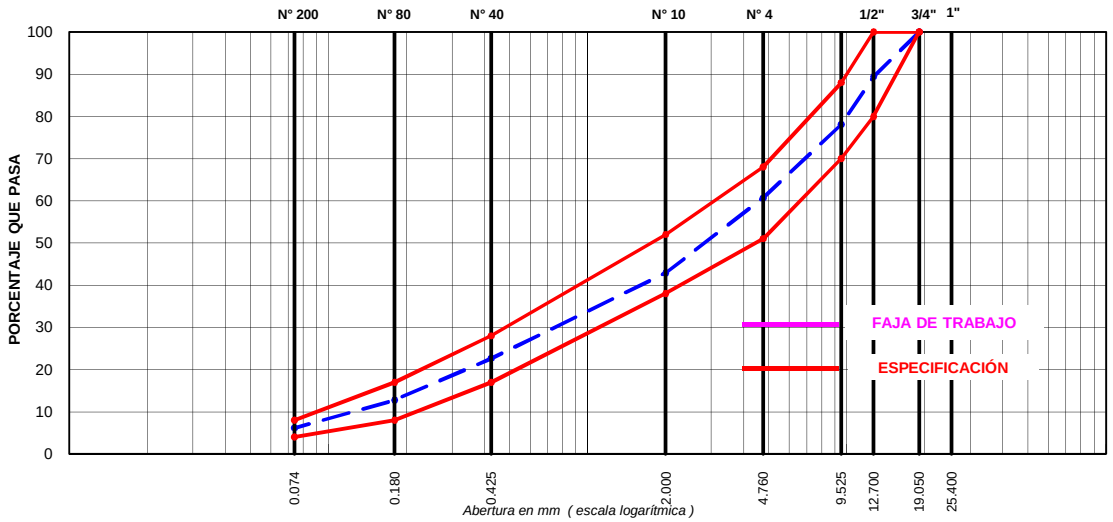
MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**ING° RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/2011
PROCEDENC.	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 4+240 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 10 - Capa 02			

LAVADO N° 02

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	MAC - 2	**TAMAÑO MÁXIMO**	**3/4"**	
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:30 a.m.	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	**1095.0**	gr
3/4"	19.050				100.0	**100**	Peso de material lavado	**1040.3**	gr
1/2"	12.700	110.0	10.6	10.6	89.4	**80 - 100**			
3/8"	9.525	117.7	11.3	21.9	78.1	**70 - 88**			
N°4	4.760	181.4	17.4	39.3	60.7	**51 - 68**			
N° 10	2.000	185.2	17.8	57.1	42.9	**38 - 52**			
N° 40	0.425	210.1	20.2	77.3	22.7	**17 - 28**			
N° 80	0.180	103.0	9.9	87.2	12.8	**8 - 17**	Peso del asfalto	54.7	gr
N° 200	0.074	68.7	6.6	93.8	6.2	**4 - 8**	**Contenido de asfalto**	**5.00**	%
< 200	-	64.2	6.2	100.0			**Relación Polvo - Asfalto**	**1.24**	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



OBSERVACIONES:

CONTRATISTA:	***SUPERVISIÓN:***

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - CONCESIONES

IIRSA NORTE

MTC
PROVÍAS NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	Eje Multimodal Amazonas Norte	**INGº RESP.**	:	R.B.B.
TRAMO	:	Piura - Dv. Sullana	**TECNICO**	:	S.CH.G.
MATERIAL	:	**Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 60/70**	**FECHA**	:	23/06/11
PROCEDENCIA	:				
TRAMO ASFALT	:	Km 4+240 Lado Izquierdo			
MUESTRA	:	Muestra 10 - Capa 02			

MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.00				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7150.0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8650.0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8038.0				
Volumen del material	cc	612.0				
Peso Específico Máximo	gr/cc	**2.451**				
Temperatura de ensayo	ºC	25				

Observaciones:

CONTRATISTA:	**SUPERVISION:**

Anexo XI

Resultados de Método de Observador Móvil

VALORES OBTENIDOS DEL MÉTODO DEL OBSERVADOR MÓVIL
TRAMO AV. CHULUCANAS - DV. SULLANA (SENTIDO IDA)

		Velocidad media de viaje	t_{favor}	t_{contra}	x	y_1	y_2	q	t^-	v	k	h	s
		Km/h	*[s]*	*[s]*	*[und]*	*[und]*	*[und]*	*[und/h]*	*[s]*	*[km/h]*	*[und/km]*	*[s/und]*	*[m/und]*
14	3º	31.64	221.00	355.00	59.75	0.00	0.00	373.44	221.00	50.53	7.39	9.64	135.31
14	5º	44.93	216.00	250.00	65.00	0.00	2.50	482.83	234.64	47.59	10.15	7.46	98.57
14	4º	50.82	216.00	221.00	76.25	1.00	8.25	568.42	261.92	42.64	13.33	6.33	75.01
14	2º	42.87	230.00	262.00	78.50	1.00	6.75	532.32	268.89	41.53	12.82	6.76	78.02
14	5º	43.03	240.00	261.00	72.50	4.50	12.75	461.68	304.33	36.69	12.58	7.80	79.48
14	4º	48.83	262.00	230.00	75.25	0.00	6.25	504.88	306.57	36.43	13.86	7.13	72.15
14	1º	44.57	252.00	252.00	83.00	0.00	8.50	532.14	309.50	36.08	14.75	6.77	67.80
14	2º	34.99	304.00	321.00	108.50	3.50	6.50	607.68	321.77	34.71	17.51	5.92	57.11
14	2º	45.84	328.00	245.00	81.75	1.00	6.00	482.20	365.33	30.57	15.77	7.47	63.39
14	1º	40.70	357.00	276.00	106.75	3.75	13.00	554.50	417.05	26.78	20.71	6.49	48.29
15	6º	38.60	224.00	291.00	58.00	1.00	0.00	412.43	215.27	51.88	7.95	8.73	125.78
15	1º	43.53	266.00	258.00	76.25	3.75	4.75	516.98	272.96	40.91	12.64	6.96	79.13
15	3º	45.47	261.00	247.00	76.75	0.00	4.25	513.78	290.78	38.40	13.38	7.01	74.75
15	1º	42.87	247.00	262.00	93.75	0.00	9.75	594.11	306.08	36.48	16.28	6.06	61.41
15	3º	49.26	293.00	228.00	87.25	0.00	4.50	571.79	321.33	34.75	16.45	6.30	60.78
15	4º	43.03	326.00	261.00	96.50	1.25	3.50	578.02	340.01	32.84	17.60	6.23	56.82
15	4º	40.99	328.00	274.00	101.00	5.50	9.00	583.06	349.61	31.94	18.25	6.17	54.78
15	2º	53.49	290.00	210.00	78.75	0.00	10.75	489.60	369.04	30.26	16.18	7.35	61.81
16	6º	46.03	215.00	244.00	65.25	1.00	3.25	494.12	231.39	48.26	10.24	7.29	97.67
16	4º	46.61	243.00	241.00	63.00	5.75	6.00	466.74	244.93	45.59	10.24	7.71	97.69
16	2º	45.29	260.00	248.00	79.25	1.25	5.25	533.27	287.00	38.91	13.71	6.75	72.96
16	1º	39.83	223.00	282.00	93.50	1.25	14.50	572.08	306.38	36.45	15.70	6.29	63.71
16	1º	42.87	298.00	262.00	104.25	0.00	3.25	649.29	316.02	35.34	18.37	5.54	54.42
16	2º	44.40	269.00	253.00	81.25	1.00	9.50	501.72	329.99	33.84	14.83	7.18	67.45
16	4º	36.83	325.00	305.00	114.75	4.25	9.25	627.14	353.70	31.57	19.86	5.74	50.34
16	3º	56.44	301.00	199.00	88.00	0.00	8.75	570.60	356.21	31.35	18.20	6.31	54.94
16	5º	43.53	340.00	258.00	112.75	0.00	9.00	624.58	391.87	28.50	21.92	5.76	45.63
17	6º	40.11	271.00	280.00	76.00	4.50	5.25	491.65	276.49	40.39	12.17	7.32	82.15
17	3º	47.80	255.00	235.00	80.50	0.00	5.00	554.69	287.45	38.85	14.28	6.49	70.04
17	5º	41.60	270.00	270.00	80.25	1.25	7.75	491.67	317.59	35.16	13.98	7.32	71.52
17	3º	47.80	265.00	235.00	85.75	0.00	8.25	558.00	318.23	35.09	15.90	6.45	62.89
17	2º	45.84	263.00	245.00	77.25	1.25	10.25	483.66	329.99	33.84	14.29	7.44	69.97
17	3º	44.22	271.00	254.00	85.25	1.25	11.00	517.71	338.80	32.96	15.71	6.95	63.67
17	1º	42.55	290.00	264.00	85.75	4.50	12.50	505.23	347.00	32.18	15.70	7.13	63.70
17	4º	46.22	319.00	243.00	105.75	0.00	7.00	632.56	358.84	31.12	20.33	5.69	49.20
17	4º	43.03	342.00	261.00	91.50	1.00	6.25	514.93	378.70	29.49	17.46	6.99	57.27
18	3º	49.92	227.00	225.00	73.75	2.50	6.25	557.52	251.21	44.45	12.54	6.46	79.73
18	1º	58.20	233.00	193.00	80.00	0.00	6.50	621.13	270.67	41.26	15.06	5.80	66.42
18	5º	51.05	244.00	220.00	79.75	0.00	5.75	574.14	280.05	39.88	14.40	6.27	69.45
18	6º	48.62	227.00	231.00	74.75	1.25	9.50	522.71	283.82	39.35	13.28	6.89	75.27
18	5º	42.38	255.00	265.00	73.25	1.25	7.50	463.85	303.51	36.79	12.61	7.76	79.32
18	6º	36.95	289.00	304.00	81.75	2.00	5.75	473.52	317.51	35.17	13.46	7.60	74.28
18	4º	39.55	250.00	284.00	95.25	1.00	13.50	557.87	330.66	33.77	16.52	6.45	60.54
18	2º	48.21	282.00	233.00	88.25	1.25	10.00	555.73	338.68	32.97	16.85	6.48	59.33
18	1º	47.39	304.00	237.00	75.75	3.25	8.75	467.47	346.36	32.24	14.50	7.70	68.97
18	2º	50.14	302.00	224.00	85.00	2.50	10.75	525.29	358.54	31.15	16.87	6.85	59.29
18	4º	47.00	300.00	239.00	98.50	4.75	14.75	591.09	360.90	30.94	19.10	6.09	52.35
18	4º	40.99	333.00	274.00	94.75	0.00	6.00	526.36	374.04	29.86	17.63	6.84	56.72
19	5º	57.31	201.00	196.00	42.75	0.00	4.25	349.12	244.82	45.61	7.65	10.31	130.65
19	3º	51.52	216.00	218.00	62.25	0.00	4.50	479.03	249.82	44.70	10.72	7.52	93.32
19	2º	45.47	193.00	247.00	55.00	2.25	8.75	396.82	251.97	44.32	8.95	9.07	111.69
19	2º	56.16	222.00	200.00	57.50	1.00	5.00	456.40	253.55	44.04	10.36	7.89	96.50
19	5º	58.50	201.00	192.00	47.00	0.00	6.00	375.57	258.51	43.20	8.69	9.59	115.02
19	1º	55.60	244.00	202.00	55.25	0.00	2.25	427.80	262.93	42.47	10.07	8.42	99.28
19	4º	54.00	238.00	208.00	63.75	0.00	3.50	486.32	263.91	42.31	11.49	7.40	87.01
19	5º	52.49	228.00	214.00	68.00	0.00	9.50	476.47	299.78	37.25	12.79	7.56	78.18
20	4º	46.22	271.00	243.00	63.00	4.50	2.50	455.25	255.18	43.76	10.40	7.91	96.13
20	5º	41.45	255.00	271.00	80.50	1.00	3.50	533.84	271.86	41.08	13.00	6.74	76.95
20	1º	43.53	254.00	258.00	80.00	4.75	9.75	527.34	288.13	38.76	13.61	6.83	73.49
20	5º	44.93	265.00	250.00	74.00	0.00	4.00	489.32	294.43	37.93	12.90	7.36	77.51
20	4º	46.03	285.00	244.00	77.75	1.00	3.75	510.40	304.40	36.69	13.91	7.05	71.88
20	4º	44.75	258.00	251.00	88.50	2.50	10.00	572.89	305.13	36.60	15.65	6.28	63.88
20	2º	44.57	273.00	252.00	83.50	0.00	5.75	533.14	311.83	35.81	14.89	6.75	67.17
20	1º	47.59	319.00	236.00	92.75	0.00	5.75	564.32	355.68	31.40	17.97	6.38	55.64
20	1º	54.26	327.00	207.00	75.75	0.00	6.00	470.22	372.94	29.94	15.70	7.66	63.68
20	6º	46.22	371.00	243.00	84.75	1.00	2.50	488.11	382.06	29.23	16.70	7.38	59.88
20	2º	46.41	360.00	242.00	107.75	1.00	5.00	620.43	383.21	29.14	21.29	5.80	46.97
20	5º	48.00	352.00	234.00	98.75	0.00	6.25	568.26	391.59	28.52	19.93	6.34	50.18
20	6º	32.94	416.00	341.00	118.75	4.25	4.50	563.54	417.60	26.74	21.07	6.39	47.45
Promedio Velocidad media de viaje (km/h)		**45.87**											

Longitud de tramo 3.12 KM

VALORES OBTENIDOS DEL MÉTODO DEL OBSERVADOR MÓVIL
TRAMO AV. CHULUCANAS - DV. SULLANA (SENTIDO REGRESO)

		Velocidad media de viaje	t_{favor}	t_{contra}	x	y_1	y_2	q	t^-	v	k	h	s
		Km/h	*[s]*	*[s]*	*[und]*	*[und]*	*[und]*	*[und/h]*	*[s]*	*[km/h]*	*[und/km]*	*[s/und]*	*[m/und]*
14	12º	44.749004	202.00	251.00	49.75	6.00	2.00	427.15	168.29	66.36	6.44	8.43	155.35
16	9º	37.315615	199.0	301.0	62.5	7.5	5.3	466.2	181.6	61.5	7.6	7.7	131.9
19	12º	48	190.00	234.00	49.25	2.00	2.50	413.92	194.35	57.46	7.20	8.70	138.82
17	8º	28.08	224.00	400.00	71.75	8.50	6.00	428.37	202.99	55.01	7.79	8.40	128.43
15	10º	46.8	197.0	240.0	34.3	4.3	6.8	261.6	231.4	48.3	5.4	13.8	184.5
19	12º	51.054545	186.00	220.00	46.75	0.00	4.75	372.41	231.92	48.15	7.73	9.67	129.30
15	10º	34.453988	261.0	326.0	71.0	4.5	1.3	455.4	235.3	47.5	9.6	7.9	104.2
18	8º	59.115789	195.00	190.00	52.50	1.25	6.25	444.16	235.53	47.41	9.37	8.11	106.75
15	8º	40.992701	261.0	274.0	41.3	7.0	5.0	291.0	236.3	47.3	6.2	12.4	162.4
14	10º	52	221.00	216.00	62.00	4.50	6.75	492.22	237.46	47.03	10.47	7.31	95.54
15	11º	42.384906	252.0	265.0	39.8	3.5	2.5	283.8	239.3	46.7	6.1	12.7	164.5
19	11º	55.880597	196.00	201.00	43.50	4.25	9.00	351.39	244.66	45.64	7.70	10.25	129.89
16	12º	49.048035	229.0	229.0	63.0	2.3	5.5	469.7	253.9	44.0	10.7	7.7	93.6
16	11º	40.402878	215.0	278.0	69.0	2.0	7.8	461.9	259.8	43.0	10.7	7.8	93.1
16	10º	34.56	305.0	325.0	73.3	11.0	5.5	450.0	261.0	42.8	10.5	8.0	95.1
19	12º	49.92	215.00	225.00	48.50	0.00	5.00	355.91	265.57	42.05	8.46	10.11	118.15
17	12º	32.462428	244.00	346.00	86.75	2.50	5.75	509.49	266.96	41.83	12.18	7.07	82.10
16	11º	33.035294	258.0	340.0	81.8	2.5	3.8	484.6	267.3	41.8	11.6	7.4	86.2
14	11º	46.8	261.00	240.00	66.00	4.00	5.50	463.47	272.65	40.96	11.32	7.77	88.37
15	12º	50.367713	251.00	223.00	64.50	1.25	4.50	465.19	276.15	40.44	11.50	7.74	86.93
19	9º	60.713514	209.00	185.00	59.50	0.00	8.75	463.71	276.93	40.32	11.50	7.76	86.96
14	8º	48.834783	262.00	230.00	65.50	3.25	5.25	464.63	277.50	40.24	11.55	7.75	86.61
15	8º	38.731034	210.00	290.00	68.75	2.00	10.25	435.60	278.18	40.14	10.85	8.26	92.16
18	10º	37.44	239.00	300.00	84.25	3.25	9.00	524.30	278.48	40.10	13.07	6.87	76.48
16	10º	46.222222	241.0	243.0	71.5	0.0	6.0	487.2	285.3	39.1	12.4	7.4	80.3
16	8º	41.754647	253.0	269.0	70.8	5.3	9.5	458.6	286.4	39.0	11.8	7.8	85.0
15	11º	38.597938	301.0	291.0	80.8	3.0	1.3	501.7	288.4	38.7	13.0	7.2	77.2
20	10º	41.446494	243.00	271.00	74.50	1.00	7.50	476.26	292.13	38.23	12.46	7.56	80.26
17	7º	38.731034	264.00	290.00	61.75	2.00	5.00	381.77	292.29	38.21	9.99	9.43	100.08
19	8º	50.594595	200.00	222.00	53.75	0.00	9.75	375.36	293.51	38.05	9.87	9.59	101.36
15	9º	38.334471	228.0	293.0	67.8	0.0	7.8	414.6	295.3	37.8	11.0	8.7	91.2
15	7º	68.907975	306.0	163.0	44.8	5.8	4.8	351.2	295.7	37.8	9.3	10.3	107.5
15	10º	34.243902	274.00	328.00	82.00	2.00	5.25	470.93	298.84	37.37	12.60	7.64	79.35
20	10º	39.410526	244.00	285.00	84.25	0.00	8.25	517.20	301.42	37.05	13.96	6.96	71.63
14	9º	39.689046	265.00	283.00	74.00	0.00	4.75	454.93	302.59	36.91	12.33	7.91	81.12
14	11º	52	250.00	216.00	55.75	0.00	6.00	384.33	306.20	36.47	10.54	9.37	94.89
17	7º	50.367713	228.00	223.00	58.50	0.00	8.75	397.12	307.32	36.34	10.93	9.07	91.50
14	7º	44.571429	252.00	252.00	73.50	1.00	8.75	469.64	311.41	35.86	13.10	7.67	76.36
15	8º	48.206009	220.0	233.0	79.3	0.0	13.5	522.5	313.0	35.7	14.6	6.9	68.3
17	11º	41.6	270.00	270.00	81.50	3.50	10.75	495.00	322.73	34.60	14.31	7.27	69.90
15	9º	43.034483	247.00	261.00	57.75	1.25	8.75	356.10	322.82	34.59	10.29	10.11	97.14
14	7º	40.402878	308.00	278.00	74.75	2.00	4.00	446.93	324.11	34.45	12.97	8.05	77.09
17	11º	47.59322	273.00	236.00	79.00	1.00	8.50	505.70	326.39	34.21	14.78	7.12	67.66
20	7º	44.220472	258.00	254.00	84.25	2.00	12.00	522.07	326.96	34.16	15.29	6.90	65.42
18	10º	44.928	284.00	250.00	67.50	1.00	7.00	414.61	336.10	33.23	12.48	8.68	80.14
14	12º	49.480176	258.00	227.00	67.75	0.00	9.50	432.37	337.10	33.13	13.05	8.33	76.62
17	9º	42.384906	235.00	265.00	63.25	2.00	13.50	372.60	346.11	32.26	11.55	9.66	86.59
14	9º	41.294118	277.00	272.00	77.25	0.00	8.75	449.18	347.13	32.17	13.96	8.01	71.62
15	7º	42.225564	258.00	266.00	76.75	4.75	16.00	450.00	348.00	32.09	14.02	8.00	71.31
14	8º	36.947368	321.00	304.00	81.75	1.25	5.50	446.40	355.27	31.43	14.20	8.06	70.41
20	9º	45.290323	292.00	248.00	83.50	0.00	9.00	496.67	357.23	31.26	15.89	7.25	62.94
15	12º	44.928	329.0	250.0	75.0	2.5	6.3	443.0	359.5	31.1	14.3	8.1	70.1
18	12º	38.865052	304.00	289.00	98.00	3.25	12.00	541.82	362.14	30.84	17.57	6.64	56.91
15	7º	45.473684	262.0	247.0	65.8	1.3	12.5	385.5	367.1	30.4	12.7	9.3	78.9
20	8º	47.392405	291.00	237.00	72.25	0.00	9.25	429.55	368.52	30.30	14.18	8.38	70.55
17	11º	34.56	326.00	325.00	104.50	1.00	9.25	532.26	381.80	29.25	18.20	6.76	54.95
20	9º	39.97153	336.00	281.00	70.50	2.00	7.50	379.25	388.21	28.77	13.18	9.49	75.85
17	12º	41.446494	280.00	271.00	66.25	1.25	12.25	360.98	389.70	28.66	12.60	9.97	79.38
16	12º	52.24186	244.0	215.0	59.3	1.0	15.8	349.0	396.1	28.2	12.4	10.3	80.8
Promedio Velocidad media de viaje (km/h)		**44.07629**											

Longitud de tramo 3.12 KM

VALORES OBTENIDOS DEL MÉTODO DEL OBSERVADOR MÓVIL
TRAMO OVALO CACERES - AV. CHULUCANAS (SENTIDO IDA)

		Velocidad media de viaje Km/h	t_{favor}	t_{contra}	x	y_1	y_2	q	t^-	v	k	h	s
			[s]	*[s]*	*[und]*	*[und]*	*[und]*	*[und/h]*	*[s]*	*[km/h]*	*[und/km]*	*[s/und]*	*[m/und]*
14-2	3º	40.783217	237.00	143.00	95.25	2.25	20.50	729.47	327.06	17.83	40.91	4.94	24.44
14-2	2º	29.306533	259.00	199.00	102.50	3.25	7.00	776.20	276.39	21.10	36.79	4.64	27.18
20-2	6º	37.384615	206.00	156.00	85.25	0.00	11.00	738.40	259.63	22.46	32.87	4.88	30.42
15-3	4º	36.223602	204.00	161.00	110.50	0.00	11.25	978.90	245.37	23.77	41.19	3.68	24.28
16-3	5º	30.857143	202.00	189.00	101.25	8.25	17.50	847.06	241.31	24.17	35.05	4.25	28.53
16-1	3º	34.922156	253.00	167.00	97.75	6.00	2.50	867.86	238.48	24.45	35.49	4.15	28.18
16-1	2º	27.252336	232.00	214.00	122.25	7.00	7.25	984.75	232.91	25.04	39.33	3.66	25.43
15-3	2º	38.622517	179.00	151.00	105.50	1.25	15.50	995.45	230.53	25.30	39.35	3.62	25.41
15-3	5º	31.021277	220.00	188.00	116.00	8.25	11.00	999.26	229.91	25.37	39.39	3.60	25.39
20-2	4º	25.137931	178.00	232.00	107.50	3.50	13.25	858.29	218.90	26.64	32.21	4.19	31.04
18-1	4º	29.306533	189.00	199.00	114.50	1.25	8.75	992.78	216.20	26.98	36.80	3.63	27.17
14-2	4º	39.14094	163.00	149.00	81.75	1.00	12.25	813.46	212.79	27.41	29.68	4.43	33.69
18-2	3º	36.911392	178.00	158.00	106.00	1.00	10.75	1031.25	212.04	27.50	37.49	3.49	26.67
19-2	3º	42.882353	184.00	136.00	79.25	1.25	7.50	821.25	211.40	27.59	29.77	4.38	33.59
18-3	2º	49.846154	152.00	117.00	71.25	0.00	12.25	789.59	207.85	28.06	28.14	4.56	35.54
15-2	5º	32.043956	221.00	182.00	101.00	7.75	3.50	940.20	204.73	28.49	33.00	3.83	30.30
15-1	2º	26.509091	141.00	220.00	125.00	0.00	18.75	1059.56	204.71	28.49	37.19	3.40	26.89
16-2	3º	33.906977	186.00	172.00	107.00	4.25	9.00	1028.21	202.63	28.78	35.72	3.50	27.99
20-3	5º	29.16	175.00	200.00	100.50	1.00	7.50	902.40	200.93	29.02	31.09	3.99	32.16
17-2	4º	34.714286	166.00	168.00	79.25	2.25	9.50	776.05	199.63	29.21	26.56	4.64	37.64
20-2	5º	40.22069	178.00	145.00	100.50	0.00	6.25	1050.46	199.42	29.24	35.92	3.43	27.84
20-2	3º	32.949153	163.00	177.00	96.75	1.00	10.25	926.47	198.94	29.31	31.60	3.89	31.64
17-2	2º	29.454545	171.00	198.00	92.25	5.00	11.25	839.02	197.82	29.48	28.46	4.29	35.14
14-2	6º	33.325714	178.00	175.00	96.50	2.25	7.25	933.14	197.29	29.56	31.57	3.86	31.68
20-2	1º	31.695652	170.00	184.00	115.00	2.25	10.00	1090.68	195.58	29.82	36.58	3.30	27.34
16-1	4º	38.622517	241.00	151.00	82.25	11.00	0.00	856.38	194.76	29.94	28.60	4.20	34.97
20-1	4º	29.014925	181.00	201.00	102.25	1.25	4.00	937.70	191.56	30.45	30.80	3.84	32.47
16-3	6º	29.907692	179.00	195.00	112.00	4.50	8.00	1044.39	191.06	30.52	34.22	3.45	29.23
14-3	1º	27	167.00	216.00	113.00	5.75	12.25	1001.04	190.38	30.63	32.68	3.60	30.60
18-1	1º	32.043956	156.00	182.00	87.75	2.50	10.50	849.41	189.91	30.71	27.66	4.24	36.15
17-1	1º	30.217617	171.00	193.00	118.25	3.00	8.75	1112.64	189.60	30.76	36.17	3.24	27.64
17-2	3º	32.220994	143.00	181.00	97.50	1.25	13.25	950.00	188.47	30.94	30.70	3.79	32.57
15-1	3º	27.63981	185.00	211.00	100.75	5.25	5.50	913.64	185.99	31.36	29.14	3.94	34.32
20-3	1º	29.907692	170.00	195.00	102.75	4.50	8.75	971.51	185.75	31.40	30.94	3.71	32.32
19-2	5º	49.423729	154.00	118.00	76.25	0.00	7.75	906.62	184.77	31.56	28.72	3.97	34.81
20-1	6º	35.779141	148.00	163.00	91.00	0.00	9.50	943.41	184.25	31.65	29.81	3.82	33.55
18-3	5º	26.875576	185.00	217.00	114.50	6.00	5.50	1029.85	183.25	31.82	32.36	3.50	30.90
18-1	2º	25.92	167.00	225.00	119.50	1.00	5.50	1056.12	182.34	31.98	33.02	3.41	30.28
18-3	6º	31.524324	162.00	185.00	90.25	0.00	4.75	887.03	181.28	32.17	27.57	4.06	36.27
15-2	2º	35.779141	188.00	163.00	83.50	4.75	2.50	879.49	178.79	32.62	26.96	4.09	37.09
14-3	3º	34.105263	157.00	171.00	99.25	0.00	6.00	1023.48	178.10	32.74	31.26	3.52	31.99
15-2	6º	33.136364	174.00	176.00	91.75	5.25	6.25	933.43	177.86	32.79	28.47	3.86	35.13
18-2	5º	37.146497	159.00	157.00	81.50	4.50	9.00	877.22	177.47	32.86	26.69	4.10	37.46
17-3	5º	31.021277	179.00	188.00	101.25	3.50	2.50	1003.00	175.41	33.25	30.17	3.59	33.15
15-3	1º	39.673469	158.00	147.00	90.00	3.75	8.50	1006.23	174.99	33.33	30.19	3.58	33.12
18-1	5º	28.588235	161.00	204.00	118.00	3.25	7.50	1121.92	174.64	33.39	33.60	3.21	29.77
17-1	6º	38.622517	166.00	151.00	88.75	7.75	10.00	982.33	174.25	33.47	29.35	3.66	34.07
15-1	1º	25.030043	158.00	233.00	115.75	12.00	15.75	1031.20	171.09	34.09	30.25	3.49	33.06
17-1	4º	28.871287	156.00	202.00	102.75	7.00	11.00	993.02	170.50	34.21	29.03	3.63	34.45
15-3	3º	27.509434	140.00	212.00	110.75	1.25	9.50	1048.30	168.33	34.65	30.26	3.43	33.05
17-2	6º	27.771429	164.00	210.00	113.50	5.25	6.25	1082.89	167.32	34.85	31.07	3.32	32.19
14-1	4º	40.783217	149.00	143.00	70.25	0.00	3.75	819.86	165.47	35.25	23.26	4.39	42.99
19-2	4º	33.136364	110.00	176.00	68.75	1.00	12.00	726.92	164.48	35.46	20.50	4.95	48.78
16-3	4º	36.679245	152.00	159.00	97.50	2.50	6.25	1085.21	164.44	35.47	30.60	3.32	32.68
17-2	1º	32.764045	162.00	178.00	87.50	10.25	10.75	921.18	163.95	35.57	25.90	3.91	38.61
16-1	6º	36.911392	166.00	158.00	84.50	5.00	3.75	952.78	161.28	36.16	26.35	3.78	37.95
19-2	2º	47.414634	139.00	123.00	86.00	0.00	6.50	1092.37	160.42	36.35	30.05	3.30	33.28
15-3	6º	30.857143	160.00	189.00	71.50	1.25	1.25	737.54	160.00	36.45	20.23	4.88	49.42
18-2	6º	30.694737	137.00	190.00	101.25	1.00	7.50	1043.12	159.43	36.58	28.52	3.45	35.07
19-2	6º	38.88	121.00	150.00	77.75	0.00	9.25	909.96	157.59	37.01	24.59	3.96	40.67
20-3	2º	27.252336	162.00	214.00	112.75	5.75	3.75	1098.67	155.45	37.52	29.28	3.28	34.15
19-3	4º	52.071429	142.00	112.00	81.25	0.00	3.75	1098.43	154.29	37.80	29.06	3.28	34.41
17-3	2º	22.692607	135.00	257.00	93.25	3.00	7.25	817.35	153.72	37.94	21.54	4.40	46.42
19-1	4º	41.657143	131.00	140.00	48.75	0.00	3.75	597.79	153.58	37.97	15.74	6.02	63.52
14-1	5º	31.695652	160.00	184.00	49.00	5.25	3.75	528.49	149.78	38.94	13.57	6.81	73.68
19-1	3º	40.783217	139.00	143.00	72.75	0.00	2.50	896.81	149.04	39.13	22.92	4.01	43.63
19-1	1º	36.45	135.00	160.00	71.75	2.25	5.50	835.93	149.00	39.14	21.36	4.31	46.82
16-3	1º	36.223602	142.00	161.00	89.50	8.00	10.00	1039.60	148.93	39.16	26.55	3.46	37.67
14-3	6º	25.92	147.00	225.00	49.50	3.25	3.50	476.61	148.89	39.17	12.17	7.55	82.18
16-2	6º	37.87013	154.00	154.00	85.75	6.50	3.75	1034.42	144.43	40.38	25.62	3.48	39.04
19-1	6º	33.517241	137.00	174.00	54.00	0.00	1.25	610.61	144.37	40.40	15.12	5.90	66.16
15-1	5º	30.061856	148.00	194.00	82.75	5.75	4.75	881.58	143.92	40.52	21.75	4.08	45.97
19-3	3º	41.361702	139.00	141.00	52.00	0.00	0.00	668.57	139.00	41.96	15.93	5.38	62.76
19-1	5º	35.345455	123.00	165.00	79.50	1.25	3.75	962.50	132.35	44.06	21.84	3.74	45.78
18-3	3º	34.922156	132.00	167.00	92.75	6.75	5.00	1137.79	126.46	46.12	24.67	3.16	40.53
17-1	3º	20.535211	126.00	284.00	116.00	9.00	5.75	1047.07	114.83	50.79	20.62	3.44	48.51
Promedio Velocidad media de viaje (km/h)		**33.729108**											

Longitud de tramo 1.62 KM

VALORES OBTENIDOS DEL MÉTODO DEL OBSERVADOR MÓVIL
TRAMO OVALO CACERES - AV. CHULUCANAS (SENTIDO REGRESO)

		Velocidad media de viaje Km/h	t_{favor}	t_{contra}	x	y_1	y_2	q	t^-	v	k	h	s
			[s]	*[s]*	*[und]*	*[und]*	*[und]*	*[und/h]*	*[s]*	*[km/h]*	*[und/km]*	*[s/und]*	*[m/und]*
14-1	9º	33.9069767	154.00	172.00	80.50	6.75	2.50	935.89	137.65	42.37	22.09	3.85	45.27
16-1	9º	23.0513834	167.00	253.00	118.75	13.00	6.75	1071.43	146.00	39.95	26.82	3.36	37.28
19-2	8º	41.9568345	123.00	139.00	72.75	0.00	6.75	906.87	149.80	38.93	23.29	3.97	42.93
15-2	9º	25.92	140.00	225.00	55.25	3.25	4.75	530.14	150.19	38.83	13.65	6.79	73.25
19-1	11º	47.4146341	165.00	123.00	54.50	6.25	4.50	703.13	156.04	37.38	18.81	5.12	53.16
14-3	11º	42.8823529	170.00	136.00	54.75	2.50	0.00	673.53	156.64	37.23	18.09	5.34	55.28
20-2	11º	32.7640449	145.00	178.00	96.00	1.00	4.50	1030.96	157.22	37.09	27.79	3.49	35.98
19-2	9º	31.6956522	136.00	184.00	102.00	0.00	7.00	1068.75	159.58	36.55	29.24	3.37	34.20
14-1	7º	37.1464968	159.00	157.00	83.00	5.75	6.00	942.72	159.95	36.46	25.86	3.82	38.68
19-2	11º	37.8701299	118.00	154.00	85.75	0.00	11.75	979.41	161.19	36.18	27.07	3.68	36.94
15-2	10º	36.45	152.00	160.00	87.00	3.25	5.75	975.00	161.23	36.17	26.95	3.69	37.10
14-1	10º	39.1409396	143.00	149.00	79.25	4.75	9.50	918.49	161.62	36.09	25.45	3.92	39.29
15-2	8º	31.0212766	163.00	188.00	86.50	3.50	3.75	884.62	164.02	35.56	24.88	4.07	40.20
17-2	11º	40.5	127.00	144.00	91.00	0.00	12.25	1046.13	169.16	34.48	30.34	3.44	32.96
19-1	9º	41.9568345	143.00	139.00	57.00	0.00	5.00	663.83	170.12	34.28	19.36	5.42	51.64
18-1	12º	33.5172414	145.00	174.00	85.25	0.00	6.50	888.71	171.33	34.04	26.11	4.05	38.30
17-3	12º	37.1464968	156.00	157.00	102.00	1.00	6.00	1115.65	172.13	33.88	32.93	3.23	30.37
19-1	10º	44.519084	140.00	131.00	70.75	0.00	7.50	840.22	172.13	33.88	24.80	4.28	40.32
18-1	9º	31.6956522	166.00	184.00	113.50	3.50	6.00	1141.71	173.88	33.54	34.04	3.15	29.38
16-1	11º	28.3106796	204.00	206.00	105.50	9.00	1.00	996.59	175.10	33.31	29.92	3.61	33.42
18-2	9º	32.7640449	158.00	178.00	100.50	0.00	5.00	1023.21	175.59	33.21	30.81	3.52	32.46
20-3	12º	42.8823529	171.00	136.00	99.00	2.25	5.00	1128.66	179.77	32.44	34.79	3.19	28.74
17-1	12º	35.1325301	151.00	166.00	99.25	0.00	8.50	1030.60	180.69	32.28	31.93	3.49	31.32
16-2	12º	37.8701299	154.00	154.00	88.75	0.00	7.25	952.60	181.40	32.15	29.63	3.78	33.75
18-3	9º	44.1818182	167.00	132.00	107.00	0.00	5.25	1225.08	182.43	31.97	38.32	2.94	26.10
19-3	8º	42.8823529	163.00	136.00	61.25	0.00	4.25	686.29	185.29	31.47	21.80	5.25	45.86
16-3	11º	28.8712871	189.00	202.00	132.75	8.00	7.00	1231.46	186.08	31.34	39.29	2.92	25.45
14-2	9º	24.6075949	143.00	237.00	97.50	0.00	10.00	828.95	186.43	31.28	26.50	4.34	37.74
19-2	7º	43.2	160.00	135.00	87.25	0.00	7.25	976.27	186.73	31.23	31.26	3.69	31.99
18-1	7º	37.3846154	182.00	156.00	114.25	0.00	2.50	1190.24	189.56	30.77	38.69	3.02	25.85
14-2	10º	35.7791411	149.00	163.00	88.75	0.00	10.25	905.77	189.74	30.74	29.47	3.97	33.93
17-3	10º	32.7640449	158.00	178.00	106.75	0.00	9.75	1039.29	191.77	30.41	34.17	3.46	29.26
19-2	12º	48.1983471	150.00	121.00	61.50	0.00	8.75	700.74	194.95	29.91	23.42	5.14	42.69
15-3	7º	36.9113924	147.00	158.00	95.25	0.00	13.00	970.82	195.21	29.88	32.49	3.71	30.77
19-3	12º	44.8615385	160.00	130.00	72.25	1.25	9.25	797.59	196.11	29.74	26.82	4.51	37.29
16-2	10º	40.5	147.00	144.00	93.25	0.00	13.75	983.51	197.33	29.55	33.28	3.66	30.05
18-2	11º	36.6792453	157.00	159.00	102.50	0.00	11.75	1033.86	197.91	29.47	35.09	3.48	28.50
20-1	12º	39.4054054	163.00	148.00	91.25	2.25	11.75	946.30	199.14	29.29	32.31	3.80	30.95
17-2	9º	40.7832168	181.00	143.00	105.50	2.00	8.00	1105.56	200.54	29.08	38.02	3.26	26.31
18-3	12º	36	185.00	162.00	110.00	4.50	10.00	1084.15	203.26	28.69	37.79	3.32	26.46
16-1	8º	25.137931	214.00	232.00	151.75	14.50	11.00	1253.14	203.95	28.60	43.82	2.87	22.82
17-2	8º	34.1052632	198.00	171.00	114.00	4.75	7.00	1090.24	205.43	28.39	38.40	3.30	26.04
18-1	10º	30.8571429	199.00	189.00	133.50	2.25	4.50	1217.78	205.65	28.36	42.94	2.96	23.29
16-3	8º	34.7142857	178.00	168.00	113.75	3.25	11.75	1095.09	205.94	28.32	38.67	3.29	25.86
14-3	8º	31.1871658	206.00	187.00	86.25	1.00	1.00	790.08	206.00	28.31	27.91	4.56	35.83
17-3	11º	32.5810056	188.00	179.00	120.75	2.50	8.25	1128.07	206.35	28.26	39.91	3.19	25.05
17-3	9º	35.1325301	185.00	166.00	121.75	1.25	8.50	1174.36	207.22	28.14	41.73	3.07	23.96
19-3	9º	41.9568345	141.00	139.00	76.75	0.00	15.00	793.93	209.02	27.90	28.45	4.53	35.14
20-1	11º	35.3454545	187.00	165.00	100.25	2.50	8.50	963.92	209.41	27.85	34.61	3.73	28.89
14-2	7º	38.3684211	193.00	152.00	126.25	2.50	8.25	1257.39	209.46	27.84	45.16	2.86	22.14
18-3	11º	31.5243243	217.00	185.00	101.00	4.75	3.50	915.67	212.09	27.50	33.30	3.93	30.03
15-3	12º	36.45	189.00	160.00	105.75	0.00	7.00	1018.62	213.74	27.29	37.33	3.53	26.79
17-2	7º	36	178.00	162.00	110.25	2.50	13.25	1053.53	214.73	27.16	38.79	3.42	25.78
16-3	9º	39.1409396	169.00	149.00	113.00	0.00	14.25	1117.92	214.89	27.14	41.19	3.22	24.28
20-3	11º	33.3257143	200.00	175.00	119.50	2.00	6.75	1101.60	215.52	27.06	40.71	3.27	24.56
20-3	7º	34.3058824	195.00	170.00	119.25	1.00	7.50	1112.05	216.04	26.99	41.20	3.24	24.27
19-3	11º	37.3846154	150.00	156.00	80.25	2.25	17.00	770.59	218.91	26.64	28.92	4.67	34.57
20-3	8º	36	214.00	162.00	101.25	0.00	2.00	950.27	221.58	26.32	36.10	3.79	27.70
14-3	7º	34.9221557	216.00	167.00	104.25	1.00	2.50	965.80	221.59	26.32	36.70	3.73	27.25
18-1	11º	36.2236025	204.00	161.00	100.25	7.25	12.25	939.45	223.16	26.13	35.95	3.83	27.82
20-1	10º	32.2209945	201.00	181.00	137.50	0.00	8.75	1213.35	226.96	25.70	47.22	2.97	21.18
20-2	8º	43.8496241	207.00	133.00	124.50	0.00	8.75	1225.59	232.70	25.06	48.90	2.94	20.45
16-3	12º	32.5810056	195.00	179.00	95.50	1.25	10.00	835.03	232.72	25.06	33.32	4.31	30.01
17-1	11º	32.2209945	237.00	181.00	99.25	5.75	4.75	863.40	232.83	25.05	34.47	4.17	29.01
17-1	10º	37.3846154	202.00	156.00	120.50	1.25	11.50	1108.66	235.28	24.79	44.73	3.25	22.36
18-2	12º	42.5693431	190.00	137.00	87.50	0.00	11.00	842.20	237.02	24.61	34.23	4.27	29.22
16-2	8º	36	221.00	162.00	129.25	0.00	5.75	1160.84	238.83	24.42	47.54	3.10	21.04
17-2	12º	35.5609756	210.00	164.00	94.75	0.00	7.75	837.43	243.32	23.97	34.94	4.30	28.62
20-2	10º	32.7640449	232.00	178.00	112.00	6.00	9.75	950.49	246.20	23.69	40.13	3.79	24.92
15-3	9º	41.6571429	212.00	140.00	106.50	1.00	11.50	981.82	250.50	23.28	42.17	3.67	23.71
20-3	10º	34.9221557	220.00	167.00	102.25	1.00	8.75	879.07	251.74	23.17	37.95	4.10	26.35
18-3	10º	41.3617021	195.00	141.00	93.25	0.00	14.25	846.43	255.61	22.82	37.10	4.25	26.96
17-3	7º	53.0181818	230.00	110.00	92.50	2.25	9.75	900.00	260.00	22.43	40.12	4.00	24.92
15-1	8º	41.3617021	220.00	141.00	98.50	0.00	10.00	882.55	260.79	22.36	39.47	4.08	25.34
18-1	8º	34.9221557	225.00	167.00	106.75	0.00	9.50	893.11	263.29	22.15	40.32	4.03	24.80
15-1	7º	36.9113924	233.00	158.00	158.50	2.50	15.25	1341.94	267.20	21.83	61.48	2.68	16.26
17-3	8º	43.2	257.00	135.00	102.50	2.50	6.00	909.18	270.86	21.53	42.23	3.96	23.68
18-2	8º	36.9113924	240.00	158.00	122.75	0.00	10.50	1015.33	277.23	21.04	48.26	3.55	20.72
20-1	9º	34.5088757	279.00	169.00	107.00	1.00	7.50	807.59	307.98	18.94	42.65	4.46	23.45
17-1	9º	46.2857143	284.00	126.00	132.00	0.00	14.50	1031.71	334.60	17.43	59.19	3.49	16.89

Promedio Velocidad media de viaje (km/h)	**36.817513**	Longitud de tramo	1.62	KM

Anexo XII

Resultado del censo de cargas
Octubre 2010

Tabla 1. Resumen de vehículos que participaron en censo de carga (Clasificación 4 al 13, según FHWA)

ificación según FHWA	ficación según DS 053-2003-MTC	l vehículos sados en o de cargas	centaje parcial Reglamento Nacional)	rcentaje parcial (FHWA)
4	*B2*	35	0.74%	2.36%
4	*B3-1*	54	1.14%	
4	*B4-1*	6	0.13%	
4	*BA-1*	17	0.36%	
5	*C2*	894	18.82%	18.82%
6	*C3*	1028	21.64%	21.64%
7	*C4*	196	4.13%	4.17%
7	*8X4*	2	0.04%	
8	*T2S1*	15	0.32%	1.05%
8	*T2S2*	26	0.55%	
8	*T2Se2*	3	0.06%	
8	*T3S1*	6	0.13%	
9	*T2S3*	76	1.60%	7.96%
9	*T2Se3*	12	0.25%	
9	*T3S2*	194	4.08%	
9	*T3Se2*	96	2.02%	
10	*T3S3*	1886	39.70%	39.80%
10	*T3Se3*	5	0.11%	
11	*C2R2*	21	0.44%	2.27%
11	*C2R3*	4	0.08%	
11	*C3R2*	83	1.75%	
12	*C3R3*	69	1.45%	1.58%
12	*C4R2*	4	0.08%	
12	*8X4RB2*	2	0.04%	
13	*C4R3*	5	0.11%	0.36%
13	*T3S2S2*	12	0.25%	
Total item's		**4751**	**100%**	**100%**

Espectros de carga

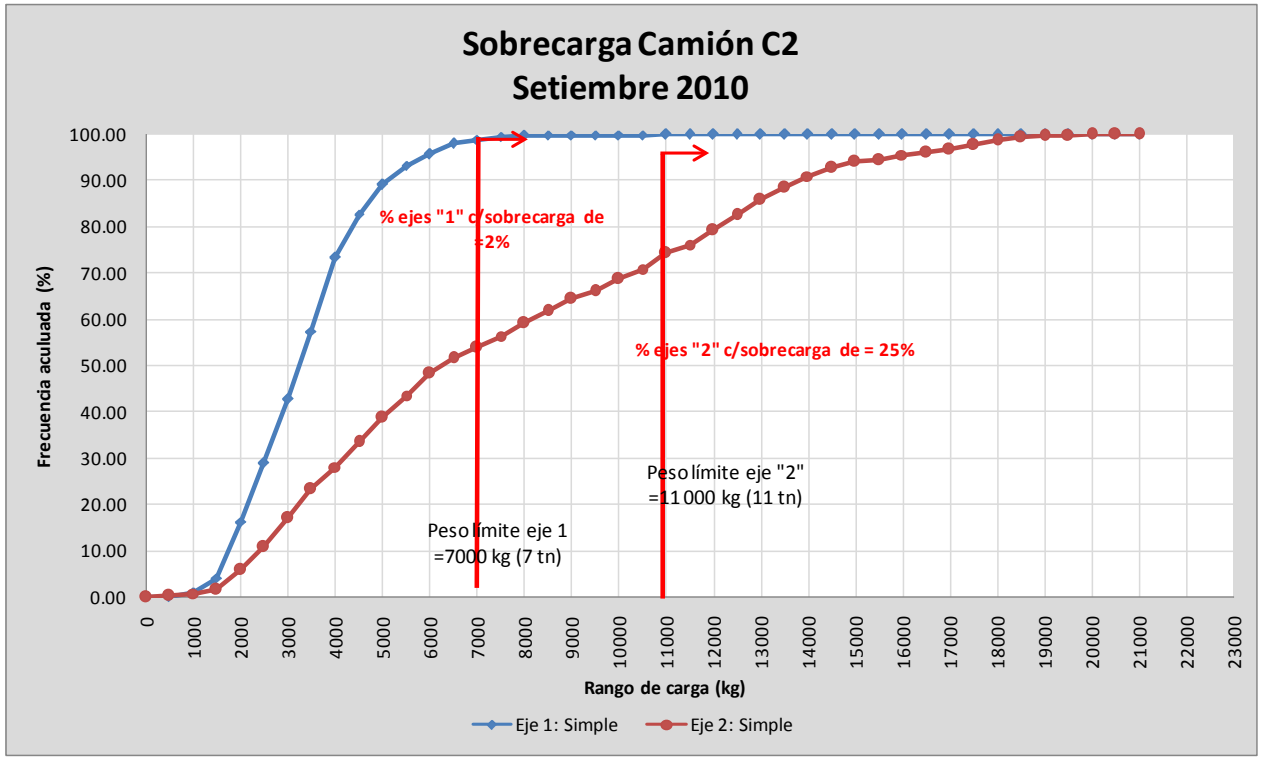


Figura 1. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C2

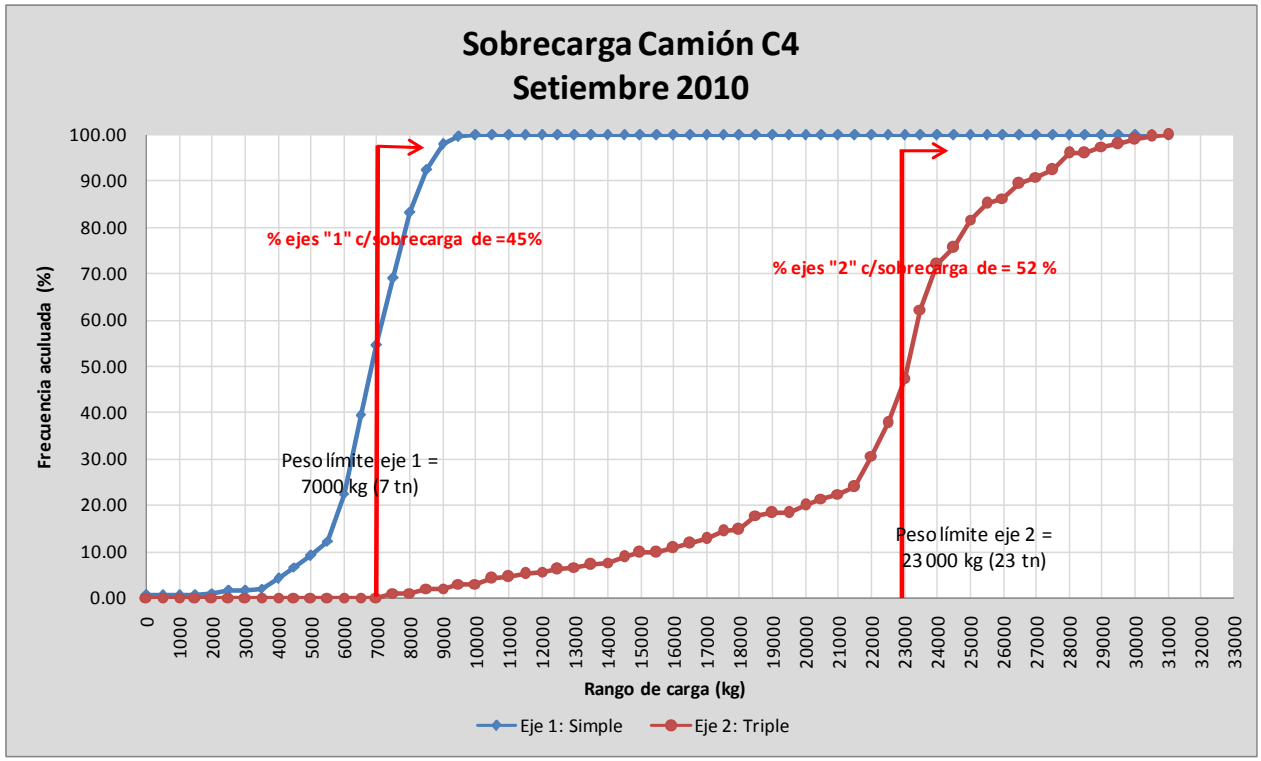


Figura 2. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C4

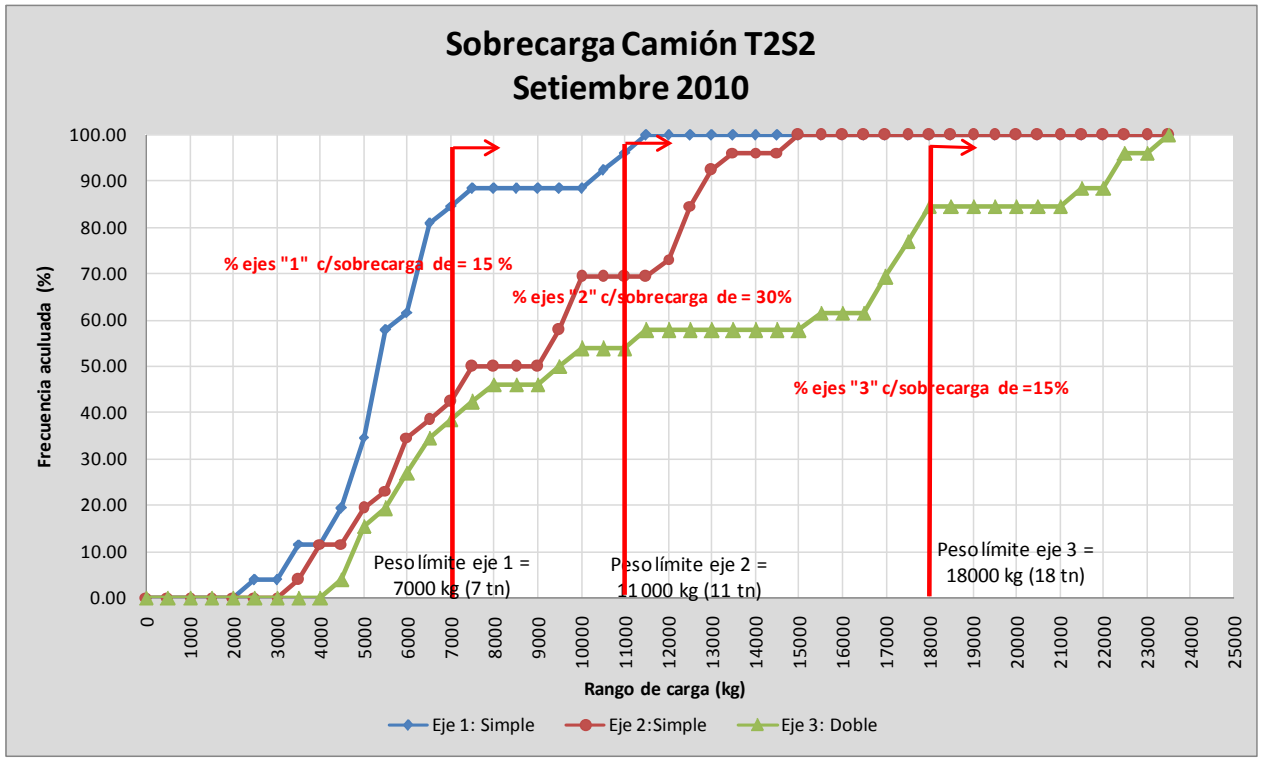


Figura 3. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T2S2

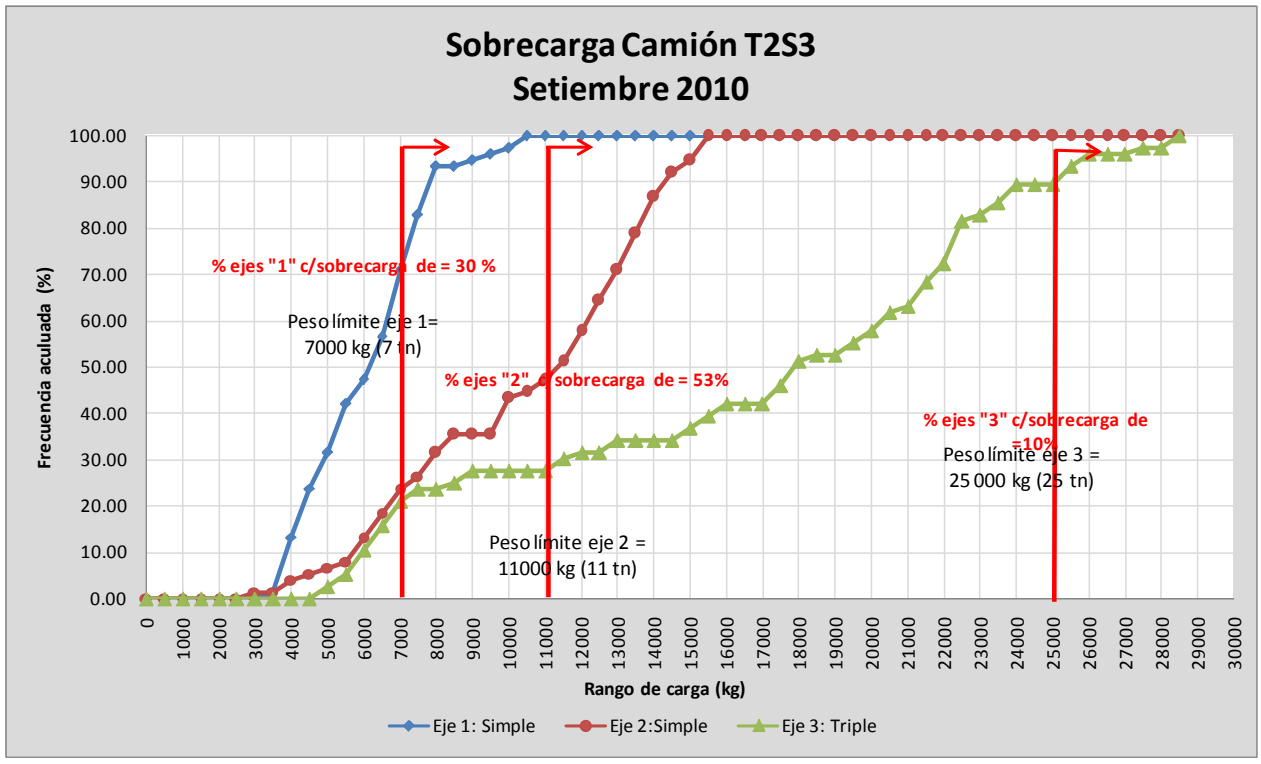


Figura 4. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T2S3

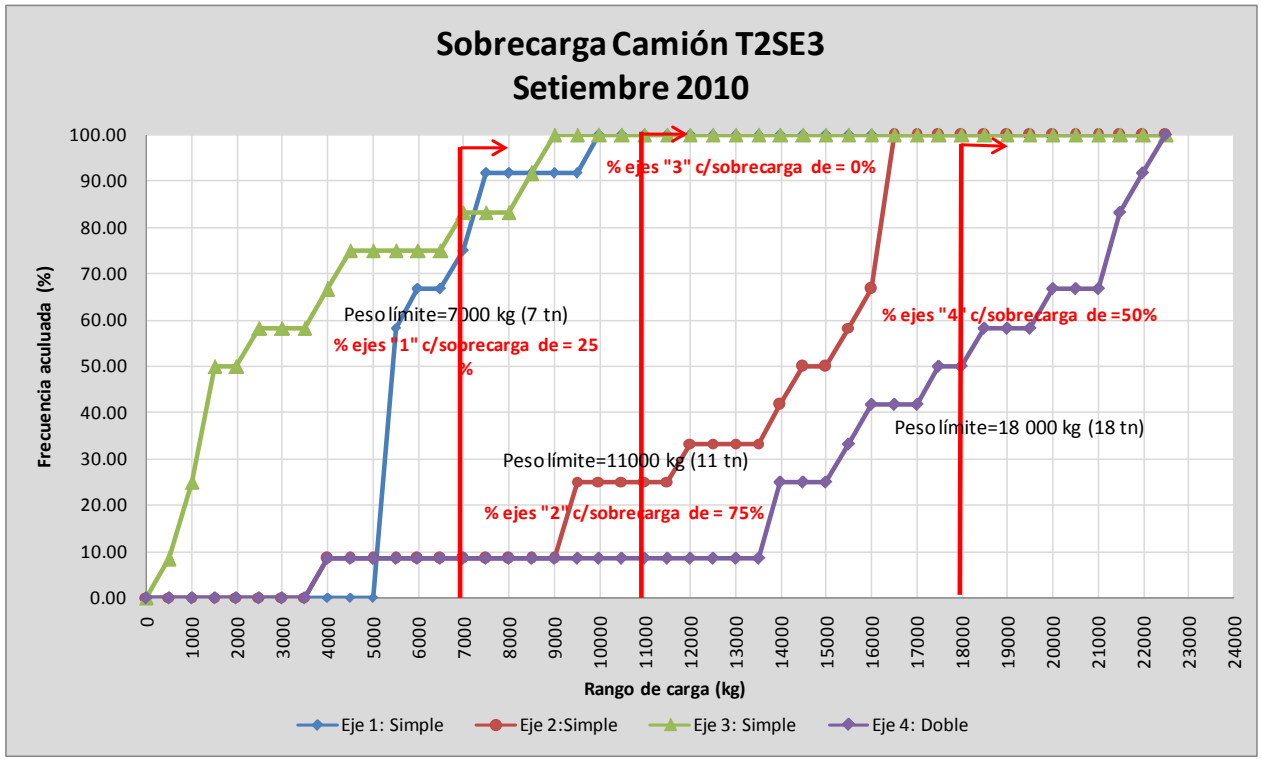


Figura 5. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T2SE3*

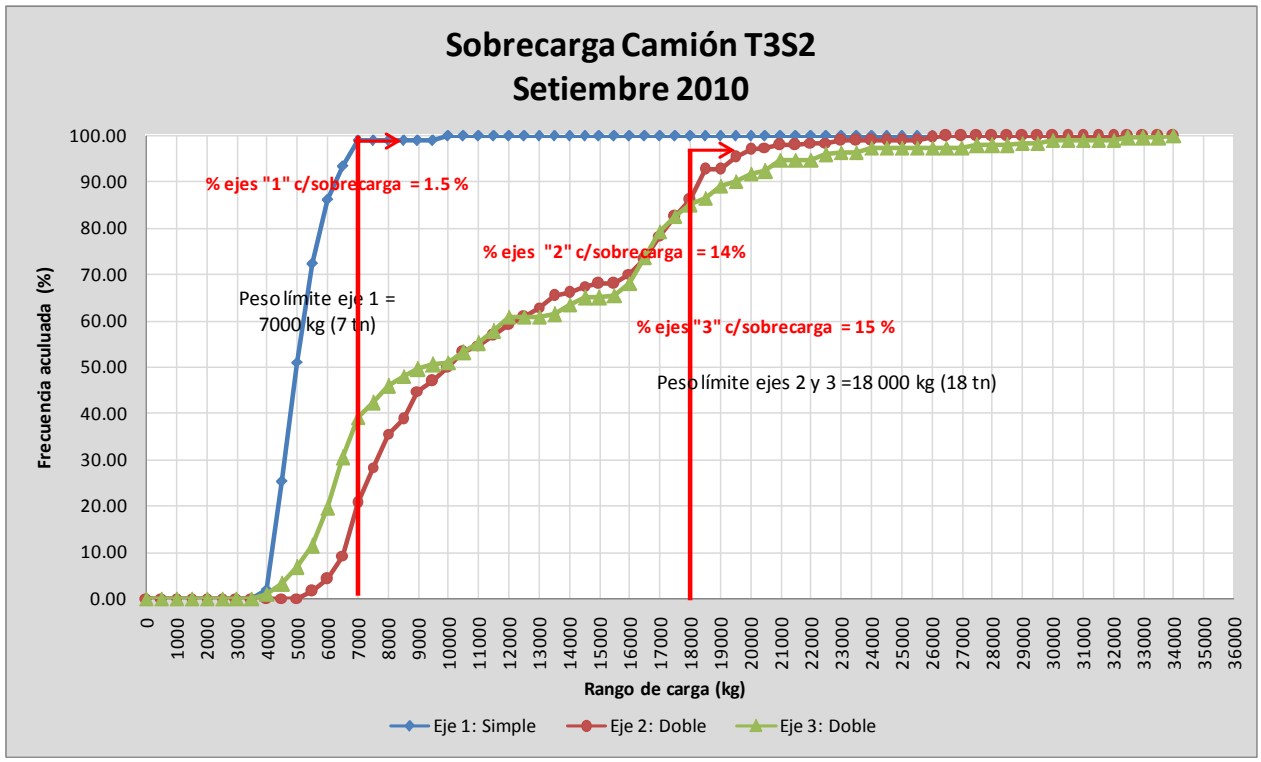


Figura 6. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T3S2

**La muestra de los datos presentes para este tipo de unidad es muy pequeña, aunque se ha realizado el de diagrama de espectro de carga, se considera que éste no tiene un grado de confiabilidad aceptable.*

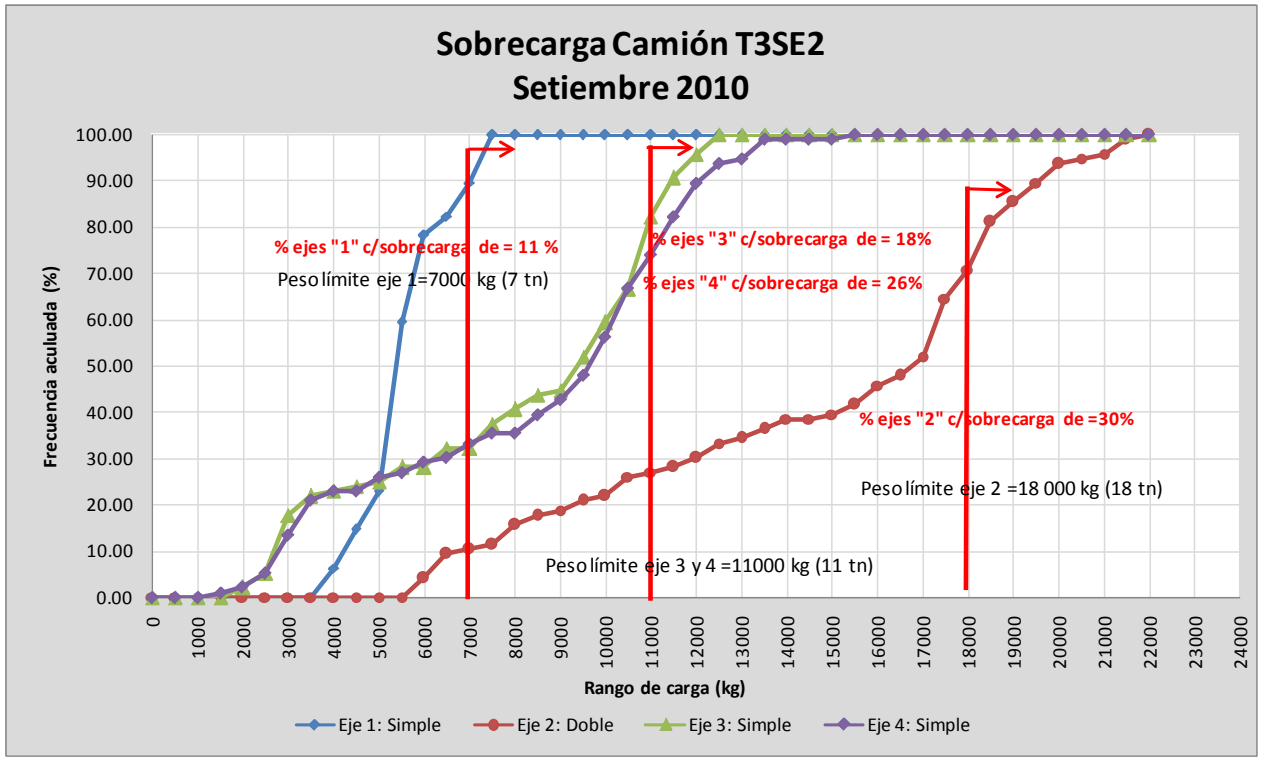


Figura 7. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T3SE2

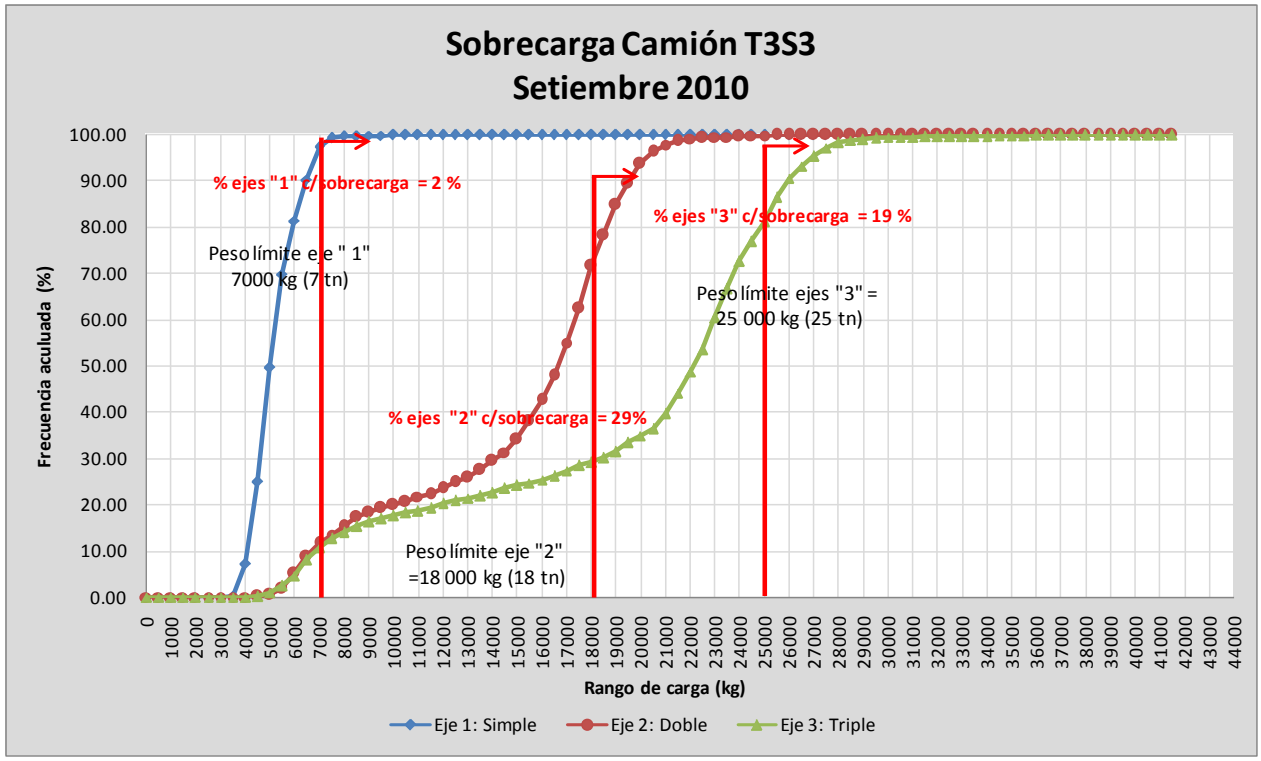


Figura 8. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones T3S3

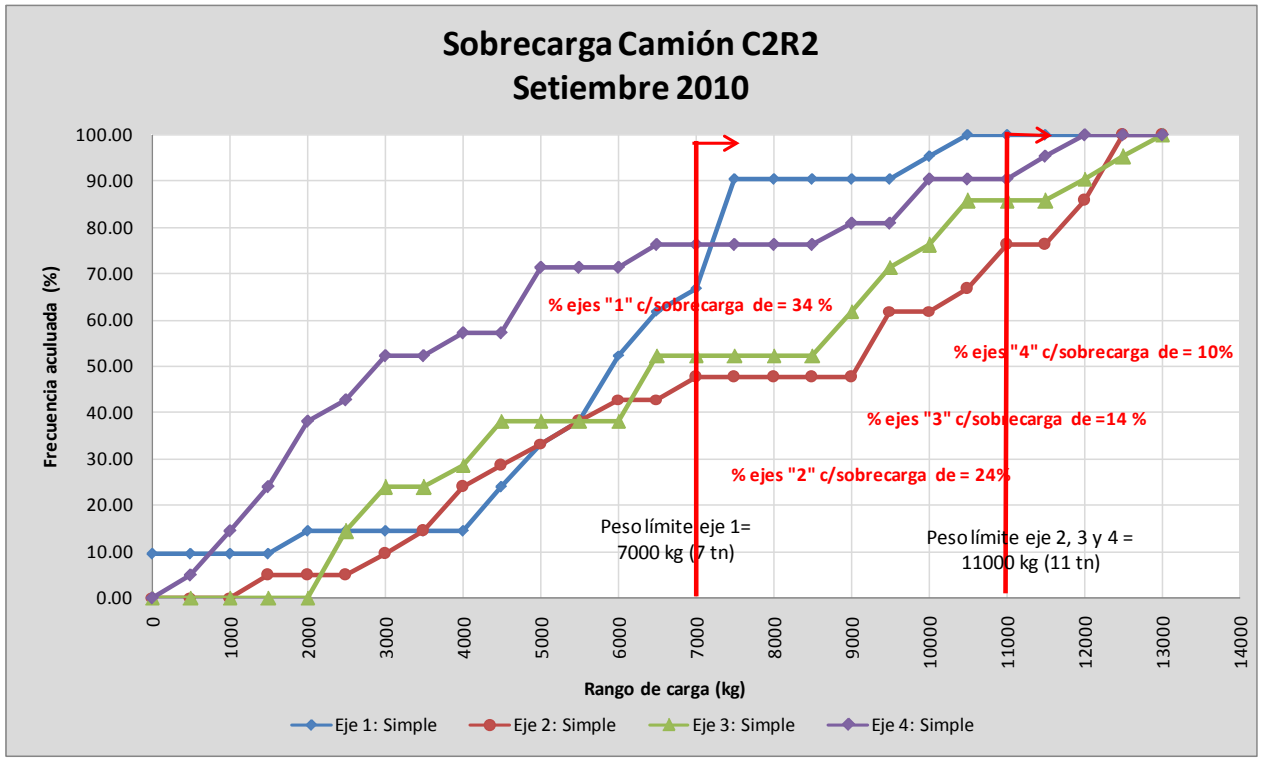


Figura 9. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C2R2*

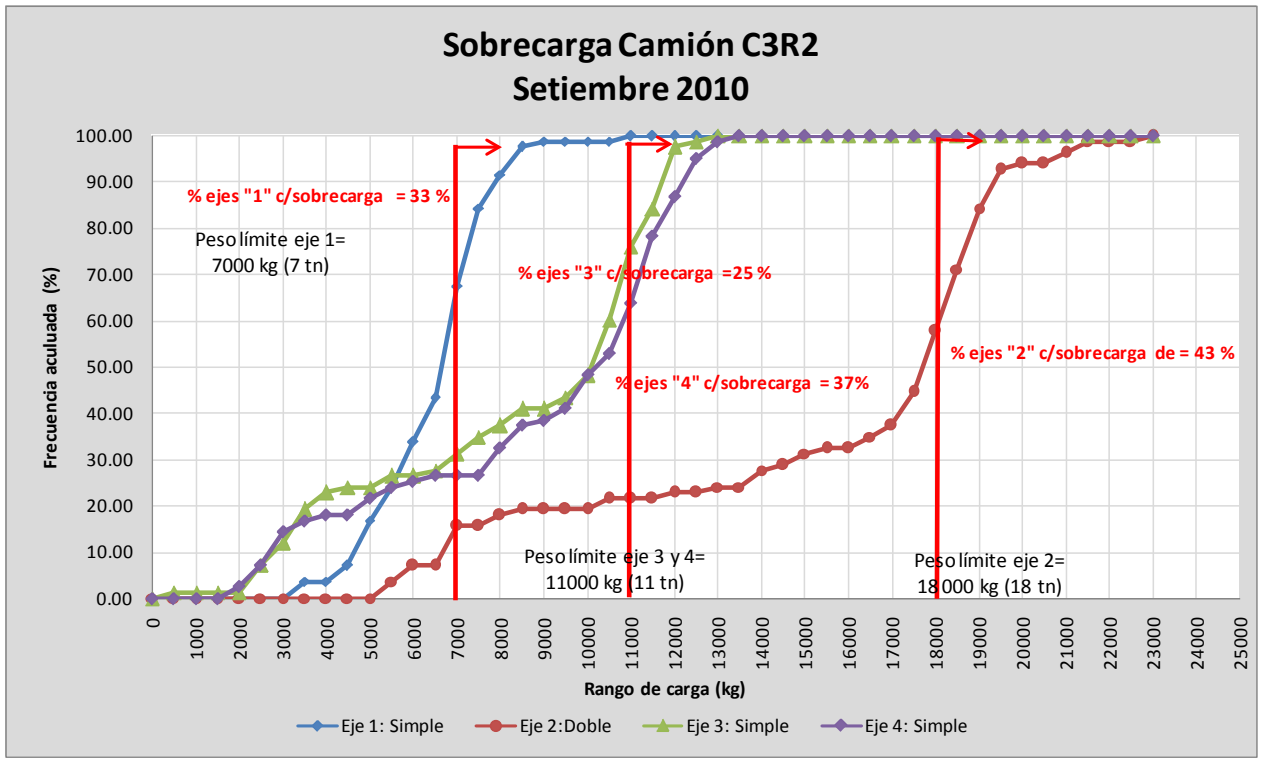


Figura 10. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C3R2

**La muestra de los datos presentes para este tipo de unidad es muy pequeña, aunque se ha realizado el de diagrama de espectro de carga, se considera que éste no tiene un grado de confiabilidad aceptable.*

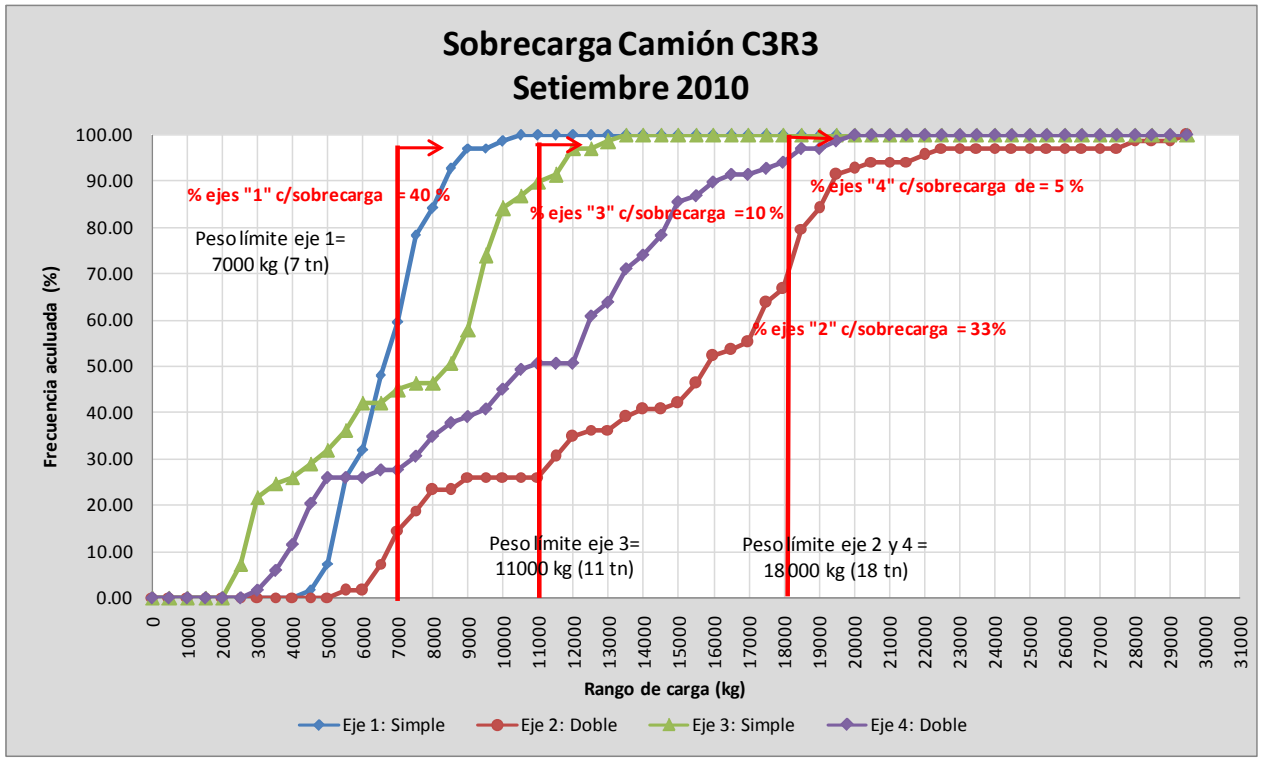


Figura 11. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones C3R3

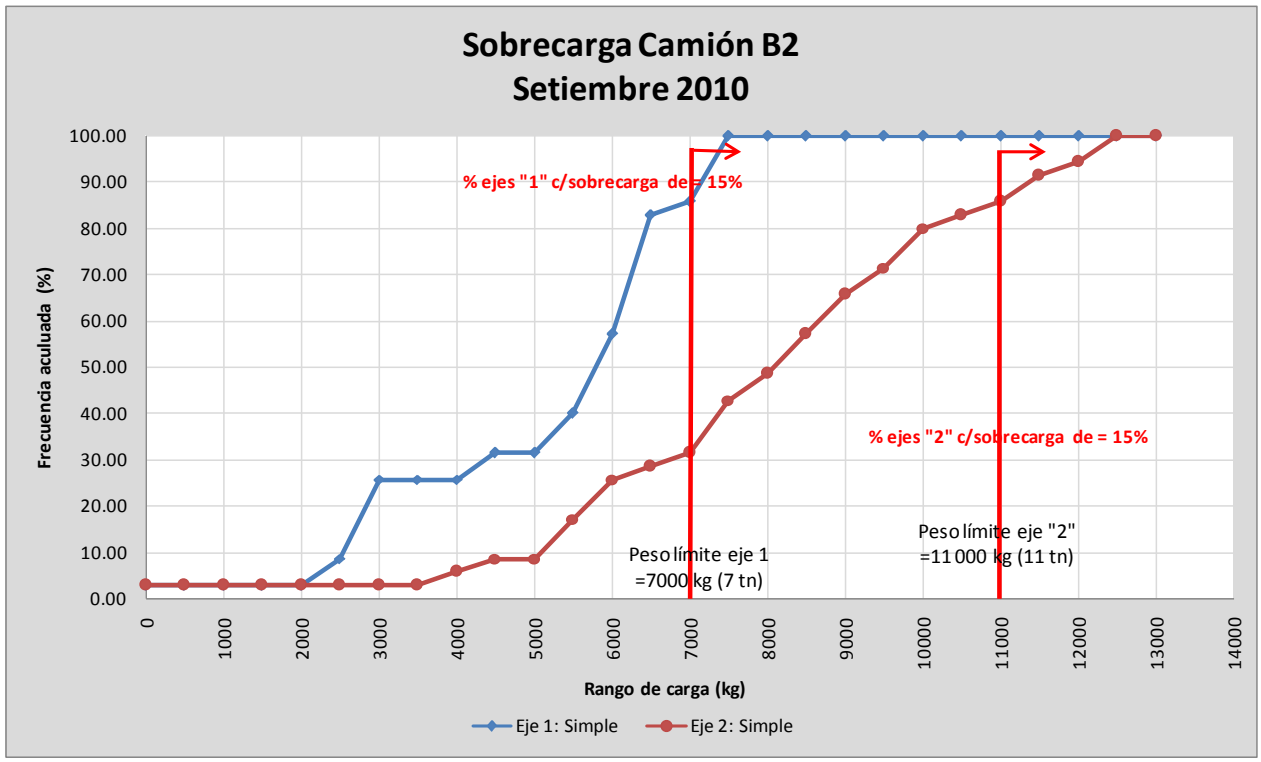


Figura 12. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones B2*

**La muestra de los datos presentes para este tipo de unidad es muy pequeña, aunque se ha realizado el de diagrama de espectro de carga, se considera que éste no tiene un grado de confiabilidad aceptable.*

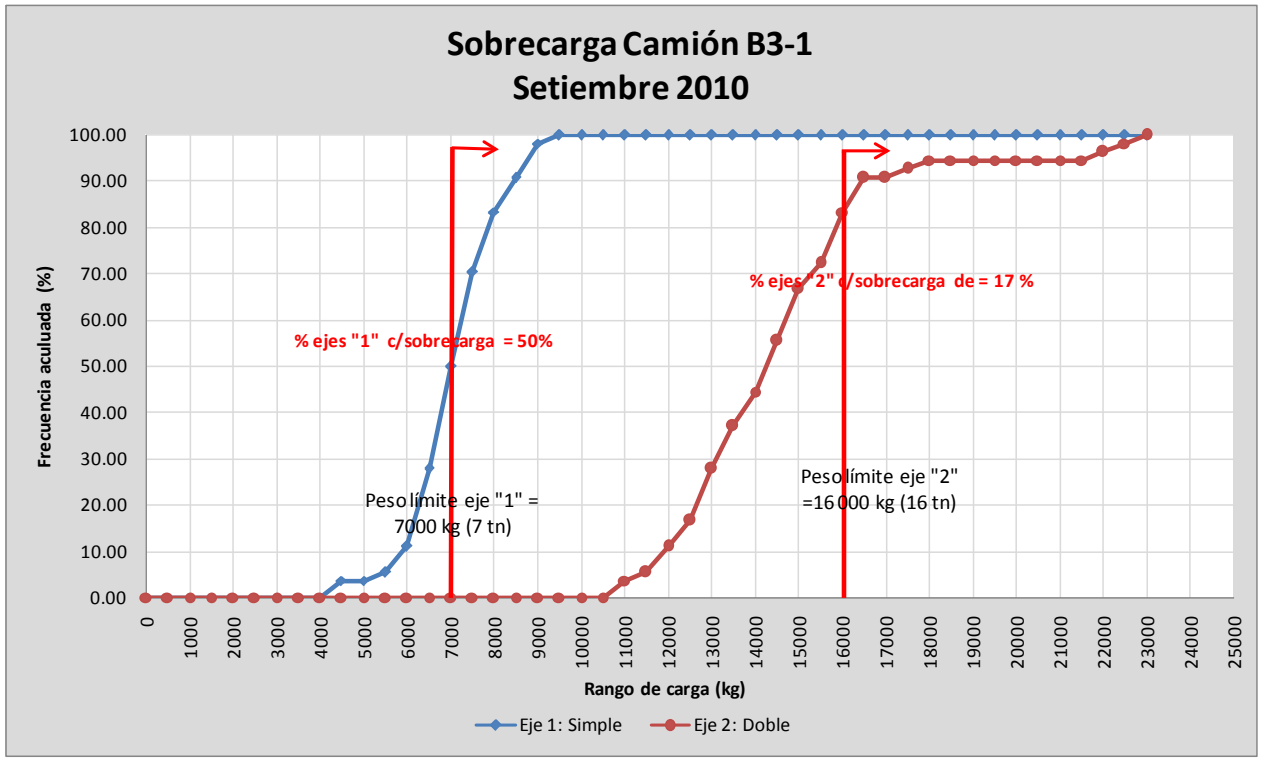


Figura 13. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones B3-1

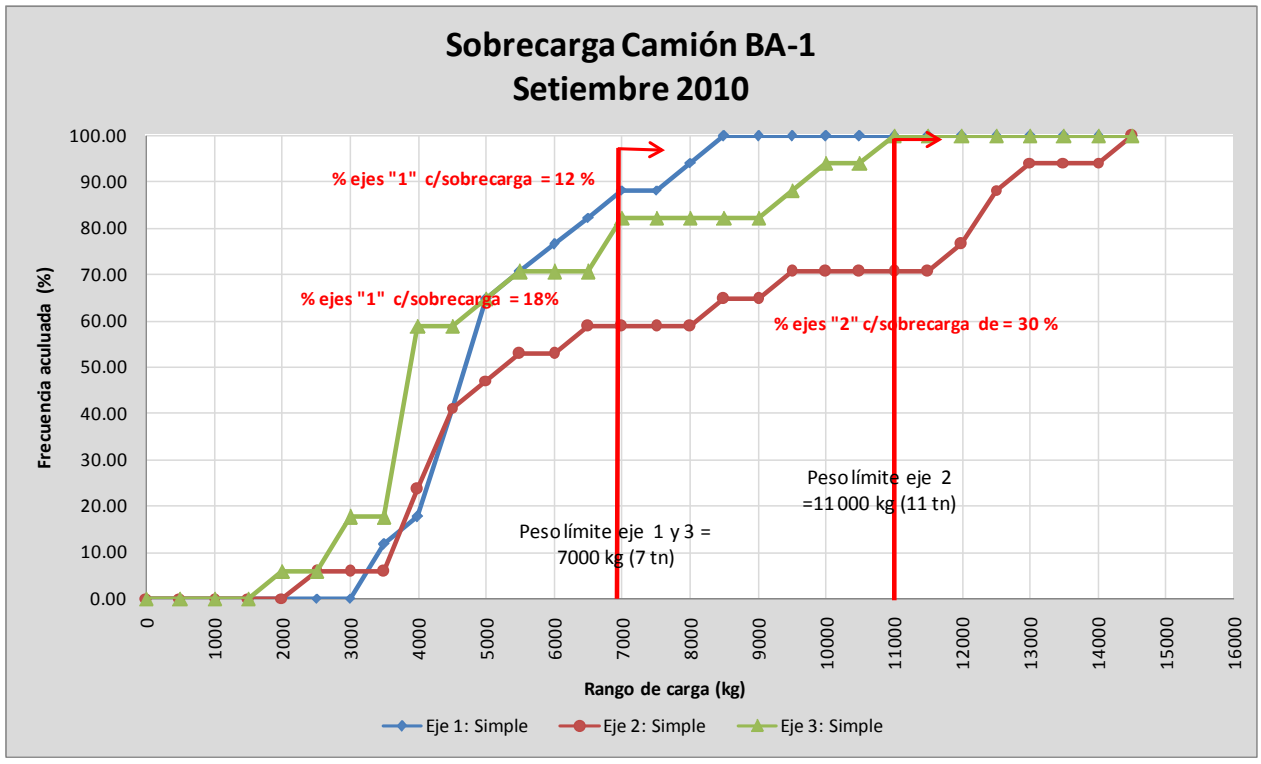


Figura 4.14. Frecuencias acumuladas para ejes de camiones BA-1*

**La muestra de los datos presentes para este tipo de unidad es muy pequeña, aunque se ha realizado el de diagrama de espectro de carga, se considera que éste no tiene un grado de confiabilidad aceptable*

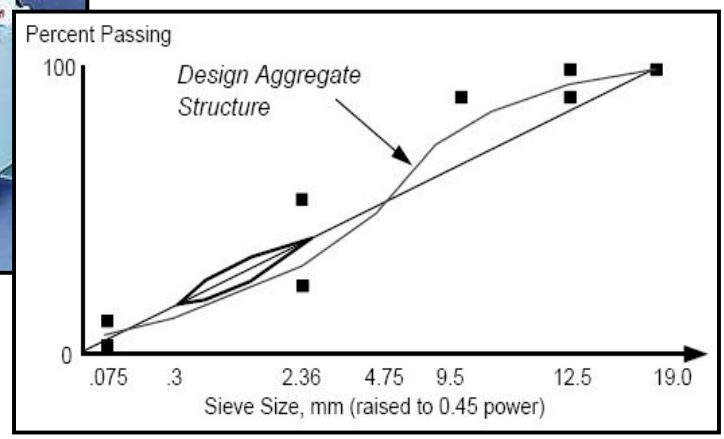
Apéndice A

Metodología SUPERPAVE para el Diseño de Mezclas Asfálticas

BITUMIX CVV Especialidades Asfálticas	MÉTODO SUPERPAVE [1]	Julio 2005

Metodología SUPERPAVE para el Diseño de Mezclas Asfálticas





BITUMIX CVV Especialidades Asfálticas	MÉTODO SUPERPAVE	Julio 2005

1 Introducción

Con un presupuesto que alcanzó los 150 millones de dólares (fondos provenientes de Estados Unidos, Canadá, México y algunos países de Europa), se desarrolló entre octubre de 1987 y marzo de 1993 el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, más conocido por sus siglas en inglés **SHRP** (Strategic Highway Research Program). El resultado final de estas investigaciones es un nuevo sistema para la especificación de materiales asfálticos: **el método SUPERPAVE** (**SU**perir **PER**forming Asphalt **PAVE**ments).

El sistema SUPERPAVE entrega:

- Nuevas especificaciones para asfaltos
- Nuevas especificaciones para agregados
- Nuevos métodos de diseño de mezclas asfálticas
- Nuevos modelos de predicción del comportamiento

Enfocado en producir una mezcla que se comporte adecuadamente, el primer paso del análisis SUPERPAVE involucra la selección cuidadosa de los materiales y el proporcionamiento volumétrico de los mismos[1].

Los niveles superiores de análisis requieren la utilización de sofisticados ensayos, gran parte de los cuales aun se encuentran siendo perfeccionados. Estos niveles apuntan a determinar con precisión el comportamiento futuro de la estructura del pavimento ante variables como el clima y el tráfico.

[1] Nivel de análisis en el que se centra el presente documento.

2 Sistema Superpave

El método **SUPERPAVE** esta compuesto por tres niveles. Debido a que el análisis y el diseño de una mezcla en el sistema SUPERPAVE son complejos, la extensión del uso de esta metodología (según los investigadores del SHRP) depende del nivel de tránsito y de la función de la mezcla en el pavimento. La **Tabla 2.1** especifica los distintos niveles considerados para el análisis y diseño de las mezclas asfálticas en caliente mediante la metodología SUPERPAVE.

Tabla 2.1: Niveles de Análisis Método SUPERPAVE

Tránsito (ESAL)	Nivel de Diseño	Requerimientos de Ensayo
ESAL < 10^6	Primer Nivel de Análisis	Diseño volumétrico
10^6 < ESAL < 10^7	Análisis Intermedio	Diseño volumétrico y pruebas de predicción del comportamiento
10^7 < ESAL	Análisis Completo	Diseño volumétrico y pruebas de predicción del comportamiento adicionales

2.1 Primer Nivel

Este nivel requiere el diseño volumétrico, el cual involucra los siguientes aspectos:

- Selección del tipo de asfalto
- Selección de las propiedades de los agregados
- Preparación de especimenes de ensayo
- Selección del contenido de asfalto

Esta actividad se basa en la estimación de las propiedades volumétricas de la mezcla: contenido de vacíos de la mezcla (**Va**), vacíos en el agregado mineral (**VMA**) y vacíos llenos de asfalto (**VFA**).

2.2 Nivel Intermedio

Este nivel utiliza como punto inicial el análisis volumétrico del nivel anterior. Los ensayos establecidos para el nivel intermedio de análisis son:

- Ensayo de corte (SST, ***SUPERPAVE shear test***)
- Ensayo de tensión indirecta (IDT, ***indirect tensile test***)

Utilizando equipos IDT y SST, son realizados varios ensayos para lograr de esta manera una serie de predicciones del comportamiento de la mezcla.

2.3 Nivel Avanzado

Incluye la totalidad de los pasos realizados en los niveles anteriores, pero se realizan pruebas adicionales IDT y SST, a una amplia gama de temperaturas. Un completo análisis de la mezcla utiliza especimenes confinados SST y ofrece un mayor y más confiable nivel de predicción del comportamiento de la misma.

Utilizando la metodología SUPERPAVE, los resultados de los ensayos de comportamiento de las mezclas asfálticas permiten estimar con gran precisión el comportamiento del pavimento durante el transcurso de su vida útil, en términos de ejes equivalentes (ESALs). De la misma manera, permite estimar la cantidad de ejes equivalentes para alcanzar cierto nivel de resistencia al desplazamiento, a grietas por fatiga o a grietas por bajas temperaturas.

3 Primer Nivel de Análisis

El algoritmo de diseño para mezclas SUPERPAVE es el presentado en la **Figura 3.1**. El diseño, como se aprecia en la figura, se enfoca inicialmente en la selección del ligante asfáltico y del agregado.

3.1 Estudio y Selección de los Materiales

3.1.1 Asfaltos: Ensayos de Laboratorio

Las especificaciones SUPERPAVE se enfocan en simular por medio de ensayos de laboratorio los 3 estados críticos a los cuales se ve expuesto el asfalto durante su vida útil:

- **Primer estado:** asfalto original, estado que se da durante el transporte, almacenamiento y manejo del ligante asfáltico
- **Segundo estado:** envejecimiento producido luego de la fabricación y colocación de la mezcla asfáltica
- **Tercer estado:** envejecimiento de la mezcla asfáltica cuando ha permanecido en servicio por un largo período

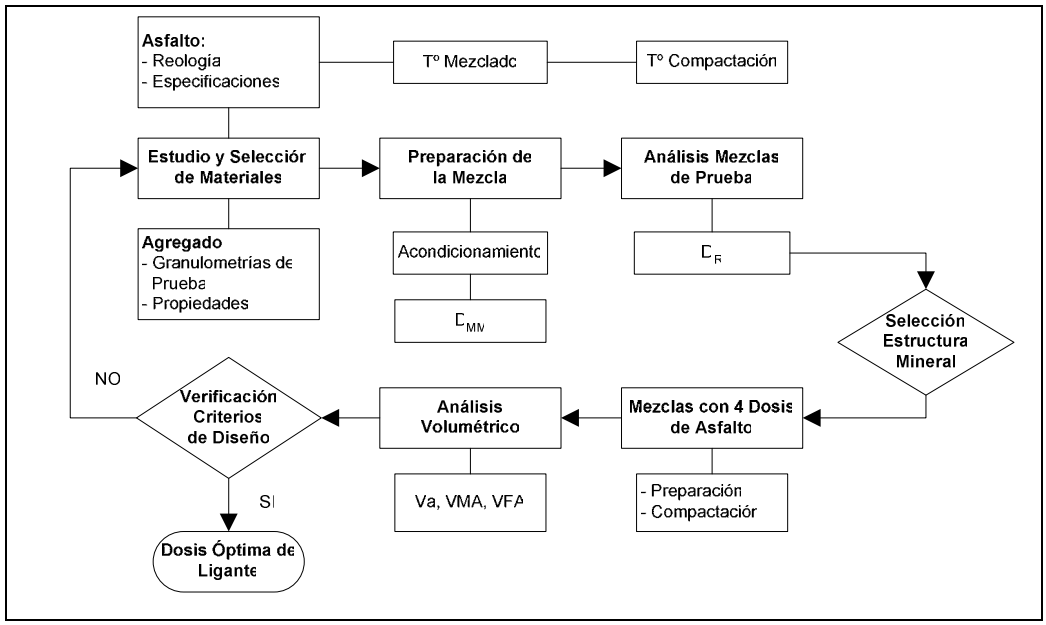


Figura 3.1: Algoritmo de diseño SUPERPAVE

Para simular el segundo estado, el endurecimiento producto de la oxidación que ocurre durante el mezclado y colocación de la mezcla, se utiliza el horno rotatorio

de película delgada **RTFOT** (***rolling thin film oven test***).

Posteriormente, mediante el ensayo **PAV** (***pressure aging vessel***) se oxida aceleradamente la mezcla, simulando el tercer estado (envejecimiento severo que sufre la mezcla después de haber estado en servicio por muchos años).

Las propiedades físicas de los asfaltos en el sistema SUPERPAVE son medidas sobre los asfaltos envejecidos en el laboratorio, simulando así las condiciones reales de operación del pavimento.

La medición de las propiedades físicas se realiza mediante la utilización de 4 equipos de ensayo, cuyo propósito se detalla en la **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1: Equipos para determinar Propiedades Físicas del Asfalto

Equipo	Propósito
DSR (Dynamic Shear Rheometer)	Mide las propiedades del asfalto a Tº alta e intermedia.
RV (Rotacional Viscometer)	Mide las propiedades del asfalto a alta Tº.
BBR (Bending Beam Rheometer)	Mide las propiedades del asfalto a baja Tº.
DTT (Direct Tension Tester)	Mide las propiedades del asfalto a baja Tº.

3.1.2 Selección del Grado Asfáltico

Una parte importante del primer nivel de diseño SUPERPAVE son las nuevas especificaciones para la selección de los ligantes asfálticos, definidas por su grado de comportamiento **PG** (***Performance Grade***).

La nueva nomenclatura que define el grado de comportamiento de los asfaltos es **PG XX-YY**, donde:

- **PG = Performance Grade**
- **XX = Temperatura Máxima** (temperatura máxima a la cual el asfalto debe mantener sus propiedades durante el servicio)
- **YY = Temperatura Mínima** (temperatura mínima a la cual el asfalto debe mantener sus propiedades durante el servicio)

Los asfaltos definidos en el método SUPERPAVE se muestran en la **Tabla 3.2**.

Al realizar un diseño, el grado de comportamiento de los asfaltos (PG) se selecciona considerando la región geográfica y las temperaturas a las cuales estará sometido el pavimento (a partir de registros históricos de temperaturas del aire).

Tabla 3.2: Rangos para el grado PG

	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima
PG	46	34, 46, 52
PG	52	10, 16, 22, 28, 34, 40, 46
PG	58	16, 22, 28, 34, 40
PG	64	10, 16, 22, 28, 34, 40
PG	70	10, 16, 22, 28, 34, 40
PG	76	10, 16, 22, 28, 34
PG	82	10, 16, 22, 28, 34

Deben ser utilizadas bases de datos de estaciones climáticas, con registros de temperatura ambiente por más de 20 años (como mínimo). Para cada año deben ser determinados:

- El promedio de las temperaturas máximas de los 7 días consecutivos más calurosos del año (temperatura del aire)
- La temperatura mínima del día más frío del año (temperatura del aire)

Para ambas series de datos (los cuales son considerados como XX_{aire} e YY_{aire}) deben ser determinados su promedio y la desviación estándar.

a) Temperaturas del Aire (T_{XXaire} y T_{YYaire})

La temperatura máxima y mínima del aire que debe ser considerada en el diseño, dependerá de la confiabilidad requerida (**z**) y de la desviación estándar de los datos (**σ**). Es decir:

- $\mathbf{T_{XXaire} = T_{Promedio} + z*\sigma}$
- $\mathbf{T_{YYaire} = T_{Promedio} - z*\sigma}$

Una confiabilidad de 50% considera un verano e invierno promedios. Por el contrario, confiabilidades mayores asumen veranos más calurosos e inviernos más fríos.

b) Temperaturas del Pavimento (T_{XX} y T_{YY})

Se calculan a partir de las temperaturas del aire y de un coeficiente (**Lat**) dado por la ubicación geográfica de la zona a pavimentar (latitud).

- $\mathbf{T_{XX} = (T_{XXaire} - 0.00618*Lat^2 + 0.2289*Lat + 42.2)*(0.9545) - 17.78}$
- $\mathbf{T_{YY} = T_{YYaire}}$ (En Canadá: $T_{YY} = 0.859*T_{YYaire} + 1.7$)

c) Efecto del Tránsito: Velocidad de Carga y Tránsito Acumulado

El ensayo DSR simula la carga de un vehículo a 90 kilómetros por hora. A velocidades menores, producto que el tiempo de carga es mayor, la rigidez de la mezcla disminuye. Por ello, se recomienda aumentar (en función de la velocidad de carga) en 1 ó 2 niveles[2] el grado XX requerido, debido a que aumentar el

[2] Cada nivel corresponde a 6ºC.

tiempo de carga sobre un pavimento es equivalente a aumentar la temperatura del mismo. Por ejemplo, si se requiere para una carga normal el grado **PG 64-22**, es recomendable utilizar el grado **PG 70-22** si las cargas serán lentas y el grado **PG 76-22** si las cargas serán estacionarias

Un mayor número de ejes equivalente totales significa que se producirán más ciclos de carga, por lo que las deformaciones permanentes acumuladas serán mayores. Por lo tanto, para evitar el ahuellamiento, debe ser seleccionado un asfalto más rígido a alta temperatura (elevar 1 nivel el grado XX).

3.1.3 Agregados: Propiedades de Consenso y Propiedades de Origen

El programa SHRP no desarrolló nuevos ensayos para los agregados, sin embargo, fueron adoptados ensayos adicionales y las especificaciones fueron reformuladas, con el objetivo de ajustarlas dentro del sistema SUPERPAVE. Es así como fueron definidas dos tipos de propiedades de los agregados: las propiedades de **consenso** y las de **origen**.

a) Propiedades de Consenso

Son consideradas críticas para alcanzar un alto comportamiento de la mezcla. Se asocian a la calidad del agregado para producir una mezcla resistente y durable.

Las propiedades de consenso (características de los agregados que pueden ser alteradas en las plantas de chancado y selección) son:

- Angularidad del agregado grueso
- Angularidad del agregado fino
- Partículas planas y alargadas
- Contenido de arcilla (equivalente de arena)

- Granulometría combinada

Estas propiedades deben reunir distintos niveles de calidad, los cuales dependen del nivel de tráfico (ejes equivalentes) y de la posición de la mezcla dentro de la estructura del pavimento.

Con la angularidad del agregado se busca alcanzar mezclas con alto grado de fricción interna, y por ende, una alta resistencia a los esfuerzos de corte. Ello permite mejorar la resistencia a la deformación permanente de la mezcla.

La limitación del porcentaje de partículas alargadas asegura la no susceptibilidad del agregado a triturarse durante el manejo de la mezcla y su posterior construcción y funcionamiento. Por otra parte, la limitación de la cantidad de arcilla en los agregados mejora la adherencia de los áridos con el asfalto.

b) Propiedades de Origen

Son aquellas propiedades asociadas a la calidad de la fuente del agregado. Si bien SHRP no especifica valores críticos, estas propiedades deben ser especificadas de acuerdo a la experiencia local.

Las propiedades de origen, las cuales dependen del lugar de obtención de los áridos, son:

- Tenacidad o dureza
- Durabilidad
- Materiales deletéreos

3.1.4 Graduación de los Agregados

Los investigadores del SHRP refinaron las especificaciones de graduación existentes y desarrollaron cartillas de graduación basados en la ecuación de Fuller. Dicha ecuación representa las curvas de máxima densidad (y mínimo VMA) para cada tamaño de áridos.

Producto de que utilizando la ecuación de Fuller se obtienen mezclas de fácil compactación, pero que tienden a ser muy frágiles y a poseer pocos vacíos en el agregado, el sistema SUPERPAVE utiliza cartillas en las cuales se incluyen puntos de control y una zona restrictiva. En estas cartillas, el tamaño de los tamices ha sido elevado a 0.45, por lo que la curva de máxima densidad queda representada por una recta, la cual va desde el origen hasta el tamiz por el cual pasa el 100% de los agregados (tamaño máximo). La **Figura 3.2** muestra un ejemplo de lo anterior.

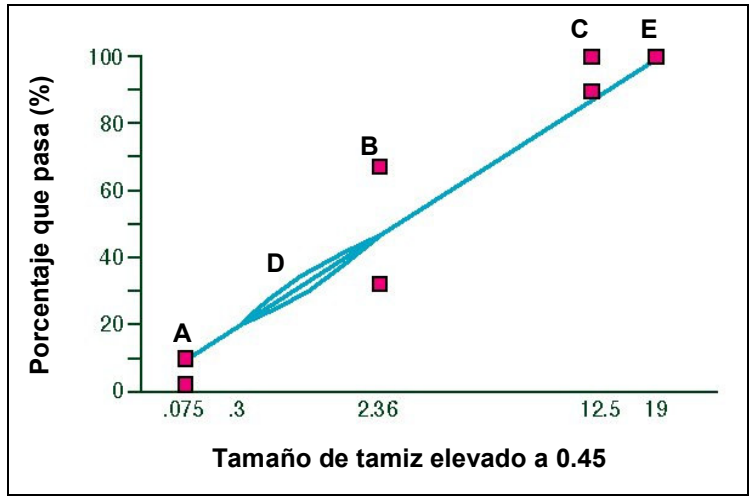


Figura 3.2: Ejemplo de especificaciones SUPERPAVE para agregados

En la **Figura 3.2**, el significado de los distintos puntos es el siguiente:

- **A, B, C:** Puntos de Control
- **D:** Zona Restrictiva
- **E:** Tamaño Máximo

La granulometría combinada debe pasar “a través” de los puntos de control, lo que asegura una determinada cantidad de vacíos para albergar el asfalto. Además, los puntos de control obligan a “cortar” la línea de máxima densidad (recta que va desde A hasta E), tendiendo a estructuras de agregados tipo “S”.

Por el contrario, la curva granulométrica de los agregados no debe pasar por la zona restrictiva (SHRP recomienda que pase bajo ella), lo que evita mezclas de áridos con una alta proporción de arena fina respecto a la totalidad de arena y graduaciones que sigan la línea fina de 0.45, lo cual no proporciona adecuados vacíos en el agregado mineral.

El diseño de la estructura de los áridos asegurará el desarrollo de un “esqueleto de piedra” resistente, el cual mejorará la resistencia a la deformación permanente (ahuellamiento) y alcanzará suficientes vacíos para la durabilidad de la mezcla.

3.2 Mezcla Asfáltica

3.2.1 Acondicionamiento de la Mezcla y Compactación en Laboratorio

Dos características claves del método de diseño SUPERPAVE son:

- El acondicionamiento de la mezcla
- La compactación efectuada en laboratorio

Las mezclas asfálticas que son utilizadas para fabricar briquetas, son acondicionadas durante 2 horas dentro de un horno a la temperatura de compactación (las temperaturas de mezclado y compactación se determinan igual que en el método de diseño tradicional, en función de la viscosidad del asfalto). Ello permite simular el envejecimiento de “corto plazo” que se produce durante el

almacenamiento y transporte de la mezcla asfáltica, dando tiempo además al agregado para absorber el asfalto.

La compactación en laboratorio es realizada haciendo uso del **Compactador Giratorio** o **SGC** (SUPERPAVE Gyratory Compactor, **Figura 3.3**). Este equipo efectúa una rotación con un ángulo de inclinación de 1.25 grados y aplica sobre la mezcla una presión de confinamiento de 600 KPa. La suma de ambos factores simula el efecto producido por los rodillos compactadores (el número de rotaciones requeridas, N_{DIS}, se especifica en AASHTO TP4-93).

El SGC incorpora un software que indica la altura del espécimen y el número de revoluciones, lo que permite determinar el grado de compactación de la briqueta a lo largo de todo el proceso de compactación (ingresando previamente el peso inicial y la densidad máxima de la mezcla).



Figura 3.3: Compactador Giratorio SUPERPAVE (SGC)

3.2.2 Diseño SUPERPAVE: Etapa de Prueba

Se deben preparar distintas mezclas de prueba (utilizando diferentes mezclas de agregados) a las cuales, luego de efectuada la compactación, se les determinan los parámetros volumétricos (porcentaje de asfalto **Pb**, porcentaje de vacíos **Va**, vacíos del agregado mineral **VMA** y vacíos llenos con asfalto **VFA**).

La premisa central del diseño volumétrico SUPERPAVE es que las muestras de prueba deben contener la cantidad adecuada de cemento asfáltico, tal que se alcance **exactamente** un 96% de compactación respecto a la D_{MM} (es decir, **4% de vacíos para N_{DIS}**).

Es por ello que se "estiman" nuevos parámetros volumétricos, utilizando los inicialmente calculados, para el caso en que el contenido de vacíos (**Va**) fuera exactamente 4%. Las fórmulas para realizar las estimaciones son las siguientes:

- $\mathbf{Pb_{ESTIMADO} = Pb_{INICIAL} - 0.4*(4 - Va_{INICIAL})}$
- $\mathbf{\%VMA_{ESTIMADO} = \%VMA_{INICIAL} + C*(4 - Va_{INICIAL})}$
- $\mathbf{\%VFA_{ESTIMADO} = 100*[(\%VMA_{ESTIMADO} - 4) / (\%VMA_{ESTIMADO})]}$
- $\mathbf{C = 0.1 \text{ si } Va_{INICIAL} < 4\%}$
- $\mathbf{C = 0.2 \text{ si } Va_{INICIAL} > 4\%}$

Dichas estimaciones permitirán efectuar una apropiada y objetiva comparación entre las distintas mezclas de prueba utilizadas. El diseñador deberá elegir la "estructura de agregados de diseño", es decir, aquella mezcla de prueba que de mejor forma cumpla con los requisitos señalados en la especificación AASHTO MP2-95.

3.2.3 Diseño SUPERPAVE: Diseño Definitivo

Seleccionada la estructura de agregados de diseño, deben ser preparados los siguientes especimenes:

- 2 con $Pb_{ESTIMADO}$
- 2 con $Pb_{ESTIMADO}$ + 0.5%
- 2 con $Pb_{ESTIMADO}$ - 0.5%
- 2 con $Pb_{ESTIMADO}$ + 1.0%
- 2 especimenes sueltos con $Pb_{ESTIMADO}$ (para determinar densidad máxima)

Los especimenes son preparados y ensayados de la misma manera que en el caso de la selección de la estructura de agregados. Con los resultados de las propiedades de la mezcla en función del contenido de asfalto (confeccionados los gráficos) se procede de la siguiente manera:

- Determinar Pb con el cual se obtiene 4% de vacíos de aire (Va)
- Determinar las propiedades de la mezcla al contenido de asfalto seleccionado
- Comparar las propiedades de la mezcla con los criterios de diseño SUPERPAVE (AASHTO MP2-95)
- Evaluada la sensibilidad de la mezcla a la humedad, analizando la pérdida de adherencia entre el asfalto y el agregado por medio del ensayo ASSHTO T283

Con el paso anterior se concluye el diseño SUPERPAVE del nivel 1. Como se mencionó anteriormente en el presente artículo, si bien los niveles 2 y 3 han sido desarrollados, se encuentran aún en etapas de prueba y perfeccionamiento.

Apéndice B

Método para la determinación del Índice de Condición del Pavimento (*Pavement Condition Index* – PCI)

ingepav
ingeniería de pavimentos

PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS

Preparado por:
ING. ESP. LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA

Manizales, Febrero de 2002.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

2. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los ***"valores deducidos"***, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Cuadro 1.
RANGOS DE CALIFICACIÓN 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

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

3. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las Figuras 1 y 2 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA	**ABSCISA INICIAL**	**UNIDAD DE MUESTREO**
CÓDIGO VÍA	**ABSCISA FINAL**	**ÁREA MUESTREO (m²)**
INSPECCIONADA POR		**FECHA**

ESQUEMA

No.	**Daño**	**No.**	**Daño**
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.
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 1. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

3.1. Unidades de Muestreo:

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

a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **230.0 ± 93.0 m².** En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Cuadro 2
LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS

Ancho de calzada (m)	**Longitud de la unidad de muestreo (m)**
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

b. Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO
CÓDIGO VÍA	**ABSCISA FINAL**	**NÚMERO DE LOSAS**
INSPECCIONADA POR		**FECHA**

No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					. . .
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 2. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.

3.2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

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

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

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$$ Ecuación 1.

Donde:
n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)
σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

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

3.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

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

a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n}$$ Ecuación 2.

Donde:
N: Número total de unidades de muestreo disponible.
n: Número mínimo de unidades para evaluar.
i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

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

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

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (***i)*** es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

3.4. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, ***"cruce de línea férrea"***) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una ***"unidad adicional"*** en lugar de una ***"unidad representativa"*** o aleatoria. Cuando

se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

3.5. Evaluación de la Condición:

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

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo.
- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u ***"hoja de información de exploración de la condición"*** para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

4. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

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

4.1. Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

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

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

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los "Valores Deducidos" es mayor que 2, se usa el "Valor Deducido Total" en lugar del mayor "Valor Deducido Corregido", CDV, obtenido en la ***Etapa 4***. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el ***"Número Máximo Admisible de Valores Deducidos" (m)***, utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.

Donde:
m_i: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo ***i***.
HDV_i: El ***mayor valor deducido individual*** para la unidad de muestreo ***i***.

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

Etapa 3. Cálculo del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos, ***q***, mayores que 2.0.

3. b. Determine el "Valor Deducido Total" sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c. Determine el CDV con ***q*** y el "Valor Deducido Total" en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los "Valores Deducidos" individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que ***q*** sea igual a 1.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

4.2. Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos.

1. a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.

1. b. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

1. c. Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de ***"Valor Deducido de Daño"*** apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

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

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente.

Etapa 3. Cálculo del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

Etapa 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

En la Figura 3 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

PAVEMENT CONDITION INDEX

FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Figura 3. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.

5. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO.

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{\left[(N-A)\times PCI_R\right]+\left(A\times PCI_A\right)}{N}$$ Ecuación 4.

Donde:
PCI_S: PCI de la sección del pavimento.
PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.
PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.
N: Número total de unidades de muestreo en la sección.
A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

MANUAL DE DAÑOS

CALIDAD DE TRÁNSITO (RIDE QUALITY)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la ***calidad de tránsito*** (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las ***corrugaciones*** y el ***cruce de vía férrea***. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la ***calidad de tránsito***.

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por ***corrugaciones***) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los ***abultamientos o hundimientos*** individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los ***abultamientos o hundimientos*** individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o ***los abultamientos o hundimientos*** individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La ***calidad de tránsito*** se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO ASFÁLTICO

1. PIEL DE COCODRILO.

Descripción: Las ***grietas de fatiga*** o ***piel de cocodrilo*** son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una ***malla de gallinero*** o a la ***piel de cocodrilo***. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los ***0.60 m***.

El agrietamiento de ***piel de cocodrilo*** ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que este sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como "***grietas en bloque***", el cual no es un daño debido a la acción de la carga).

La ***piel de cocodrilo*** se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

Medida

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

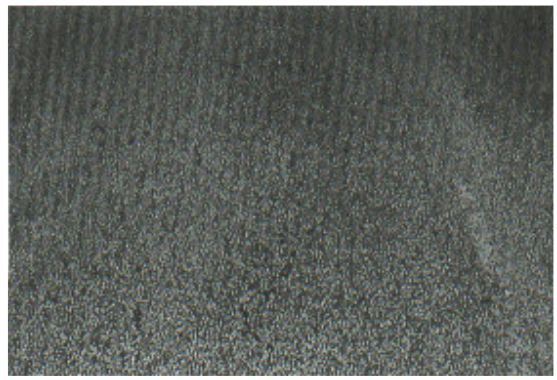


Figura A1-a. Piel de cocodrilo de baja severidad.



Figura A1-b. Piel de cocodrilo de severidad media.



Figura A1-c. Piel de cocodrilo de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

2. EXUDACIÓN.

Descripción: La ***exudación*** es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La ***exudación*** es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Niveles de severidad.

L: La ***exudación*** ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la ***exudación*** no deberá contabilizarse el ***pulimento de agregados***.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

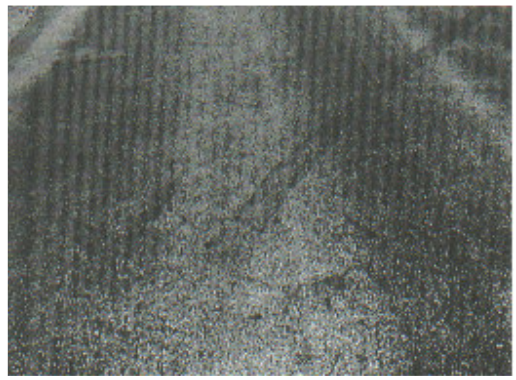


Figura A2-a. Exudación de baja severidad.

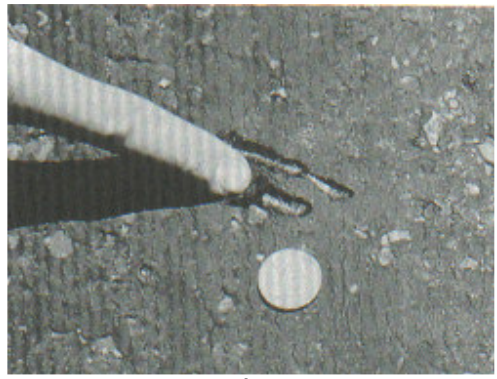


Figura A2-b. Exudación de severidad media.



Figura A2-c. Exudación de alta severidad.

3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE.

Descripción: Las ***grietas en bloque*** son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los ***bloques*** pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las ***grietas en bloque*** se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las ***grietas en bloque*** no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la ***piel de cocodrilo*** en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los ***bloques,*** la ***piel de cocodrilo*** es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Niveles de severidad.

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para ***grietas longitudinales y transversales.***

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un sólo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

Opciones de reparación

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura A3-a. Grietas en bloque de baja severidad.



Figura A3-b. Grietas en bloque de severidad media.



Figura A3-c. Grietas en bloque de alta severidad.

4. ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS).

Descripción: Los ***abultamientos*** son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los ***desplazamientos***, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los ***abultamientos***, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado "***tenting***").

Los ***hundimientos*** son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "***ondulaciones***" (***hinchamiento: swelling***).

Niveles de severidad

L: Los ***abultamientos*** o ***hundimientos*** originan una ***calidad de tránsito*** de baja severidad.

M: Los ***abultamientos*** o ***hundimientos*** originan una ***calidad de tránsito*** de severidad media.

H: Los ***abultamientos*** o ***hundimientos*** originan una ***calidad de tránsito*** de severidad alta.

Medida

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama ***corrugación***. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

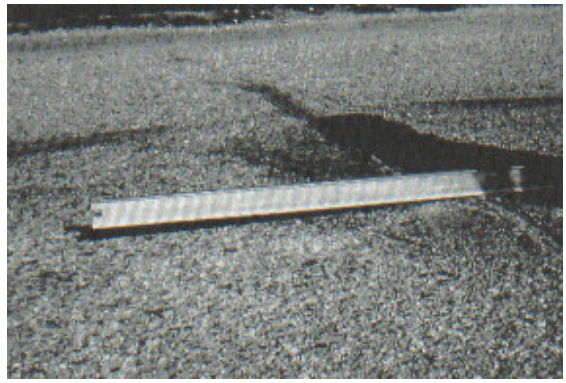


Figura A4-a. Abultamientos y hundimientos de baja severidad.



Figura A4-b. Abultamientos y hundimientos de severidad media.



Figura A4-c. Abultamientos y hundimientos de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

5. CORRUGACIÓN.

Descripción: La ***corrugación*** (también llamada "lavadero") es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los ***abultamientos*** ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina ***corrugación***.

Niveles de severidad

L: Corrugaciones producen una ***calidad de tránsito*** de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una ***calidad de tránsito*** de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una ***calidad de tránsito*** de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura A5-a. Corrugación de baja severidad.

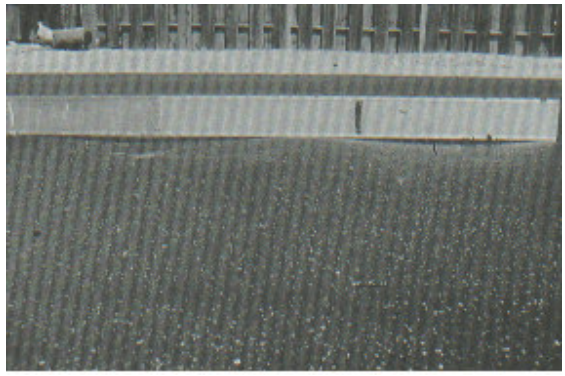


Figura A5-b. Corrugación de severidad media.



Figura A5-c. Corrugación de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

6. DEPRESIÓN.

Descripción: Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las ***depresiones*** suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un "baño de pájaros" (bird bath). En el pavimento seco las ***depresiones*** pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las ***depresiones*** son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Los ***hundimientos*** a diferencia de ***las depresiones,*** son las caídas bruscas del nivel.

Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

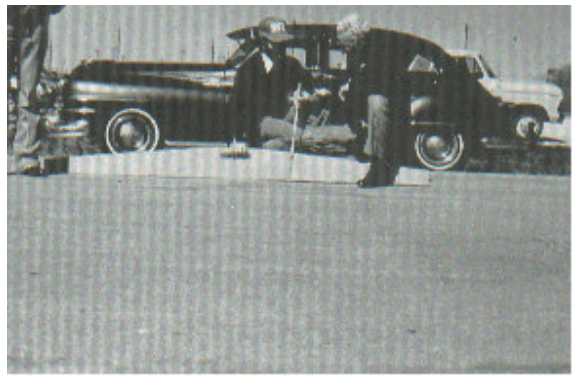


Figura A6-a. Depresión de baja severidad.

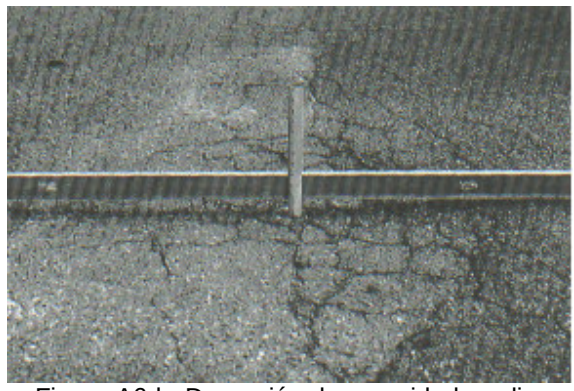


Figura A6-b. Depresión de severidad media.

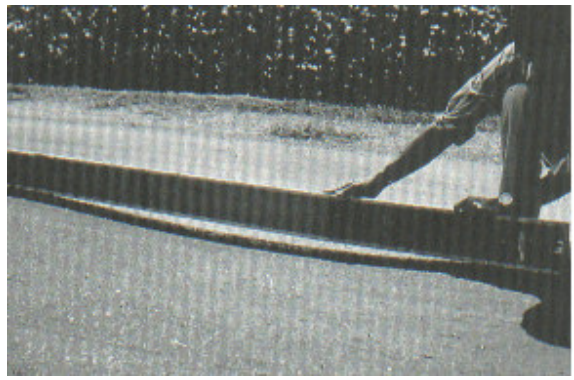


Figura A6-c. Depresión de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

7. GRIETA DE BORDE.

Descripción: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

Niveles de severidad.

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Medida

La ***grieta de borde*** se mide en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.



Figura A7-a. Grieta de borde de baja severidad.



Figura A7-b. Grieta de borde de severidad media.



Figura A7-c. Grieta de borde de alta severidad.

8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA (DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).

Descripción: Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

Medida

La ***grieta de reflexión de junta*** se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

Opciones de Reparación.

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.



Figura A8-a. Grieta de reflexión de junta de baja severidad.



Figura A8-b. Grieta de reflexión de junta de severidad media.



Figura A8-c. Grieta de reflexión de junta de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

9. DESNIVEL CARRIL / BERMA.

Descripción: El ***desnivel carril / berma*** es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Niveles de severidad.

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Medida

El ***desnivel carril / berma*** se miden en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

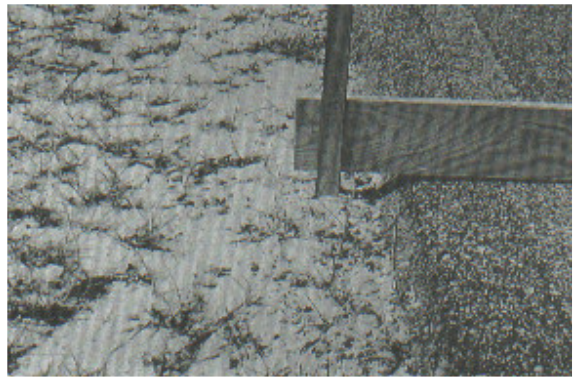


Figura A9-a. Desnivel carril / berma de baja severidad.



Figura A9-b. Desnivel carril / berma de severidad media.

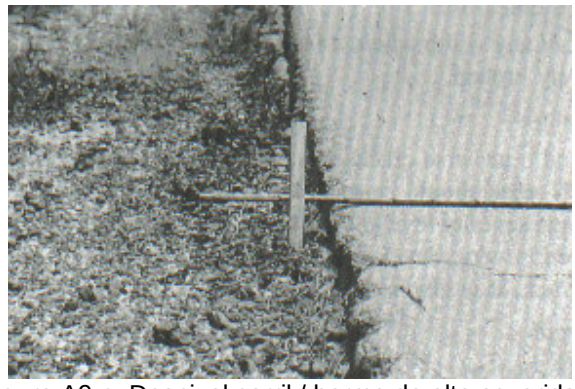


Figura A9-c. Desnivel carril / berma de alta severidad.

10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (NO SON DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).

Descripción: Las ***grietas longitudinales*** son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las ***grietas transversales*** se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medida

Las ***grietas longitudinales y transversales*** se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrase por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

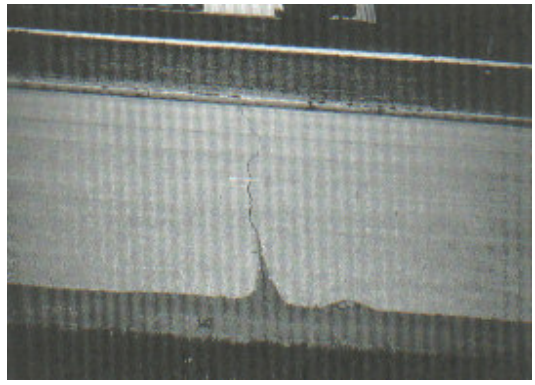


Figura A10-a. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de baja severidad.

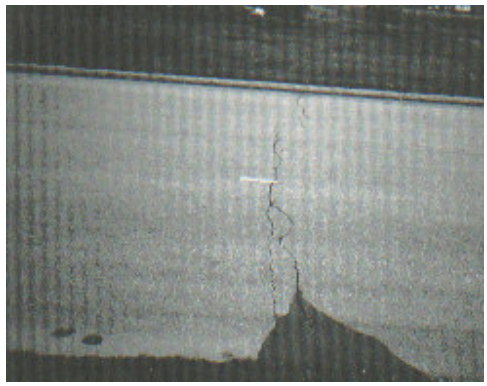


Figura A10-b. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de severidad media.



Figura A10-c. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de alta severidad.

11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.

Descripción: Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

Niveles de Severidad.

L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Medida.

Los ***parches*** se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.

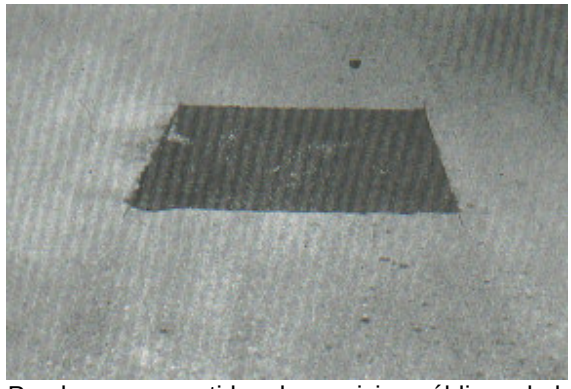


Figura A11-a. Parcheo y acometidas de servicios públicos de baja severidad.



Figura A11-b. Parcheo y acometidas de servicios públicos de severidad media.



Figura A11-c. Parcheo y acometidas de servicios públicos de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

12. PULIMENTO DE AGREGADOS.

Descripción: Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El ***pulimento de agregados*** debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

Niveles de severidad.

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza ***exudación***, no se tendrá en cuenta el ***pulimento de agregados***.

Opciones de reparación

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.



Figura A12. Pulimento de agregados.

13. HUECOS.

Descripción: Los ***huecos*** son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los ***huecos*** se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de ***piel de cocodrilo*** de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con ***desprendimiento*** o ***meteorización***. Cuando los huecos son producidos por ***piel de cocodrilo*** de alta severidad deben registrarse como huecos, no como ***meteorización***.

Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro 13.1.

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Cuadro 13.1. Niveles de severidad para huecos.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50. 8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.
M: Parcheo parcial o profundo.
H: Parcheo profundo.

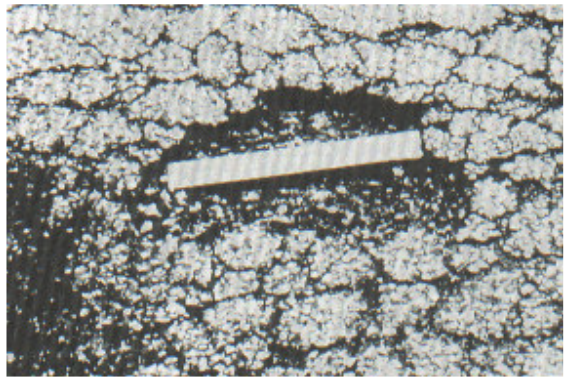


Figura A13-a. Hueco de baja severidad.



Figura A13-b. Hueco de severidad media.

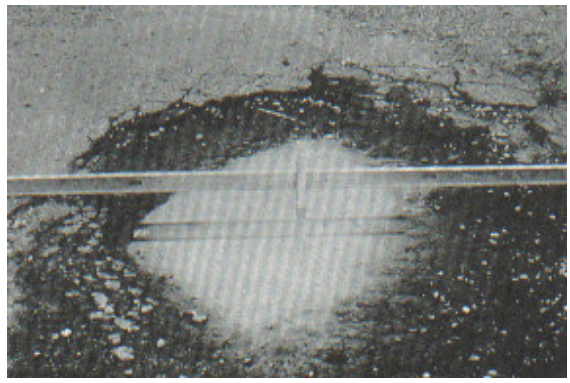


Figura A13-c. Hueco de severidad alta.

14. CRUCE DE VÍA FÉRREA.

Descripción: Los defectos asociados al ***cruce de vía férrea*** son ***depresiones*** o ***abultamientos*** alrededor o entre los rieles.

Niveles de severidad

L: El ***cruce de vía férrea*** produce ***calidad de tránsito*** de baja severidad.

M: El ***cruce de vía férrea*** produce ***calidad de tránsito*** de severidad media.

H: El ***cruce de vía férrea*** produce ***calidad de tránsito*** de severidad alta.

Medida

El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la ***calidad de tránsito,*** entonces no debe registrarse. Cualquier ***abultamiento*** considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura A14-a. Cruce de vía férrea de baja severidad.



Figura A14-b. Cruce de vía férrea de severidad media.



Figura A14-c. Cruce de vía férrea de severidad alta.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

15. AHUELLAMIENTO.

Descripción: El ***ahuellamiento*** es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ***ahuellamiento***, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ***ahuellamiento*** se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ***ahuellamiento*** importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

Medida

El ***ahuellamiento*** se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

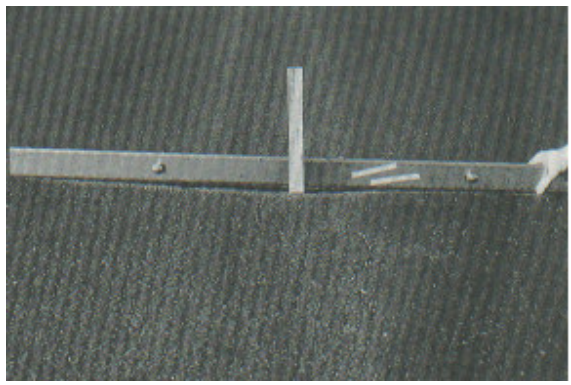


Figura A15-a. Ahuellamiento de baja severidad.

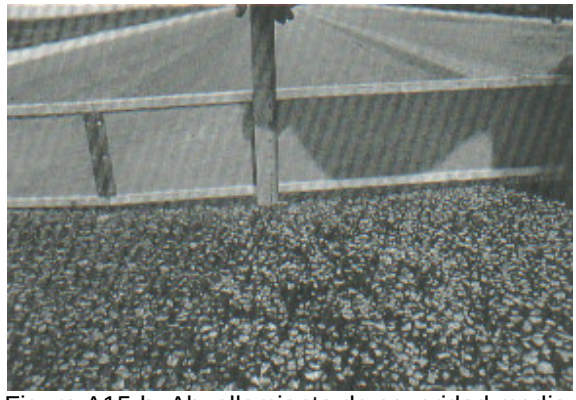


Figura A15-b. Ahuellamiento de severidad media.

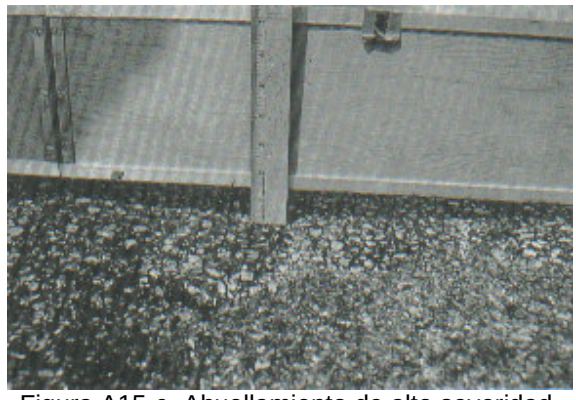


Figura A15-c. Ahuellamiento de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

16. DESPLAZAMIENTO.

Descripción: El ***desplazamiento*** es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los ***desplazamientos*** también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el ***desplazamiento***.

Niveles de severidad

L: El ***desplazamiento*** causa ***calidad de tránsito*** de baja severidad.

M: El ***desplazamiento*** causa ***calidad de tránsito*** de severidad media.

H: El ***desplazamiento*** causa ***calidad de tránsito*** de alta severidad.

Medida

Los ***desplazamientos*** se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Los ***desplazamientos*** que ocurren en ***parches*** se consideran para el inventario de daños como ***parches***, no como un daño separado.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura A16-a. Desplazamiento de baja severidad.

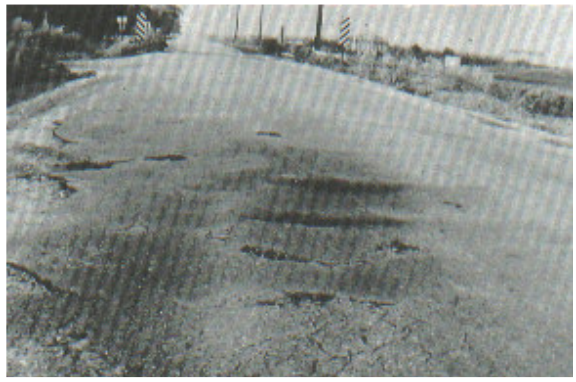


Figura A16-b. Desplazamiento de severidad media.

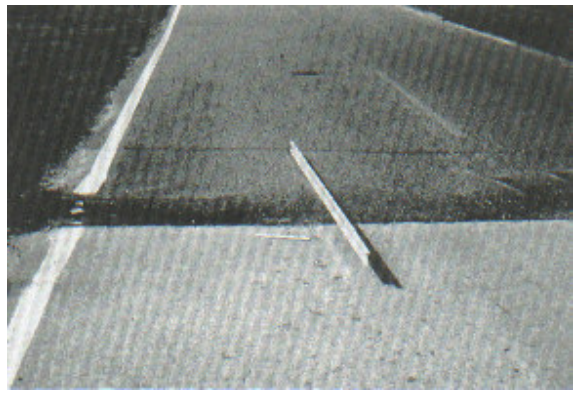


Figura A16-c. Desplazamiento de severidad alta.

17. GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE).

Descripción: Las ***grietas parabólicas por deslizamiento (slippage)*** son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Nivel de severidad

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:
1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida

El área asociada con una ***grieta parabólica*** se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

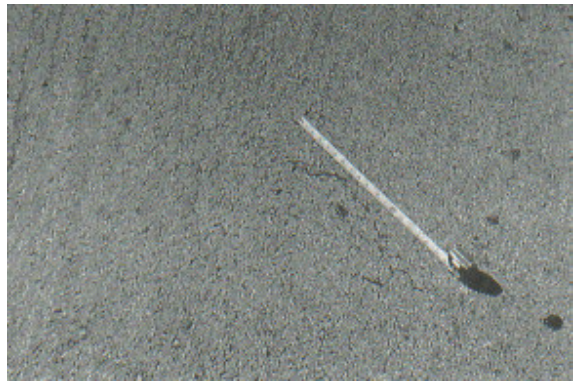


Figura A17-a. Grieta parabólica (slippage) de baja severidad.

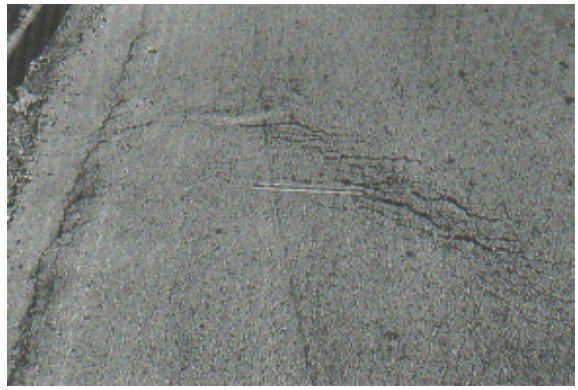


Figura A17-b. Grieta parabólica (slippage) de severidad media.

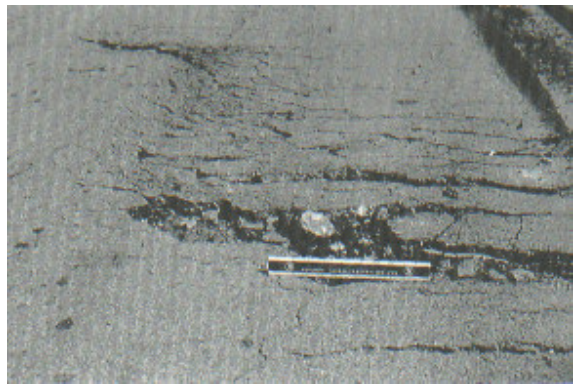


Figura A17-c. Grieta parabólica (slippage) de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

18. HINCHAMIENTO.

Descripción: El ***hinchamiento*** se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El ***hinchamiento*** puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Nivel de severidad

L: El ***hinchamiento*** causa ***calidad de tránsito*** de baja severidad. El ***hinchamiento*** de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un ***hinchamiento*** se producirá un movimiento hacia arriba.

M: El ***hinchamiento*** causa ***calidad de tránsito*** de severidad media.

H: El ***hinchamiento*** causa ***calidad de tránsito*** de alta severidad.

Medida

El ***hinchamiento*** se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.



Figura A18. Ejemplo de hinchamiento. El nivel de severidad se basa en el criterio de la calidad de tránsito.

19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.

Descripción: La ***meteorización*** y el ***desprendimiento*** son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como ***desprendimiento***.

Niveles de severidad

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran ***huecos***. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Medida

La ***meteorización*** y el ***desprendimiento*** se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

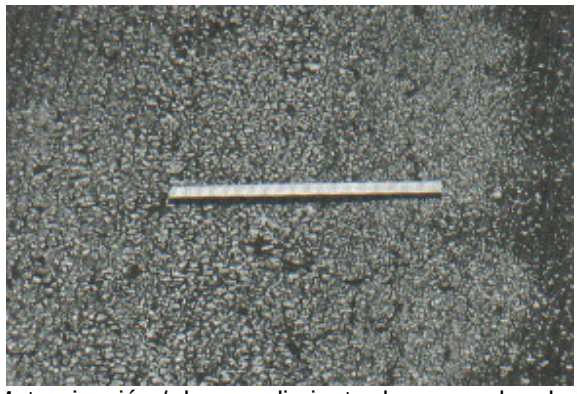


Figura A19-a. Meteorización / desprendimiento de agregados de baja severidad.



Figura A19-b. Meteorización / desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura A19-c. Meteorización / desprendimiento de agregados de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND

21. BLOWUP - BUCKLING.

Descripción: Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

Niveles de Severidad

L: Causa una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Causa una calidad de tránsito de severidad media.

H: Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

En una grieta, un ***blowup*** se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del ***blowup*** deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.

Opciones de Reparación

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.



Figura C21-a. Blowup / Buckling de baja severidad.



Figura C21-b. Blowup / Buckling de baja severidad.



Figura C21-c. Blowup / Buckling de baja severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

22. GRIETA DE ESQUINA.

Descripción: Una ***grieta de esquina*** es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera ***grieta de esquina*** sino ***grieta diagonal;*** sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una ***grieta de esquina***. Una ***grieta de esquina*** se diferencia de un ***descascaramiento de esquina*** en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la perdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

Niveles de Severidad

L: La grieta esta definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M)

H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas esta muy agrietada.

Medida

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Sólo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una ***grieta de esquina*** de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una ***grieta de esquina*** media.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

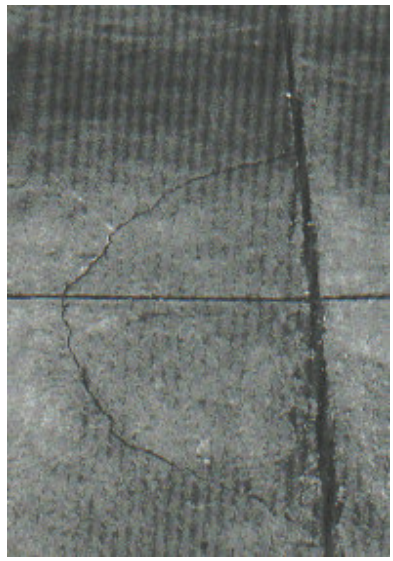


Figura C22-a. Grieta de esquina de baja severidad.

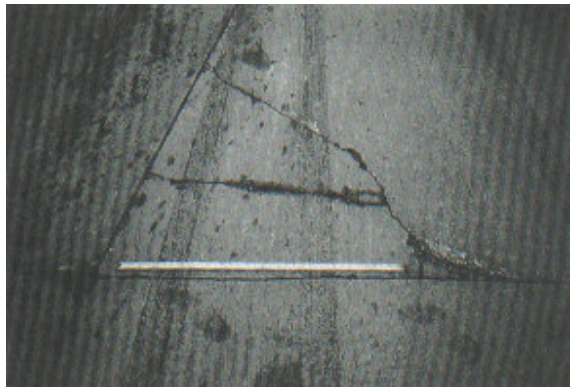


Figura C22-b. Grieta de esquina de severidad media.



Figura C22-c. Grieta de esquina de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

23. LOSA DIVIDIDA.

Descripción: La ***losa*** es ***dividida*** por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una ***grieta de esquina***, el daño se clasifica como una ***grieta de esquina*** severa.

Niveles de severidad

En el Cuadro 23.1 se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Cuadro 23.1. Niveles de Severidad para Losa Dividida

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 ó más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Medida

Si la ***losa dividida*** es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

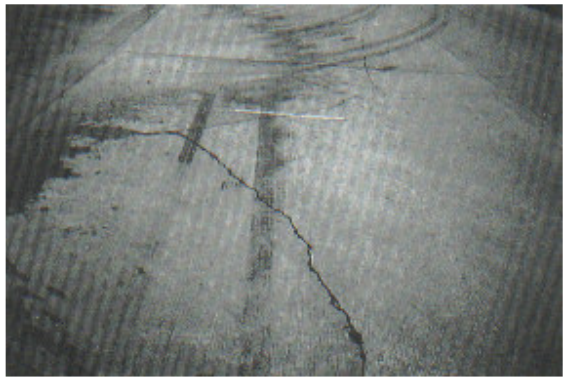


Figura C23-a. Losa dividida de baja severidad.



Figura C23-b. Losa dividida de severidad media.

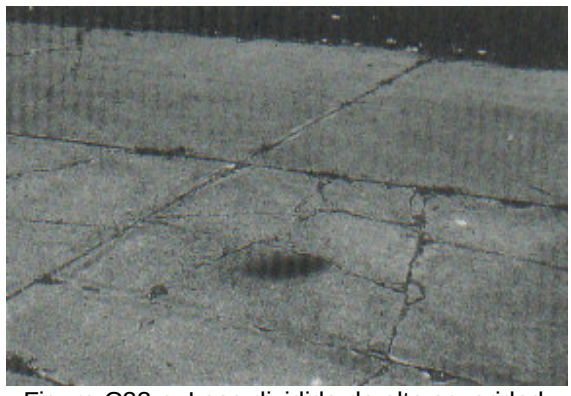


Figura C23-c. Losa dividida de alta severidad.

24. GRIETA DE DURABILIDAD "D".

Descripción: Las ***grietas de durabilidad "D"*** son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las ***grietas "D"***. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

Niveles de severidad

L: Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.
2. Las grietas "D" cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas "D" cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

Medida

Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si ***grietas "D"*** de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.

H: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.

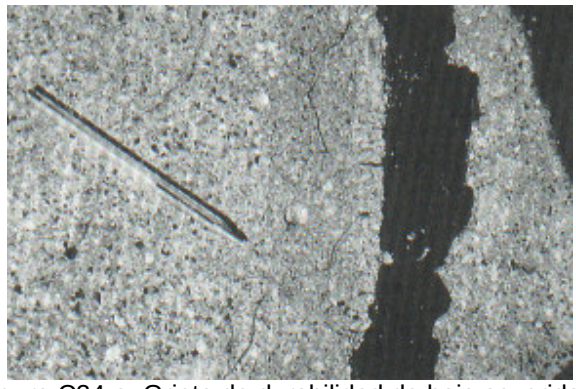


Figura C24-a. Grieta de durabilidad de baja severidad.



Figura C24-b. Grieta de durabilidad de severidad media.



Figura C24-c. Grieta de durabilidad de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

25. ESCALA.

Descripción: Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Niveles de Severidad

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el Cuadro 25.1.

Cuadro 25.1 Niveles de Severidad para Escala.

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Medida

La ***escala*** a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las ***escalas*** a través de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura C25-a. Escala de baja severidad.



Figura C25-b. Escala de severidad media.

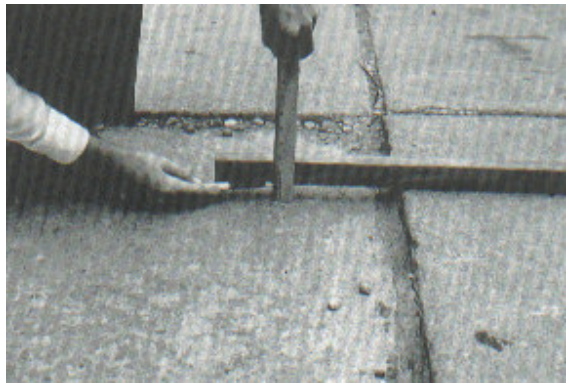


Figura C25-c. Escala de alta severidad.

26. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.

Descripción: Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Perdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

Niveles de Severidad

L: El ***sellante*** esta en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

Medida

No se registra losa por losa sino que se evalúa con base en la condición total del ***sellante*** en toda el área.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.

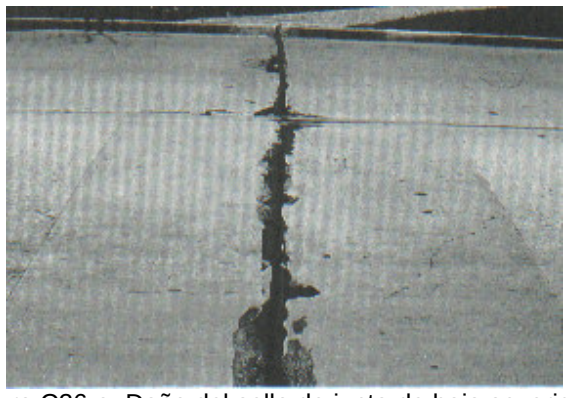


Figura C26-a. Daño del sello de junta de baja severidad.

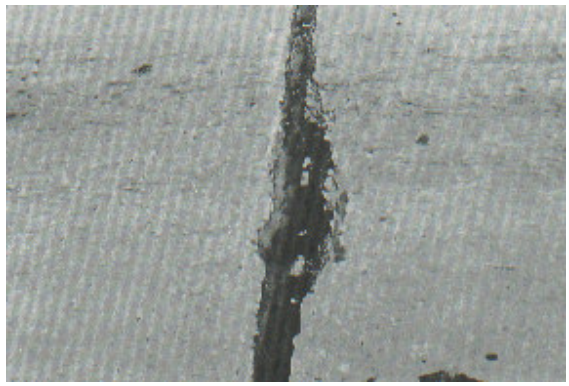


Figura C26-b. Daño del sello de junta de severidad media.



Figura C26-c. Daño del sello de junta de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

27. DESNIVEL CARRIL / BERMA.

Descripción: El ***desnivel carril / berma*** es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

Nivel de severidad

L: La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.

M: La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

H: La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.

Medida

El ***desnivel carril / berma*** se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.

Opciones de reparación

L, M, H: Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.

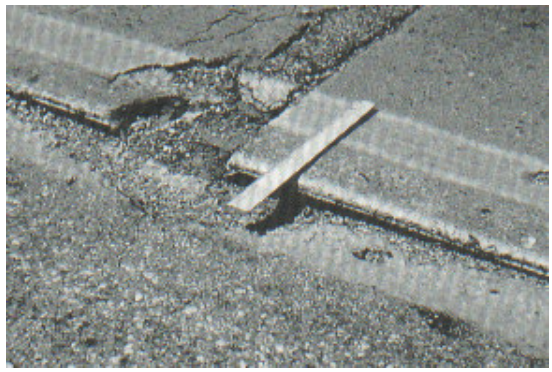


Figura C27-a. Desnivel carril / berma de baja severidad.

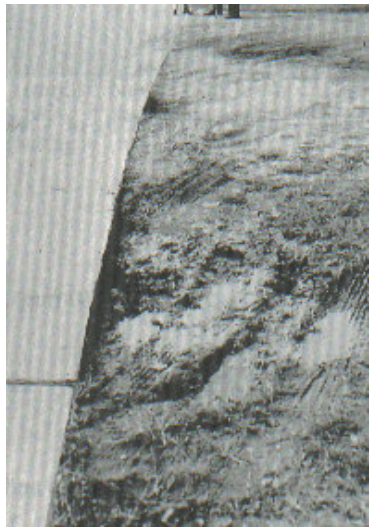


Figura C27-b. Desnivel carril / berma de severidad media.

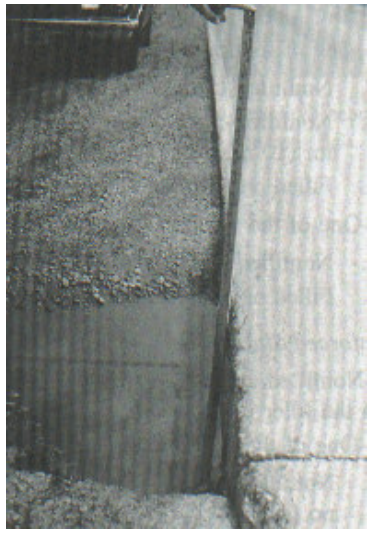


Figura C27-c. Desnivel carril / berma de alta severidad.

28. GRIETAS LINEALES (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).

Descripción: Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como ***losas divididas***. Comúnmente, las ***grietas*** de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las ***grietas capilares,*** de pocos pies de longitud y que no se propagan en todo la extensión de la losa, se contabilizan como ***grietas de retracción***.

Niveles de severidad

Losas sin refuerzo

L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

Losas con refuerzo

L: Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

Medida

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como ***losas divididas***. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en “losas” de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.



Figura C28-a. Grietas lineales de baja severidad en losa de concreto simple.

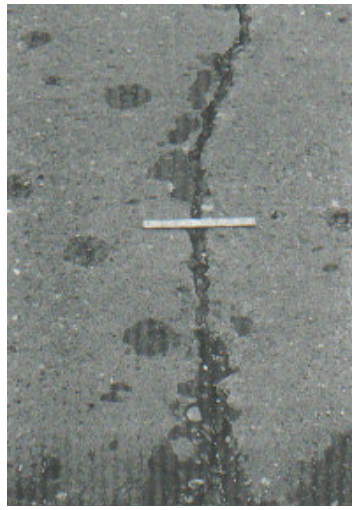


Figura C28-b. Grietas lineales de severidad media en losa de concreto reforzado.

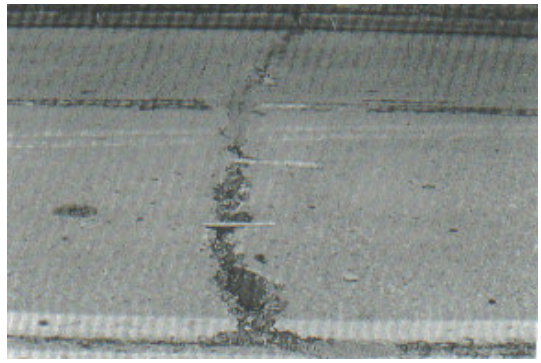


Figura C28-c. Grietas lineales de alta severidad en losa de concreto simple.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

29. PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 M^2) Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.

Descripción: Un ***parche*** es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una ***excavación de servicios públicos*** (utility cut) es un ***parche*** que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una ***excavación de servicios*** son los mismos que para el parche regular.

Niveles de severidad

L: El parche esta funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.

H: El parche esta muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

Medida

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

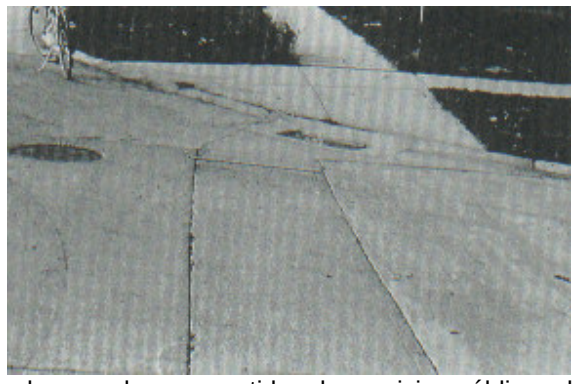


Figura C29-a. Parche grande y acometidas de servicios públicos de baja severidad.

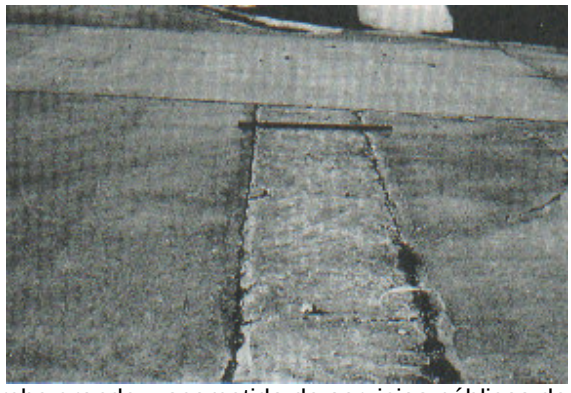


Figura C29-b. Parche grande y acometida de servicios públicos de severidad media.

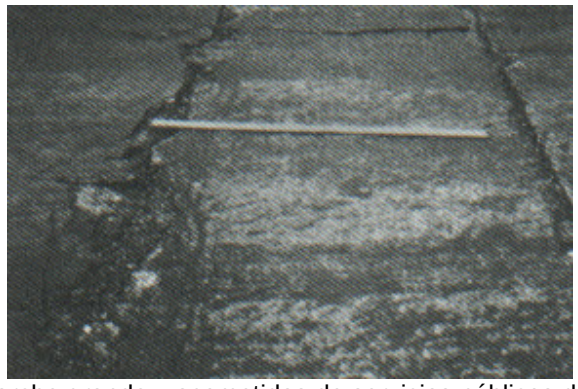


Figura C29-c. Parche grande y acometidas de servicios públicos de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

30. PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 M^2).

Descripción: Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

Niveles de Severidad

L: El ***parche*** está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El ***parche*** está moderadamente deteriorado. El material del ***parche*** puede ser retirado con considerable esfuerzo.

H: El ***parche*** esta muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

Medida

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura C30-a. Parche pequeño de baja severidad.



Figura C30-b. Parche pequeño de severidad media.



Figura C30-c. Parche pequeño de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

31. PULIMENTO DE AGREGADOS.

Descripción: Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El ***pulimento de agregados*** que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

Niveles de Severidad

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

Medida

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

Opciones de reparación

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.

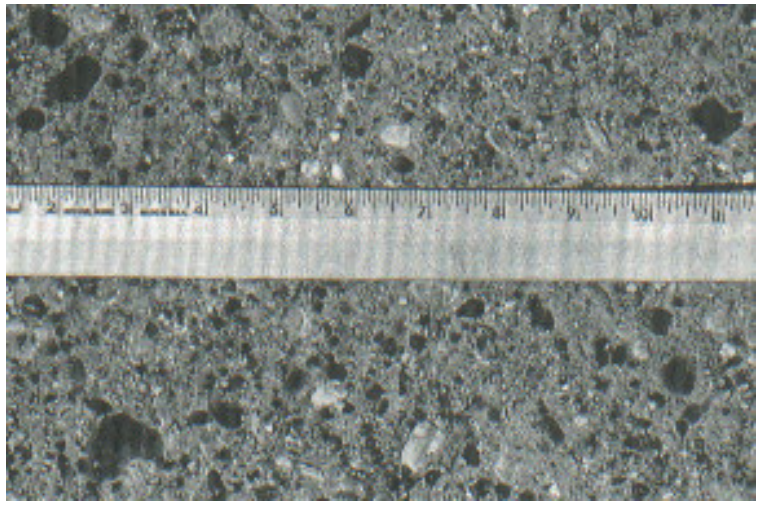


Figura C31. Pulimento de agregados.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

32. POPOUTS.

Descripción: Un ***popout*** es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

Niveles de severidad

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el ***popout*** debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.

Medida

Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres ***popout*** por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar. Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.

Opciones de reparación

L, M y H: No se hace nada.

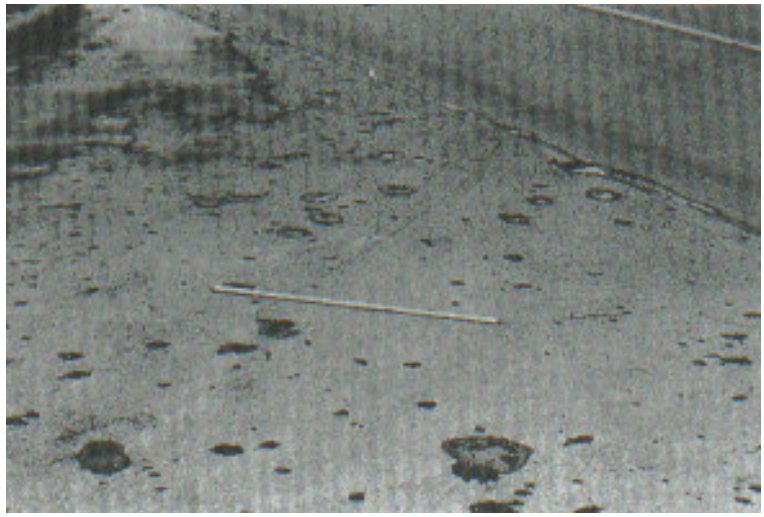


Figura C32. Popout.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

33. BOMBEO.

Descripción: El ***bombeo*** es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una perdida progresiva del soporte del pavimento. El ***bombeo*** puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El ***bombeo*** cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El ***bombeo*** también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando perdida de soporte.

Niveles de Severidad

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

Medida

El ***bombeo*** de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una losa por junta adicional con ***bombeo.***

Opciones de reparación

L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.



Figura C33-a. Bombeo.

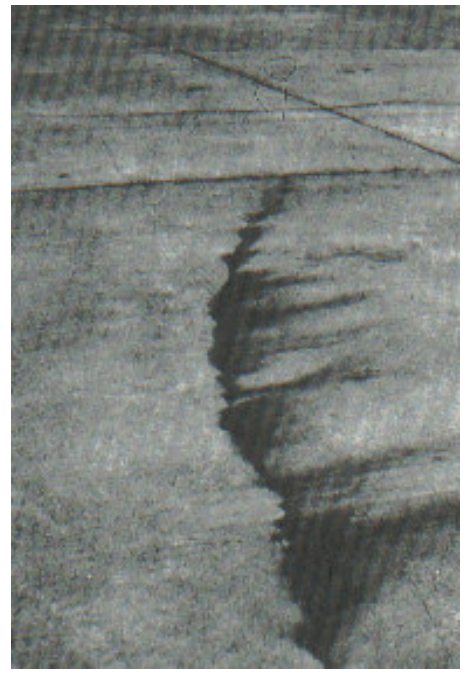


Figura C33-b. Bombeo.

34. PUNZONAMIENTO.

Descripción: Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una ***grieta*** y una ***junta*** o dos ***grietas*** muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros)

Niveles de Severidad

Cuadro 34.1. Niveles de Severidad para Punzonamiento

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Medida

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.



Figura C34-a. Punzonamiento de baja severidad.



Figura C34-b. Punzonamiento de severidad media.

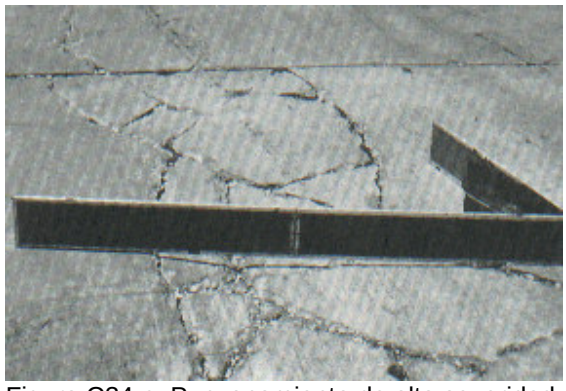


Figura C34-c. Punzonamiento de alta severidad.

35. CRUCE DE VÍA FÉRREA.

Descripción: El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

Niveles de severidad

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura C35-a. Cruce de vía férrea de baja severidad.



Figura C35-b. Cruce de vía férrea de severidad media.

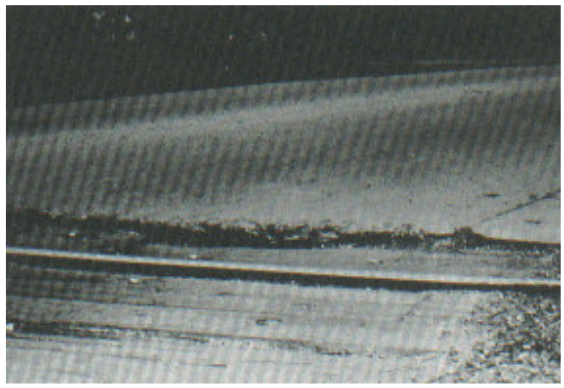


Figura C35-c. Cruce de vía férrea de alta severidad.

36. DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO.

Descripción: El ***mapa de grietas o craquelado (crazing)*** se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las ***grietas*** tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el ***descamado***, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El ***descamado*** también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

Niveles de Severidad

L: El ***craquelado*** se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie esta en buena condición con solo un ***descamado*** menor presente.

M: La losa está ***descamada***, pero menos del 15% de la losa está afectada.

H: La losa esta ***descamada*** en más del 15% de su área.

Medida

Una losa ***descamada*** se contabiliza como una losa. El ***craquelado*** de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el ***descamado*** potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.

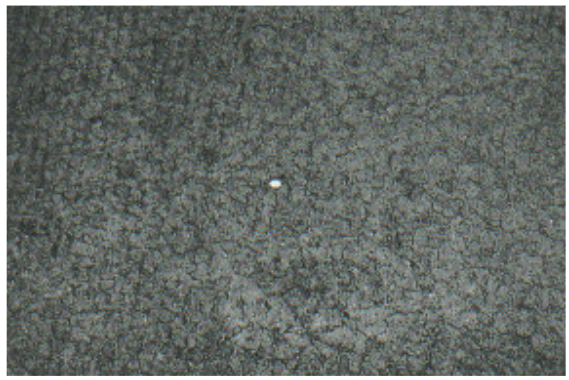


Figura C36-a. Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de baja severidad.



Figura C36-b. Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de severidad media.

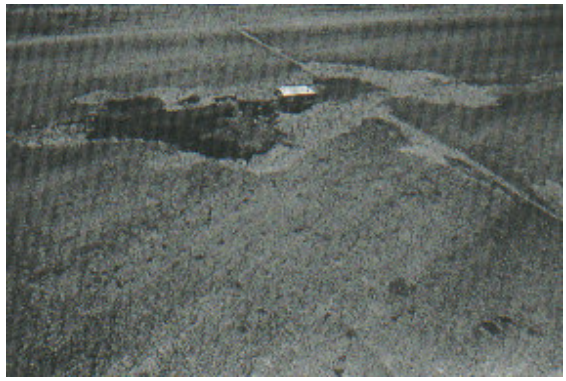


Figura C36-c. Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

37. GRIETAS DE RETRACCIÓN.

Descripción: Son ***grietas capilares*** usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

Niveles de Severidad

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.

Medida

Si una o más ***grietas de retracción*** existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con ***grietas de retracción***.

Opciones de reparación

L, M y H: No se hace nada.



Figura C37. Grietas de contracción.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.

Descripción: Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un ***descascaramiento de esquina*** difiere de la ***grieta de esquina*** en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un ***descascaramiento*** menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Niveles de severidad

En el Cuadro 38.1 se listan los niveles de severidad para el ***descascaramiento de esquina***. El ***descascaramiento de esquina*** con un área menor que 6452 mm^2 desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Cuadro 38.1 Niveles de Severidad para Descascaramiento de Esquina.

Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M
Mayor de 51.0 mm	M	H

Medida

Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con le mayor nivel de severidad.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.



Figura C38-a. Descascaramiento de esquina de baja severidad.



Figura C38-b. Descascaramiento de esquina de severidad media.



Figura C38-c. Descascaramiento de esquina de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.

Descripción: Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

Niveles de Severidad

En el Cuadro 39.1 se ilustran los niveles de severidad para ***descascaramiento de junta***. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

Cuadro 39.1 Niveles de Severidad Descascaramiento de Junta

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Sueltos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

Medida

Si el ***descascaramiento*** se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con ***descascaramiento de junta***. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El ***descascaramiento de junta*** también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con ***descascaramiento de junta***.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

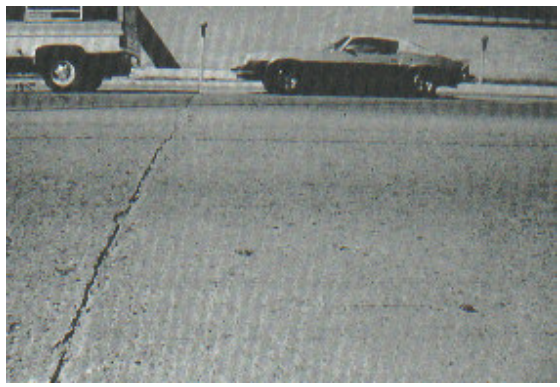


Figura C39-a. Descascaramiento de junta de baja severidad.



Figura C39-b. Descascaramiento de junta de severidad media.

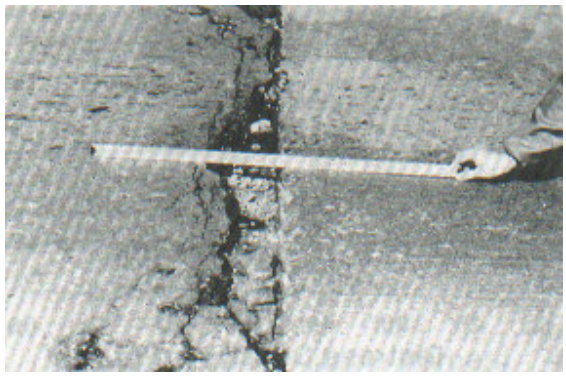


Figura C39-c. Descascaramiento de junta de alta severidad.

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

GLOSARIO INGLÉS – ESPAÑOL DE LOS TIPOS DE LOS DAÑOS

SUPERFICIE ASFÁLTICA.

Alligator Cracking	Piel de Cocodrilo
Bleeding	Exudación
Block Cracking	Agrietamiento en Bloque
Bumps and Sags	Abultamientos y Hundimientos
Corrugation	Corrugación
Depression	Depresión
Edge Cracking	Grieta de Borde
Joint Reflection Cracking	Grieta de Reflexión De Junta
Lane / Shoulder Drop Off	Desnivel Carril / Berma
Longitudinal & Transversal Cracking	Grietas Longitudinales y Transversales
Patching & Utility Patching	Parcheo y acometidas de servicios
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados
Potholes	Huecos
Railroad Crossing	Cruce de Vía Férrea
Rutting	Ahuellamiento
Shoving	Desplazamiento
Slippage Cracking	Grietas Parabólicas o por deslizamiento
Swell	Hinchamiento
Weathering / Raveling	Meteorización / Desprendimiento de Agregados

SUPERFICIE DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND.

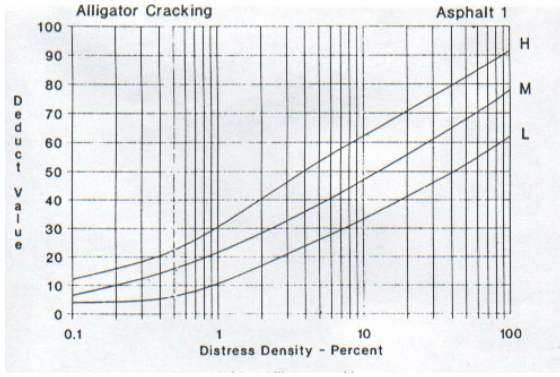
Blow up / Buckling	Blowup / Buckling
Corner Break	Grieta de Esquina
Divided Slab	Losa Dividida
Durability "D" Crack	Grieta de Durabilidad "D"
Faulting	Escala
Joint Seal	Sello de Junta
Lane / Shoulder Drop Off	Desnivel Carril / Berma
Linear Cracking	Grietas Lineales
Patching (Large)	Parcheo grande
Patching (Small)	Parcheo pequeño
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados
Popouts	Popouts
Pumping	Bombeo
Punch-out	Punzonamiento
Railroad crossing	Cruce de Vía Férrea
Scaling / Map Cracking / Crazing	Desconchamiento / Mapa de Grietas / Craquelado
Shrinkage Cracks	Grietas de Retracción
Spalling Corner	Descascaramiento de Esquina
Spalling Joint	Descascaramiento de Junta

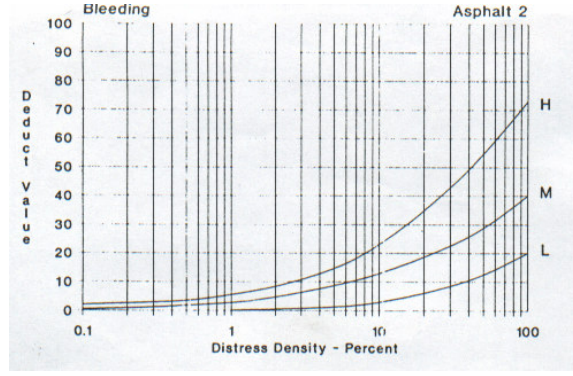
BIBLIOGRAFÍA

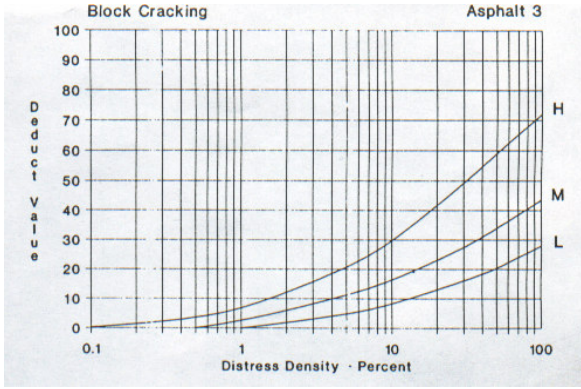
- SHAHIN, Mohamed Y. Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots. Chapman & Hall. New York. USA. 1994.
- VÁSQUEZ TORRES, Luis Carlos. Notas del Curso de Pavimentos Avanzados de la Especialización en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Manizales. Colombia. 2000.
- Todas las fotografías pertenecen al libro de M. Shahin.

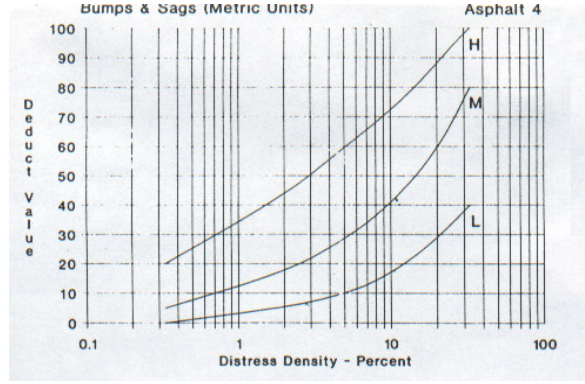
LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

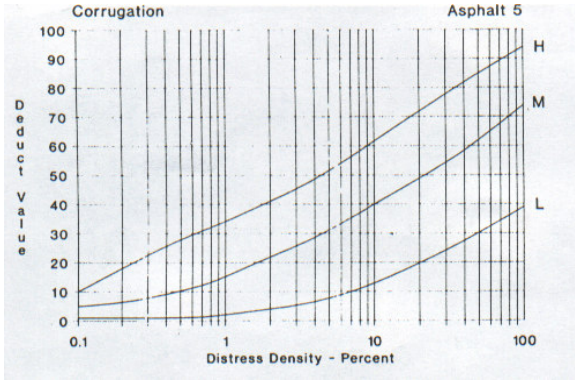
CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

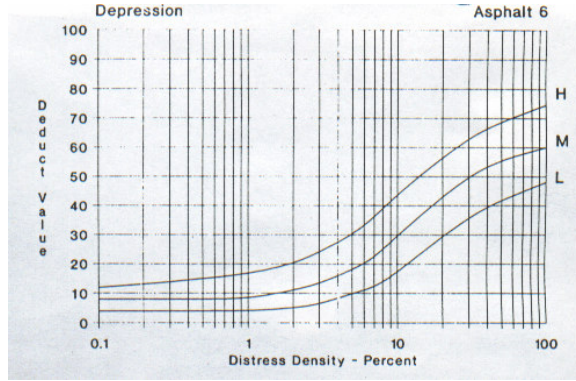


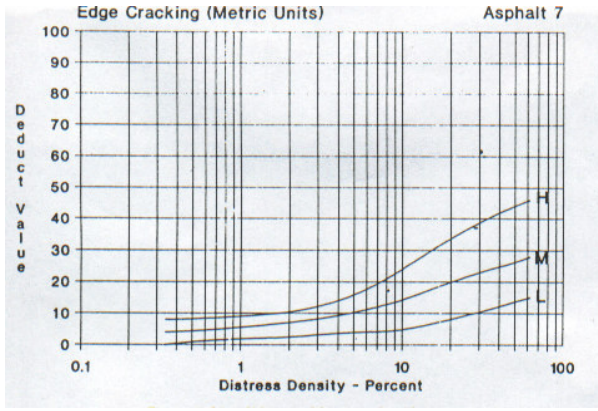


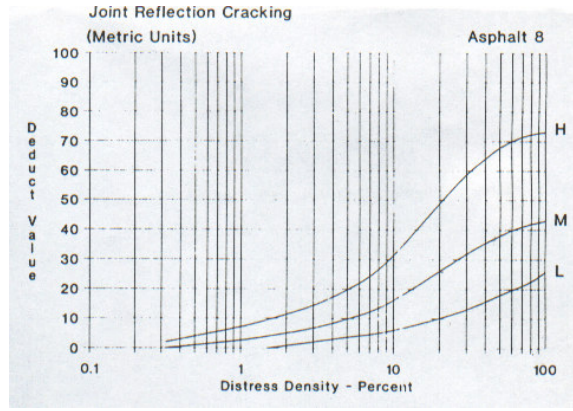


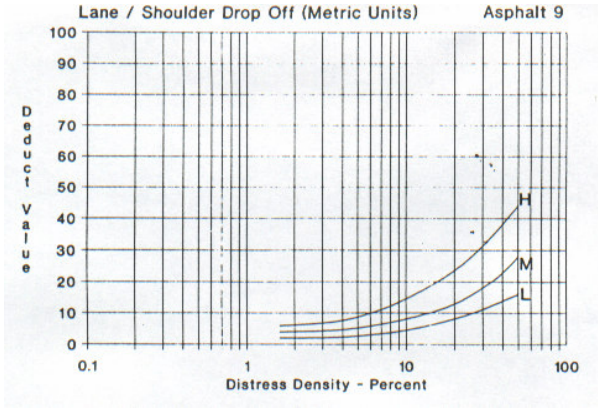


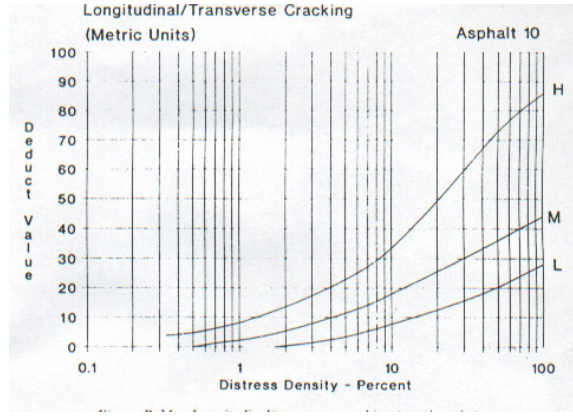


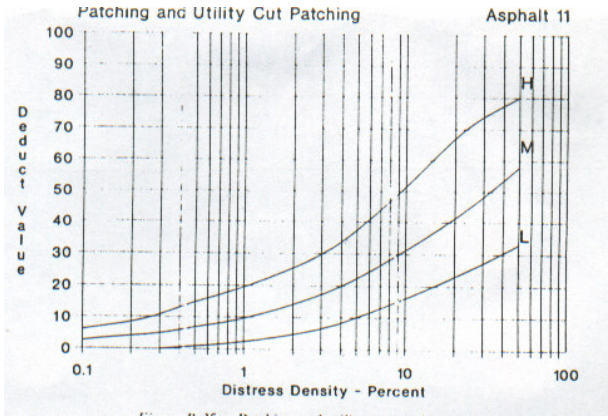


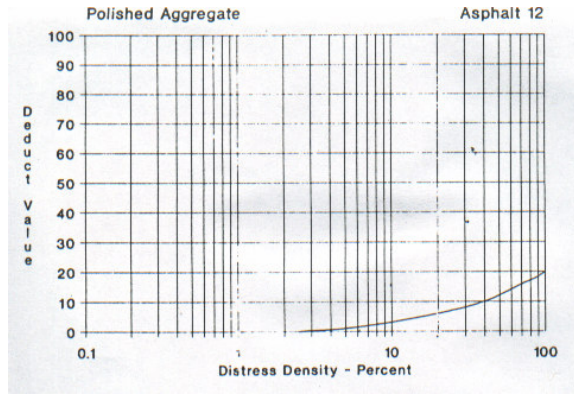

Edge Cracking (Metric Units)
Asphalt 7
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

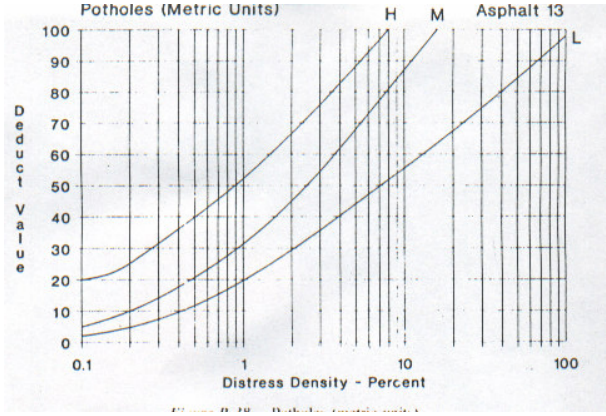

Joint Reflection Cracking
(Metric Units)
Asphalt 8
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

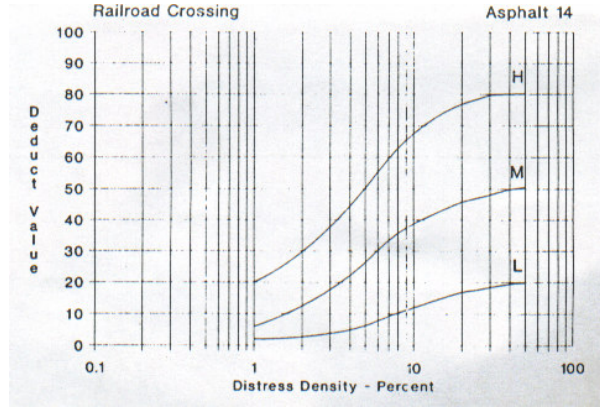

Lane / Shoulder Drop Off (Metric Units)
Asphalt 9
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

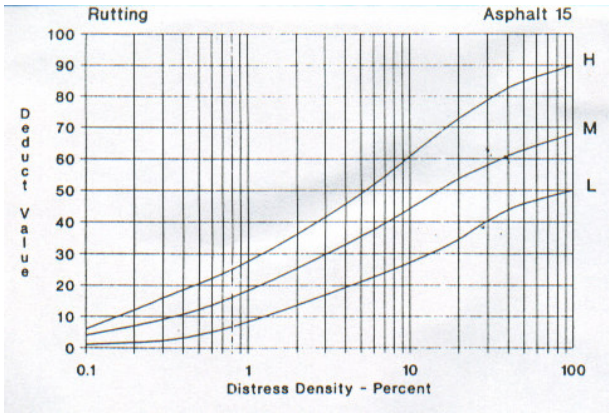

Longitudinal/Transverse Cracking
(Metric Units)
Asphalt 10
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

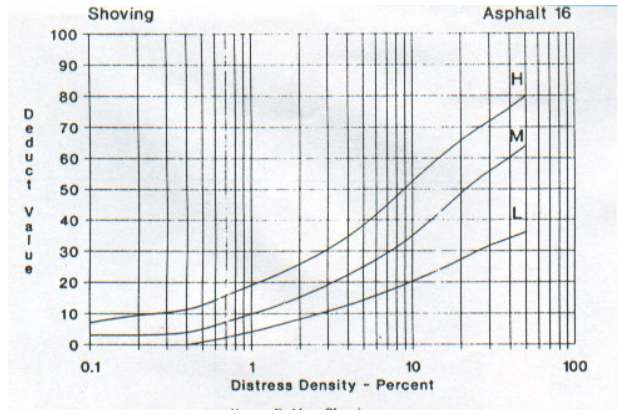

Patching and Utility Cut Patching
Asphalt 11
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

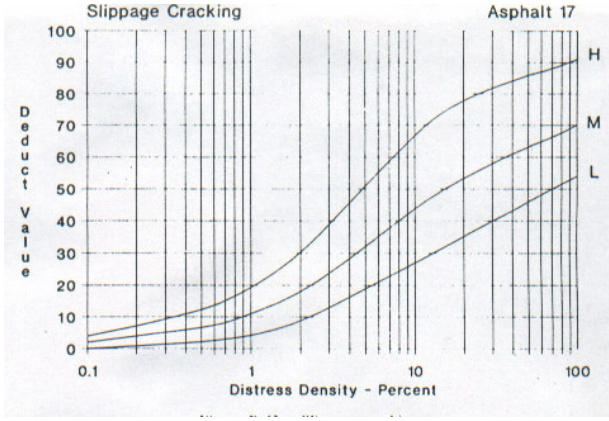

Polished Aggregate
Asphalt 12
Deduct Value
Distress Density - Percent

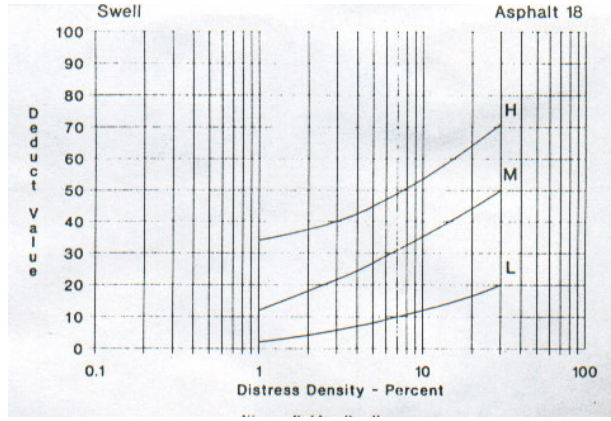

Potholes (Metric Units)
Asphalt 13
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

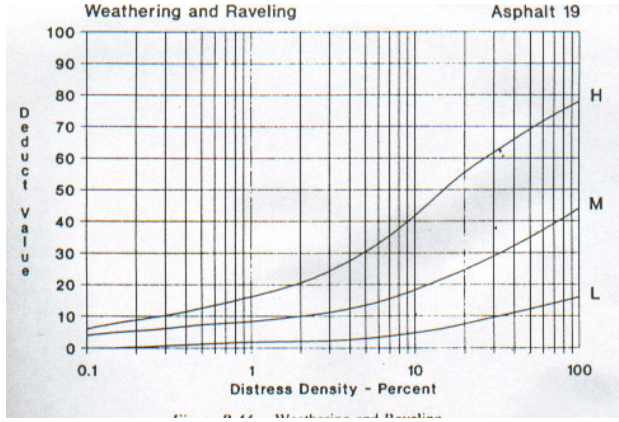

Railroad Crossing
Asphalt 14
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

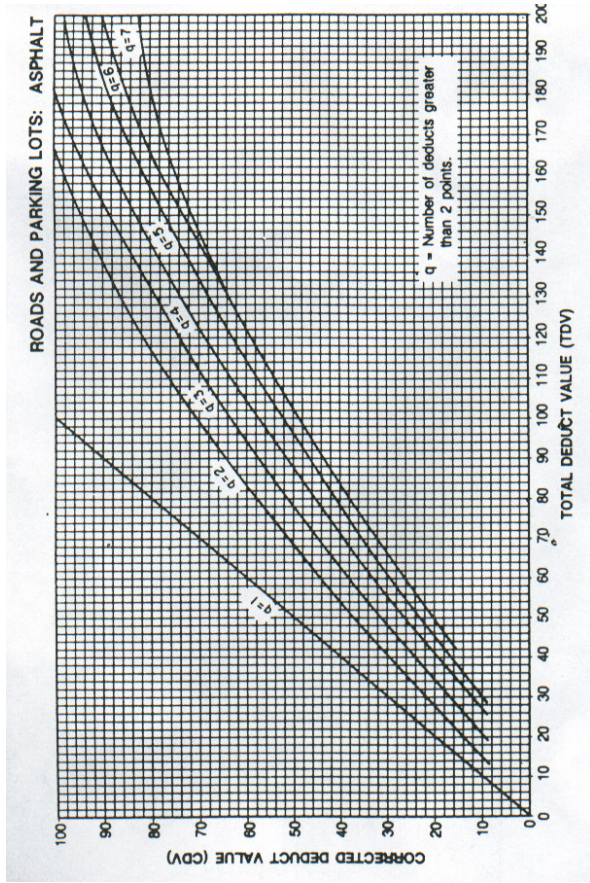

Rutting
Asphalt 15
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent


Shoving
Asphalt 16
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent


Slippage Cracking
Asphalt 17
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

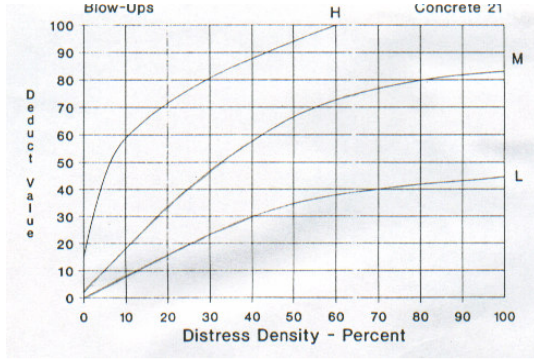

Swell
Asphalt 18
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

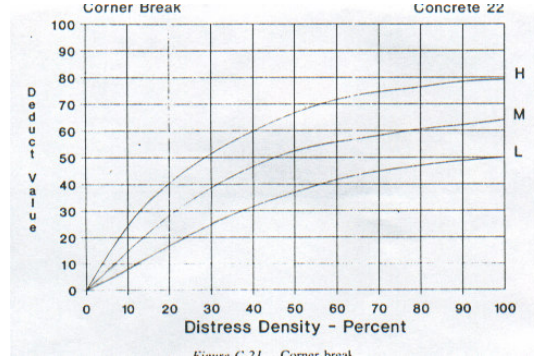

Weathering and Raveling
Asphalt 19
Deduct Value
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
H
M
L
0.1
1
10
100
Distress Density - Percent

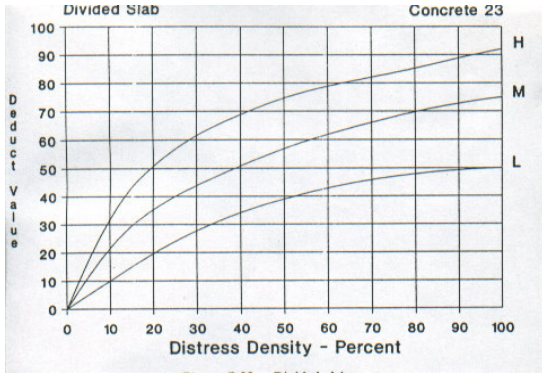

ROADS AND PARKING LOTS: ASPHALT
q = Number of deducts greater than 2 points.
q=7
q=6
q=5
q=4
q=3
q=2
q=1
CORRECTED DEDUCT VALUE (CDV)
TOTAL DEDUCT VALUE (TDV)

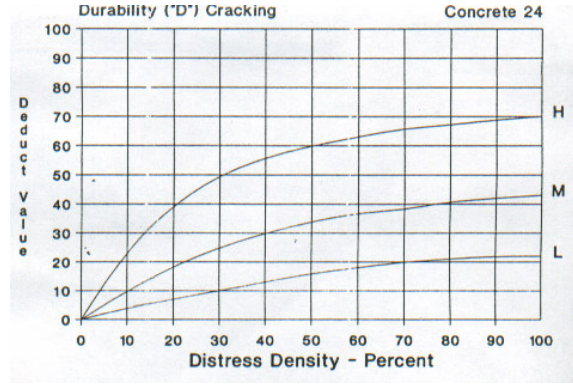
LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

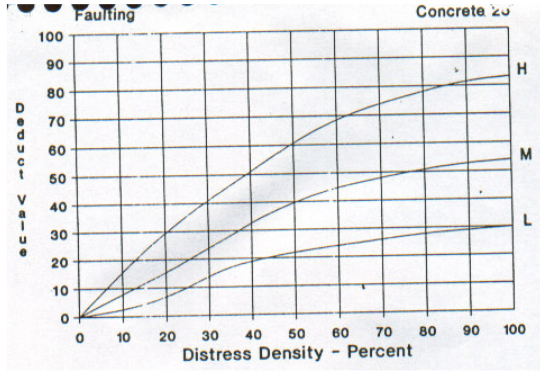
CURVAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO









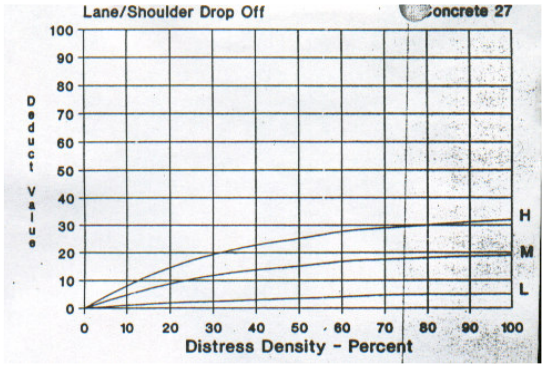


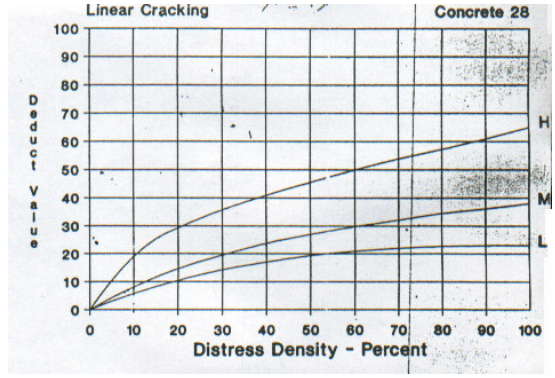
Joint Seal Damage — Concrete 26

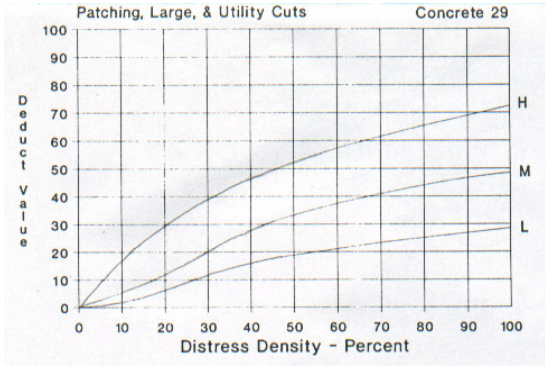
Joint seal damage is not rated by density. The severity of the distress is determined by the sealant's overall condition for a particular sample unit.

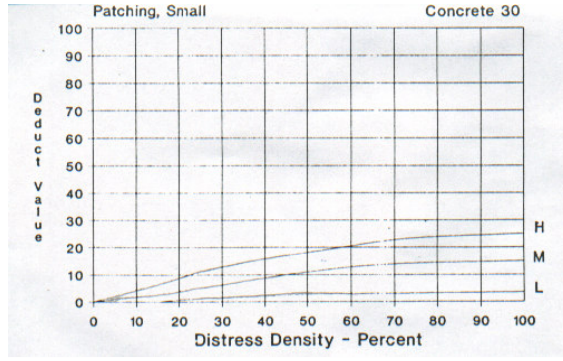
The deduct values for the three levels of severity are:

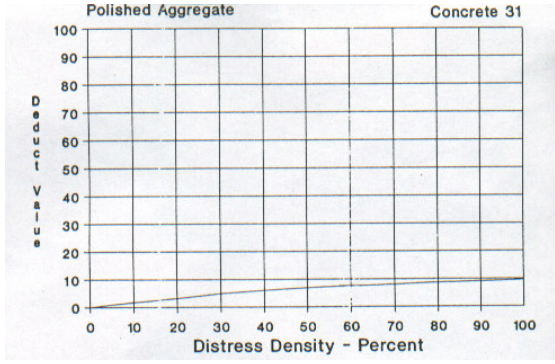
LOW	2 points
MEDIUM	4 points
HIGH	8 points

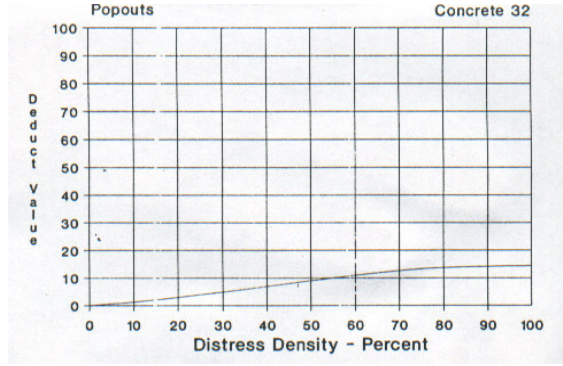

Lane/Shoulder Drop Off
Concrete 27
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

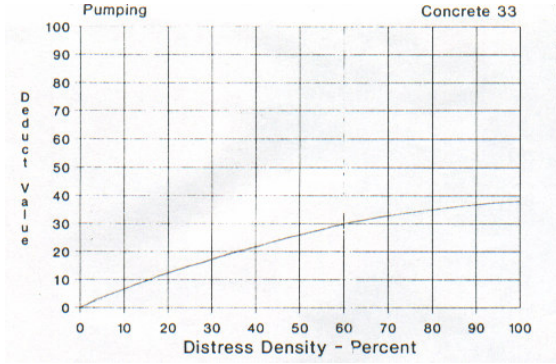

Linear Cracking
Concrete 28
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

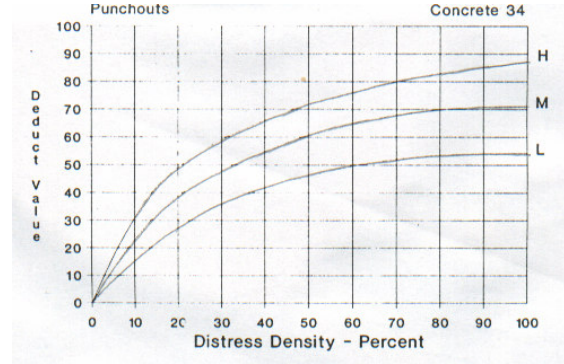

Patching, Large, & Utility Cuts
Concrete 29
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

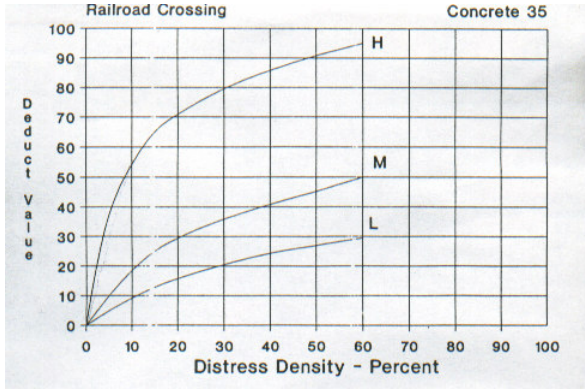

Patching, Small
Concrete 30
Deduct Value
Distress Density - Percent
H
M
L

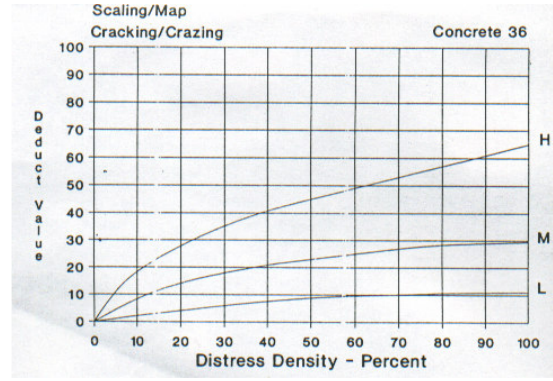

Polished Aggregate
Concrete 31
Deduct Value
Distress Density - Percent

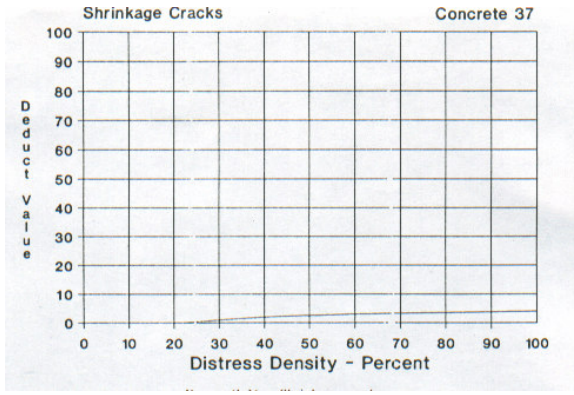

Popouts
Concrete 32
Deduct Value
Distress Density - Percent

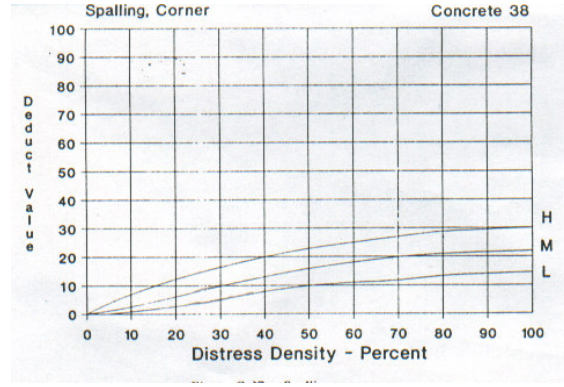

Pumping
Concrete 33
Deduct Value
Distress Density - Percent


Punchouts
Concrete 34
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

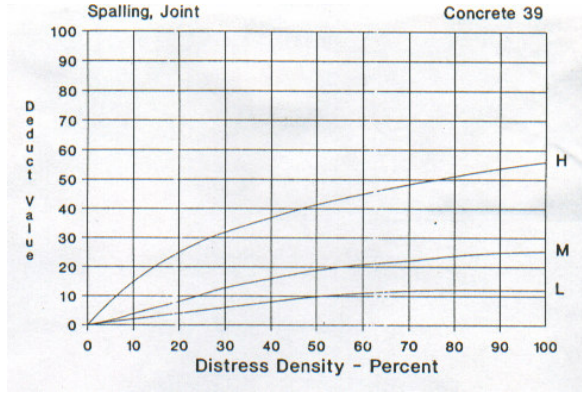

Railroad Crossing
Concrete 35
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

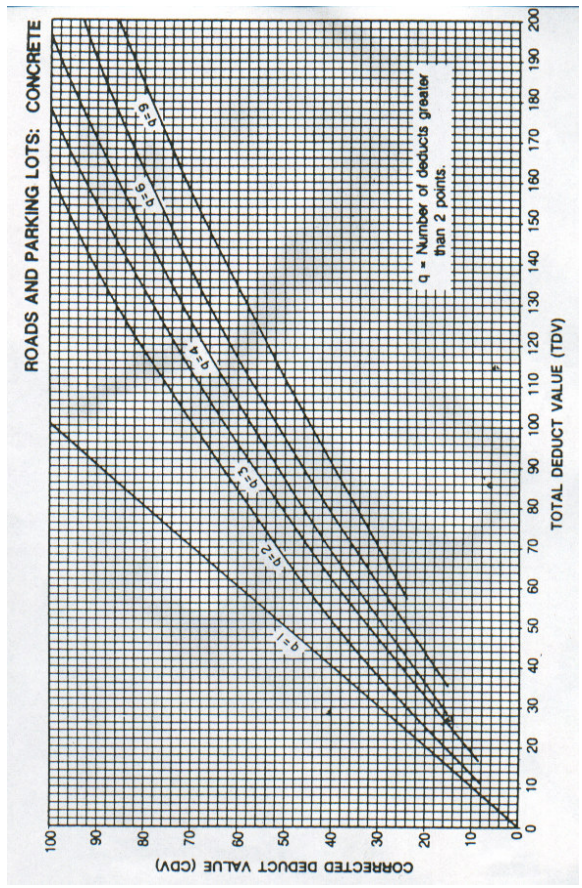

Scaling/Map
Cracking/Crazing
Concrete 36
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent


Shrinkage Cracks
Concrete 37
Deduct Value
Distress Density - Percent


Spalling, Corner
Concrete 38
H
M
L
Deduct Value
Distress Density - Percent

LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.





Apéndice C

Método directo para la evaluación de las necesidades estructurales de pavimentos flexibles basado en deflexiones con el deflectómetro de impacto (FWD)
Metodología YONAPAVE

METODO DIRECTO PARA LA EVALUACION DE LAS NECESIDADES ESTRUCTURALES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES BASADO EN DEFLEXIONES CON EL DEFLECTOMETRO DE IMPACTO (FWD)

Resumen

Este trabajo presenta un método simple y directo (YONAPAVE) para la evaluación de las necesidades estructurales de pavimentos flexibles basado en la interpretación del cuenco de deflexiones usando conceptos mecanísticos y empíricos. La primera parte de YONAPAVE[1] estima el Número Estructural Efectivo (SN) y el módulo equivalente de la subrasante independientemente del espesor de las capas constitutivas del pavimento. Por ello, no hay necesidad de practicar perforaciones, permitiendo ahorros en tiempo y dinero, y evitando incomodidades al flujo del tránsito. La segunda parte de YONAPAVE requiere la medición del espesor de la carpeta asfáltica existente por medio de perforaciones superficiales para verificar las condiciones de fatiga en la capa asfáltica y proponer el refuerzo necesario para satisfacer los criterios de fatiga para los niveles de tráfico futuro estimados.

Las simples ecuaciones y algoritmos de YONAPAVE permiten rápidas estimaciones estructurales en el campo. La simplicidad del método y su independencia del uso de sofisticados programas de computadora hacen de YONAPAVE un método apto para evaluar las necesidades estructrurales de una red de carreteras y hacer un estimativo de los costos usando la información deflectométrica del FWD. Con el reiterado uso y la cimentación de experiencia local, sumado a la comparación y calibración con otros métodos de evaluación estructural y cálculo de refuerzos, YONAPAVE puede constituirse en el método adoptado para determinar las necesidades de refuerzo a nivel de proyecto ejecutivo.

Introducción

La Guía AASHTO de 1993 para el Diseño Estructural de Pavimentos (1) presenta tres métodos para determinar el Número Estructural Efectivo (SN_{ef}) de un pavimento flexible convencional. Uno de los métodos, denominado Método NDT (por Non Destructive Testing), se basa en la medición e interpretación de Ensayos No Destructivos (deflexiones). Este método supone que la capacidad

---

[1] Nota del autor: La primera parte de YONAPAVE fue publicada originalmente en inglés en "Direct Method for Evaluating the Structural Needs of Flexible Pavements Based on FWD Deflections", Transportation Research Record 1860, TRB, Washington DC, 2003. Acá se presentan las dos partes de YONAPAVE en castellano para facilitar la comprensión global del método.

estructural de un pavimento depende de su espesor total y de su rigidez. La relación entre SN_{ef}, el espesor y la rigidez en la Guía AASHTO es:

$$SN_{eff} = 0.0045 h_p \sqrt[3]{E_p} \ldots [1]$$

Donde:

h_p = espesor total de las capas del pavimento por encima de la subrasante, en pulgadas
E_p = modulo efectivo de las capas del pavimento por encima de la subrasante, en psi

La guía AASHTO recomienda retrocalcular el valor de E_p en base a datos deflectométricos usando el modelo bi-capa elástico lineal (también conocido como el modelo de Burmister).

La búsqueda de soluciones al problema de determinar el número estructural efectivo basado en la interpretación de deflexiones medidas con el deflectómetro de impacto – FWD (Falling weight deflectometer) se conoce hace tiempo (2, 3, 4). La mayoría de los métodos se basa en la relación intrínseca entre los parámetros derivados del cuenco de deflexiones y los coeficientes de capa, o módulos de elasticidad y espesores del sistema pavimento-subrasante.

La idea de relacionar características de carga-deformación (cuencos de deflexiones del FWD) con parámetros estructurales (el SN) del pavimento es atractiva ya que refleja una relación fundamental de la mecánica clásica. Por otro lado, la idea de combinar postulados mecanistas con el Número Estructural de AASHTO puede parecer un tanto controversial debido a la naturaleza empírica de SN (5). Sin embargo, el empiricismo forma parte integral de la ingeniería de pavimentos desde el establecimiento de la relaciones como M_R = 1,500 CBR (6) (donde M_R es el módulo de resiliencia de la subrasante expresado en psi, y CBR es el California Bearing Ratio). Esta expresión empírica, que fue publicada hace 40 años atrás, sigue siendo usada ampliamente en todo el mundo.

La evaluación del número structural SN de un pavimento en servicio es útil ya que refleja su aptitud o deficiencia, y se presta a determinar directamente las necesidades estructurales. Obviamente, el valor de SN sólo no es suficiente y un valor bajo de SN no es necesariamente malo, dependiendo del tráfico y la capacidad portante de la subrasante. Si esta capacidad es alta y la demanda de tráfico es baja, entonces todo lo que se necesita es un SN bajo. De esta manera, la evaluación estructural es útil cuando esta proporciona el valor de SN conjuntamente con la capacidad portante de la subrasante.

Una de las mayores desventajas del esquema de AASHTO y de otros métodos derivados de él es su gran dependencia de los espesores de capas y del pavimento. Esta fuerte dependencia de los espesores de capas existe también en los métodos de retrocálculo que utilizan los cuencos de deflexiones medidos con el FWD para la determinación de módulos de elasticidad en base a técnicas de comparación (7, 8).

Si bien se podría alegar que el problema de los espesores de capa se puede resolver con unas pocas calicatas, es frecuente encontrar que estos valores son ambiguos, heterogeneos, y difíciles de determinar, incluso en secciones cortas de pavimento. Además, las perforaciones son costosas, lentas y causan problemas al flujo del tránsito. La Tabla 1 muestra datos obtenidos en secciones de carretera de Israel en la que se puede observar la dificultad en determinar valores únicos de espesores.

TABLA 1: Espesores de Capa y valor de h_P en Secciones Analizadas de Israel

Carretera No.	Longitud (km)	No. de Calicatas	Rango de Espesores Medidos			Suelo de Subrasante
			h_{AC} (cm)	h_{GR} (cm)	h_P (cm)	
4	5.5	11	13 á 28	25 á 44	45 á 70	A-3
90	7.0	29	8 á 20	5 á 72	15 á 80	A-2-7
60	2.0	8	15 á 33	17 á 115	40 á 130	A-7-6
2	2.0	9	9 á 13	35 á 65	45 á 80	A-3
73	5.7	22	20 á 50	20 á 85	50 á 120	A-7-6
767	2.5	10	12 á 17	0 á 55	15 á 70	A-7-6
MB	1.0	8	8 á 18	22 á 90	35 á 110	A-2-4, A-7-6

Nota: $h_{AC=}$ Espesor de capas asálticas; h_{GR}=Espesor de capas granulares; h_P=Espesor total del pavimento

El valor de h_P tiene un efecto pronunciado en los resultados de evaluación. Por ejemplo, utilizando el esquema propuesto por Rohde (2) se puede mostrar que valores de h_P en el rango de 40 á 80 cm resultan en estimativos de SN_{ef} que difieren en un rango de 40% á 80% o más.

Este trabajo presenta un método directo (YONAPAVE) para determinar SN_{ef} y el módulo de resiliencia de la subrasante basado en los cuencos de deflexiones medidos con el FWD y que es independiente de h_P. El método se basa en el modelo de Hogg que representa una losa infinita sustentada por una subrasante elástica de espesor finito o infinito. Los módulos de subrasante determinados con YONAPAVE guardan una alta correlación con los obtenidos con el programa MODULUS (7, 9).

Derivación del Método YONAPAVE

A.H.A. Hogg presentó el análisis de una losa de espesor delgado sustentada por una fundación elástica de espesor finito o infinito en 1938 (10) y 1944 (11). Wiseman et al (12) demostraron la utilidad del modelo para la evaluación estructural de pavimentos y Hoffman (13) amplió la solución para el cálculo de cuencos de deflexiones con el modelo de Hogg para cargas de cualquier forma y a diferentes distancias del eje de la carga. La Tabla 2 muestra los parámetros y las definiciones del modelo.

Incorporando los valores de μ_p=0.25 y μ_{sg}=0.5 en las ecuaciones [2] y [3], y realizando las sustituciones algebraicas pertinentes, la Ecuación [1] se puede reformular como:

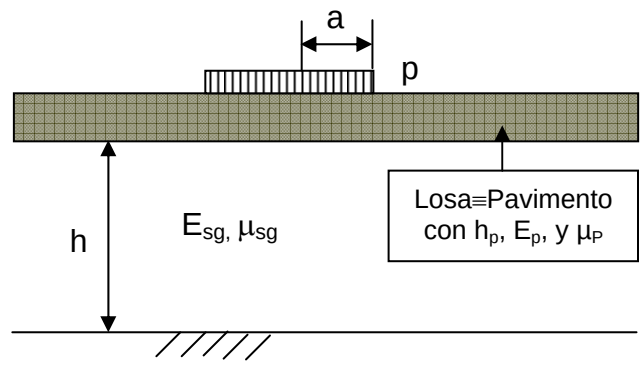
$$SN_{ef} = \mathbf{0.0182} l_0 \sqrt[3]{E_{sg}} \ \ldots \ [4]$$

Donde:

l_0 = Longitud Característica, en cm,

E_{sg} = Módulo de Elasticidad de la subrasante, en Mpa.

TABLA 2: Parámetros y Definiciones del Modelo de Hogg

Geometría del Modelo	
Parámetros Básicos del Modelo	Rigidez de la losa (pavimento), $D = \frac{E_p h_p^{\,3}}{12(1-\mu_p^{\,2})}$ …[2] Longitud Característica, $l_0 = \sqrt[3]{\frac{D}{E_{sg}} * \frac{(1+\mu_{sg})(3-4\mu_{sg})}{2(1-\mu_{sg})}}$ …[3] Módulo de Subrasante y coeficiente de Poisson, E_{sg}, μ_{sg}

Se observa en la Ecuación [4], que reemplazando el sistema pavimento-subrasante real por medio de la simplificación de Hogg, es posible evaluar el SN efectivo de acuerdo al postulado de la AASHTO, por medio de la longitud característica y el módulo de elasticidad de la subrasante. El SN efectivo del pavimento ya no es más una función directa de h_p. El problema se reduce, entonces, a la determinación de l_0 y E_{sg} de la interpretación del cuenco de deflexiones con el FWD.

Cuenco de Deflexiones en el Modelo de HOGG

La Figura 1 muestra cuencos de deflexiones calculados con el modelo de Hogg "cargado" con la configuración geométrica del FWD, es decir, con una carga circular de 6 pulgadas de radio. La figura ilustra la variación del cociente de las deflexiones D_r/D_0 para valores de deflexiones a diferentes distancias del eje de carga en relación a la deflexión central para diferentes valores de l_0, y para una base rígida (capa rocosa) a un espesor equivalente a 20 veces l_0 (h/l_0=20).

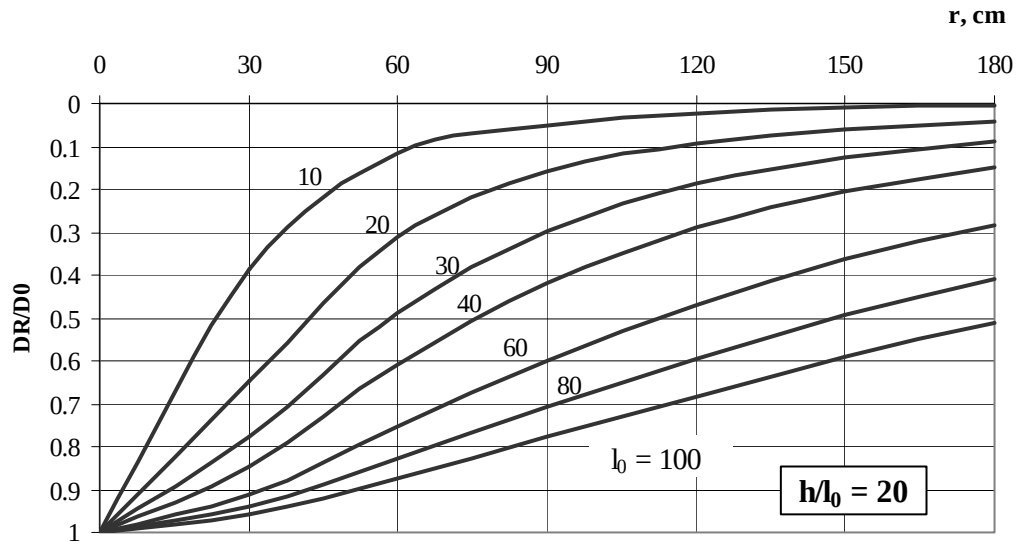


FIGURA 1: Variación de D_R/D_0 vs. l_0 en el Modelo de Hogg para h/l_0=20, Carga de FWD

La Figura 2 muestra la variación del Area del cuenco de deflexiones en función de la longitud característica para el modelo de Hogg con una capa rocosa a una profundidad de 10 veces l_0 (h/l_0=10). El Area del cuenco de deflexiones se calcula en base a la siguiente expresión (12):

$$Area = 6(1 + 2\frac{D_{30}}{D_0} + 2\frac{D_{60}}{D_0} + \frac{D_{90}}{D_0}) \ldots [5]$$

Donde:

Area = Area del cuenco de deflexiones, en pulgadas,
D_0, D_{30}, D_{60}, D_{90} = Deflexiones del FWD para r=0, 30, 60 and 90 cm respectivamente.

De la Figura 2 puede verse que la longitud característica se determina en forma directa del valor del Area del cuenco de deflexiones para un valor seleccionado de h/l_0. Curvas similares de AREA vs l_0 pueden desarrollarse para diferentes

valores de h/l_0. También puede verse que la longitud característica se determina en forma independiente del valor del espesor del pavimento.

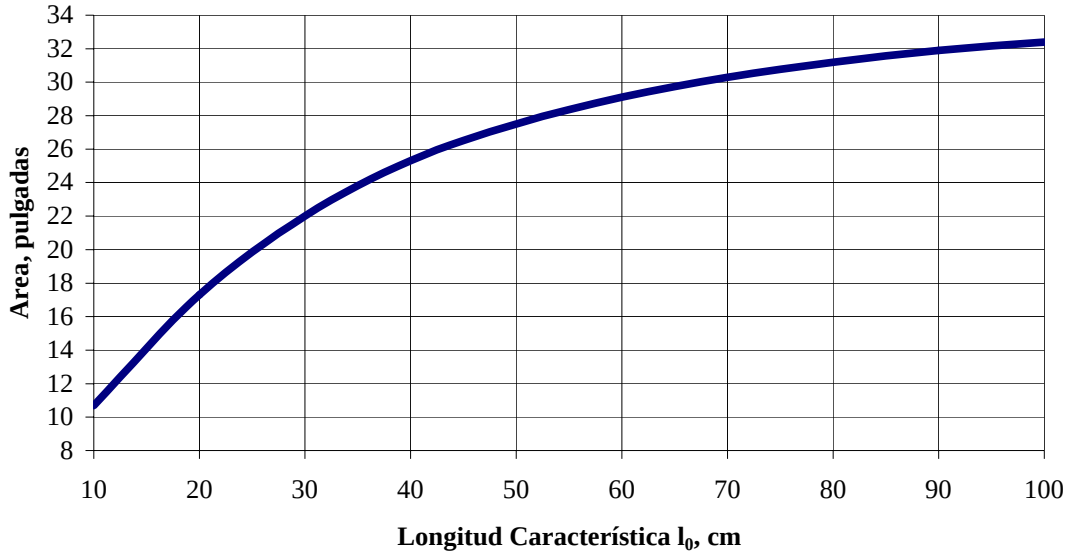


FIGURA 2: "Area" del Cuenco de Deflexiones vs. l_0 en el Modelo de Hogg para h/l_0=10, Carga de FWD

La Figura 3 muestra la variación del factor de deflexión maxima en el modelo de Hogg en función de la longitud característica para diferentes valores de h/l_0.

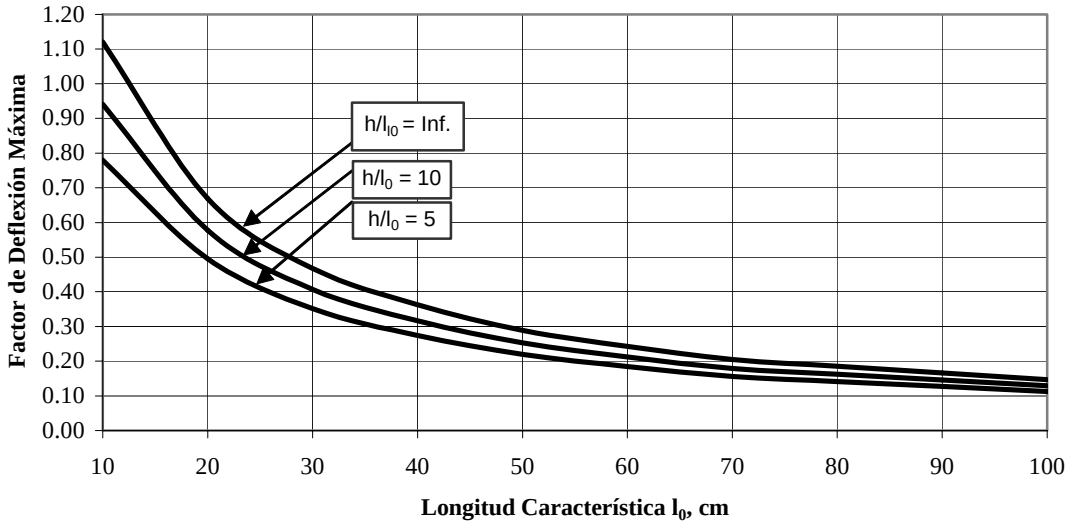


FIGURA 3: Factor de Deflexión Máxima en el Modelo de Hogg para diferentes valores de h/l_0

El valor del factor de deflexión máxima se define como:

$$FactorDeflexionMaxima = \frac{D_0 E_{sg}}{pa} \ldots [6]$$

Donde:

D_0 = Deflexión máxima bajo el plato de carga circular del FWD de 12 pulgadas de diámetro, en unidades de longitud.
E_{sg} = Módulo de Elasticidad de la subrasante, en unidades de carga/superficie.
p = Presión en el plato de carga del FWD, en las mismas unidades de E_{sg}.
a = radio del plato de carga del FWD, en las mismas unidades de D_0.

Una vez que h/l_0 ha sido seleccionado, y l_0 ha sido determinado por medio de una relación similar a la de la Figura 2, se puede determinar el factor de deflexión máxima por medio de la Figura 3. El módulo de elasticidad de la subrasante es calculado multiplicando el factor de deflexión maxima por la presión y el radio del plato de carga, y dividiendo por la deflexión máxima medida con el FWD. Una vez que se han determinado l_0 y E_{sg}, es posible calcular el valor del número estructural SN por medio de la Ecuación [4].

Algoritmos de YONAPAVE

Basado en múltiples comparaciones entre el módulo de elasticidad determinado usando el método propuesto y el programa MODULUS, se ha podido determinar que la mayor coincidencia entre ambos módulos se obtiene cuando la profundidad de la capa rocosa en el modelo de Hogg, es decir el valor de h/l_0, es determinado en función del Area del cuenco de deflexiones. Usando simples técnicas de ajuste de curvas es posible expresar la relación entre la longitud característica y el Area del cuenco de deflexiones usando una expresión de la forma:

$$l_0 = A \times e^{B \times Area} \ldots [7]$$

Donde:

l_0 = Longitud Característica en cm,
Area = Area del Cuenco de Deflexiones, en pulgadas,
A, B = Coeficientes de adjuste de curvas según se describe en la Tabla 3.

TABLA 3: Coeficientes de Ajuste de Curvas para el Cálculo de l_0

Rango de Valores del Area, pulgadas	h/l_0	A	B
Area ≥23.0	5	3.275	0.1039
21.0≤Area<23.0	10	3.691	0.0948
19.0≤Area<21.0	20	2.800	0.1044
Area<19.0	40	2.371	0.1096

De una manera similar, es posible ajustar una curva exponencial para la determinación de E_{sg} usando una expresión de la forma:

$$E_{sg} = m \times \frac{p}{D_0} \times l_0^{\,n} \ldots [8]$$

Donde:

E_{sg} = Módulo de Elasticidad de la Subrasante, en Mpa.
p = Presión de carga en el plato del FWD, en kpa.
D_0 = Deflexión del FWD bajo el plato de carga, en μm.
m, n = Coeficientes de ajuste de curva según se describe en la Tabla 4.

TABLA 4: Coeficientes de Ajuste para el Cálculo de E_{sg}

h/l_0	m	N
5	926.9	-0.8595
10	1,152.1	-0.8782
20	1,277.6	-0.8867
40	1,344.2	-0.8945

La Figura 4 muestra la concordancia entre los valores de E_{SG} obtenidos con MODULUS y con YONAPAVE en varias secciones de pavimentos de Israel (véase Tabla 1).

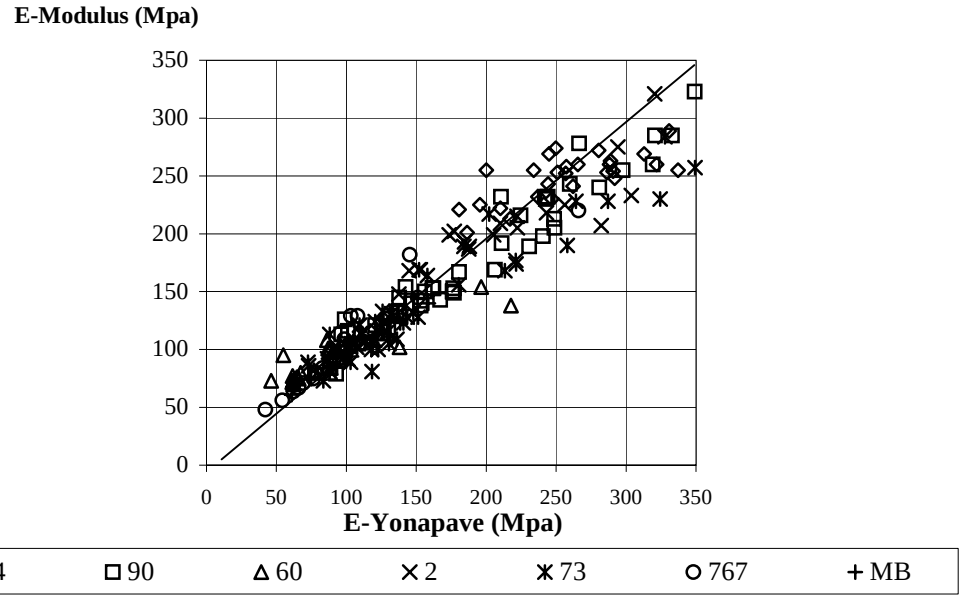


FIGURA 4: Módulos de Elasticidad de MODULUS vs. YONAPAVE

La figura muestra que los módulos obtenidos por sendos métodos son razonablemente similares y se distribuyen alrededor de la línea de igualdad. La mejor concordancia es obtenida para módulos por debajo de 200 MPa.

Determinación de SN_{ef}

Una vez que los valores de l_0 y E_{SG} han sido determinados, según se explicó en la sección anterior, es posible calcular SN_{ef} usando la ecuación [4]. Debido a las características intrínsecas del modelo de Hogg, en el cual la estructura del pavimento es modelada como una losa de espesor pequeño, y consecuentemente no se producen deformaciones verticales en la estructura del pavimento, la ecuación [4] subestima el valor de SN, para lo cual se propone la corrección detallada a continuación.

Basado en numerosos análisis de retrocálculo con el programa MODULUS, donde se utilizó la mejor información disponible en lo que a espesores de capa se refiere, se derivó un valor de SN calculado en base a MODULUS conjuntamente con el SN calculado con la ecuación [4]. El valor SN derivado de MODULUS utilizó los módulos de elasticidad retrocalculados de los cuencos de deflexiones medidos con el FWD en base al esquema propuesto en la guía AASHTO (1). Este valor de SN fue adoptado como el valor "correcto" del SN efectivo del pavimento.

La comparación de los valores de SN derivados del programa MODULUS y los obtenidos usando la ecuación [4] permite definir una simple ecuación de corrección de la forma:

$$SN_{ef}\ \text{corregido} = 2\ SN_{\text{Ecuacion [4]}} - 0.5 \ \ldots\ [9]$$

La ecuación [9] tiene un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.84$. De esta manera, los valores de SN obtenidos por medio de la ecuación [4] deben ser

corregidos usando la ecuación [9] para contrarrestar la subestimación relacionada con la losa del modelo de Hogg.

Corrección de SN_{ef} por Temperatura

La temperatura tiene un impacto directo sobre el módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica. Este efecto se ve directamente reflejado en los parámetros del cuenco de deflexiones medido con el FWD a diferentes temperaturas. El grado de influencia de la temperatura sobre el módulo de elasticidad del asfalto, y consecuentemente sobre las deflexiones, depende del tipo de mezcla, de su edad, de su grado de deterioro, etc. El efecto de la temperatura sobre las deflexiones medidas con el FWD se ve afectado también por el espesor de la carpeta asfáltica.

Basado en numerosas mediciones de cuencos de deflexiones con el FWD en pavimentos flexibles tanto de carreteras como de aeropuertos durante el mismo día de verano a diferentes temperaturas, se han podido definer rangos típicos de los efectos de la temperatura en Israel para carpetas de más de10 cm de espesor, según se indica a continuación:

- Entre la mañana y las primeras horas de la tarde, la temperatura de la carpeta asfáltica a una profundidad de 5 cm aumenta típicamente hasta un 60%.
- Para ese rango de temperaturas, la deflexión maxima bajo el plato de carga del FWD aumenta típicamente hasta un 20%.
- En ese rango de temperaturas, el AREA del cuenco de deflexiones disminuye típicamente hasta un 7%.

En ese rango de temperaturas, los módulos de elasticidad retrocalculados con el programa MODULUS para un modelo tricapa elástico representando a estos pavimentos tiene las siguientes variaciones típicas:

- Variación típica del módulo de la carpeta E_{AC}: -50%
- Variación típica del módulo de las capas granulares: +10%
- Variación típica del módulo de la subrasante E_{SG}: -10%

Es interesante notar que una mezcla asfáltica "fresca", ensayada en el laboratorio, exhibe normalmente una variación del módulo de resiliencia del orden de 100% o más en el mismo rango de temperaturas (13). Una discusión sobre las diferencias de comportamiento entre el material de "capa" y la "muestra" de laboratorio excede el alcance de este trabajo, aunque por lo general se observa que el comportamiento de la "capa" en el sitio es menos pronunciada que el comportamiento de la "muestra" en el laboratorio. Este efecto más moderado tiene que ver también con la influencia recíproca entre las diferentes capas y efectos de no linealidad, los cuales son muy difíciles de reproducir y medir en el laboratorio.

La Figura 5 muestra la variación del número estructural a cualquier temperatura con respecto a una temperatura base de 30 °C versus la temperatura de la carpeta asfáltica medida a una profundidad de 5 cm. Los valores de SN a distintas temperaturas fueron calculados usando YONAPAVE para diferentes carreteras y aeropuertos de Israel, en los cuales se midieron cuencos de

deflexiones el mismo día a diferentes horas desde la mañana temprano hasta la tarde. Una temperatura referencial de 30 °C fue seleccionada como representativa de las condiciones climáticas prevalecientes en Israel.

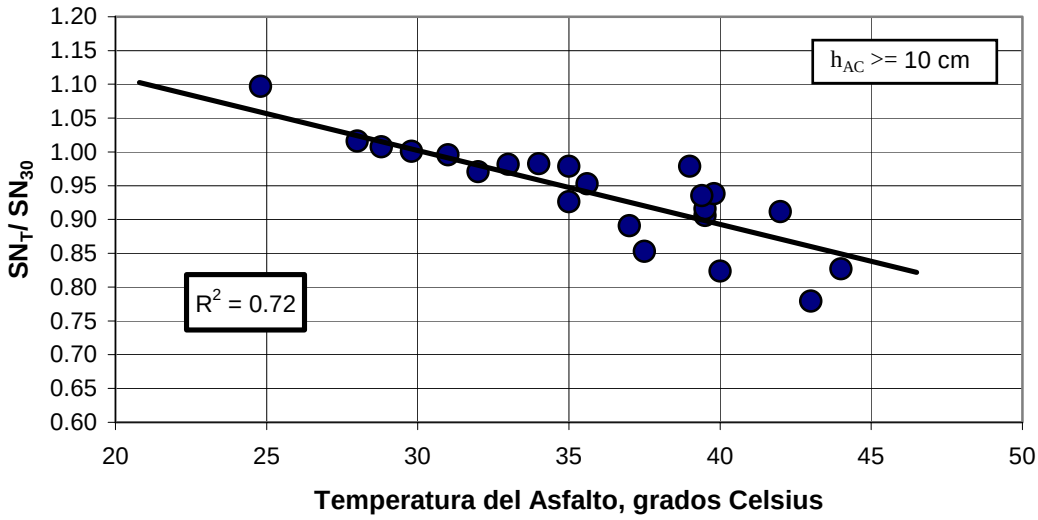


FIGURA 5: Variación del SN Efectivo con la Temperatura de la Carpeta Asfáltica

La relación lineal representada en la Figura 5 puede expresarse como:

$$SN_T / SN_{30^\circ C} = 1.33 - 0.011T \quad \ldots [10]$$

Donde::

SN_T = SN efectivo a cualquier temperatura
$SN_{30°C}$ = SN efectivo a una temperatura base de 30° C
T = Temperatura de la carpeta asfáltica en °C a 5 cm de profundidad.

La ecuación [10] puede ser usada para corregir el SN efectivo calculado con YONAPAVE a diferentes temperaturas a una temperatura base referencial de 30° C. Esta ecuación fue desarrollada para temperaturas de carpetas asfálticas en el rango de 22 á 45° C. No es recomendable realizar extrapolaciones fuera de este rango sin una verificación experimental. Además, la ecuación es aplicable al caso de carpetas asfálticas de 10 ó más cm de espesor. En el caso de carpetas con espesores menores á 10 cm se evidencia un efecto pequeño y por lo tanto despreciable, de la temperatura sobre el valor de SN. De la Figura 5 o la ecuación [10] es posible desarrollar una corrección por temperatura para otros valores referenciales distintos de 30° C.

Implementación de YONAPAVE para la Evaluación Estructural y el Diseño del Refuerzos

La implementación de YONAPAVE para la evaluación estructural y el diseño de refuerzos de pavimentos flexibles comprende dos fases de análisis:

1. La evaluación de la capacidad estructural total del pavimento, y
2. La verificación de la resistencia a la fatiga en las capas asfálticas.

Estas dos fases de análisis se detallan a continuación.

Evaluación de la Capacidad Estructural Total del Pavimento

La evaluación de la capacidad estructural total del pavimento está esquematizada en la Figura 6 y se compone de los siguientes pasos:

1. La medición del cuenco de defleciones con el FWD con cargas de 45 á 75 KN (dependiendo de los límites legales de carga en la red). Paralelamente, el registro de la temperatura de la carpeta asfáltica a una profundidad de 5 cm cada 1 á 2 horas.
2. El análisis de la homogeneidad del pavimento y de la necesidad de dividirlo en subsecciones dependiendo de los valores de deflexión maxima y/o el AREA del cuenco de deflexiones, y/o la inspección visual de las fallas (tipo, severidad y cantidad), la rugosidad superficial o algún otro criterio.
3. Determinación de h/l_0 en base a los valores del AREA.
4. Cálculo de l_0 y E_{SG} usando las Ecuaciones [7] y [8], respectivamente.
5. Cálculo del valor de SN_{ef} usando la Ecuación [4] y corrección de este valor usando la Ecuación [9].
6. Corrección de SN por temperatura usando la Ecuación [10].
7. Para la adopción de valores de diseño se recomienda usar el percentil 30 para E_{SG}, y percentiles de 10 á 30 para valores corregidos de SN_{ef} dependiendo de la importancia de la vía analizada, seleccionando los percentiles más bajos para las carreteras más importantes.

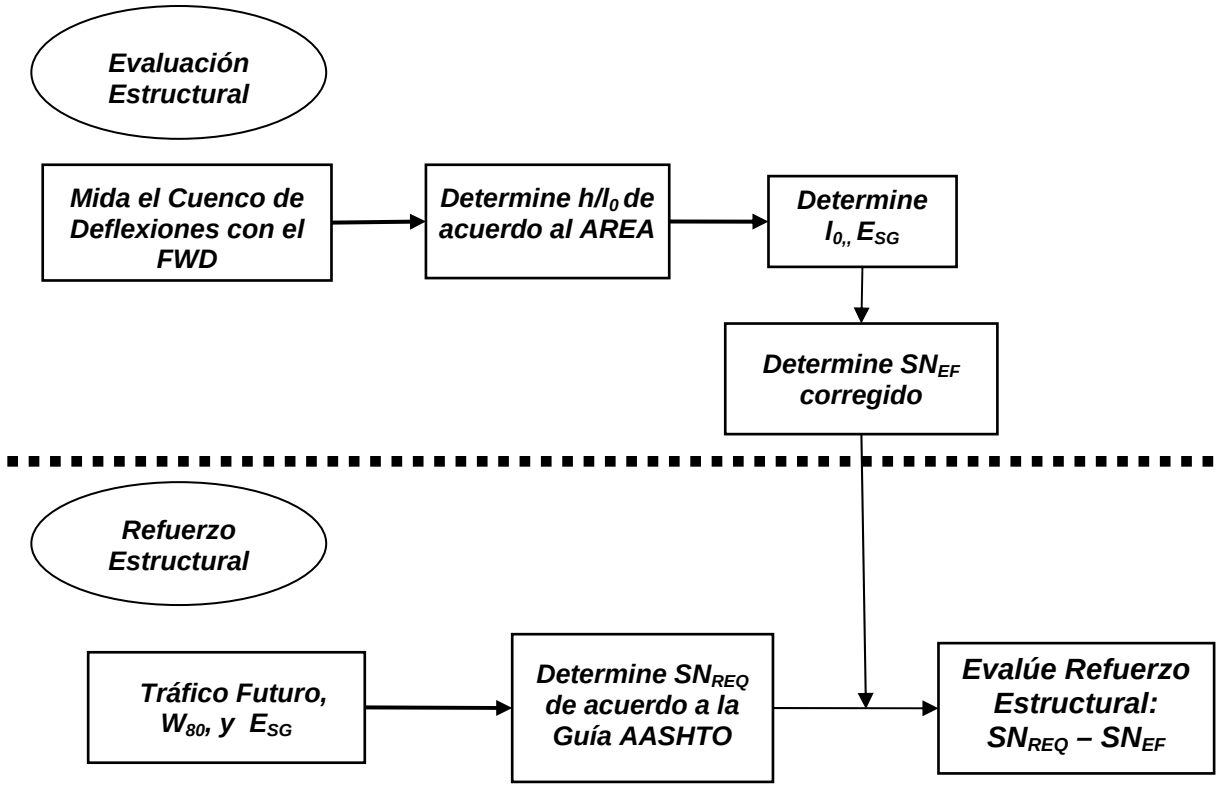


FIGURA 6: Diagrama de flujo esquemático para la evaluación de la capacidad estructural total del Pavimento.

El refuerzo estructural puede determinarse de acuerdo al siguiente esquema:

1. Evalúe la demanda futura de tráfico en ejes equivalents de 80 KN (18 kilolibras) durante el período de diseño seleccionado (10 á 20 años dependiendo de los presupuestos existentes u otros criterios de rehabilitación).
2. Usando el módulo de la subrasante E_{SG} obtenido por medio de YONAPAVE y la demanda futura de tráfico determinada en el numeral anterior, determine el número estructural requerido de acuerdo a la Guía AASHTO de 1993 (1).
3. Compare el número estructural requerido (SN_{Req}) con el efectivo (SN_{ef}) evaluado con YONAPAVE para establecer la capacidad estructural y estimar las necesidades de refuerzo. La capacidad estructural puede expresarse por medio del Indice de Capacidad Esctructural (ICE) definido como:

$$ICE\ (\%) = (SN_{ef}/SN_{Req}) \times 100 \ \ldots\ [11]$$

4. Si el ICE es igual o mayor al 100% el pavimento no adolece de deficiencia estructural. Si el ICE en cambio es menor al 100% existe una carencia estructural. Es posible expresar el espesor de carpeta asfáltica requerido para satisfacer el deficit estructural del pavimento de acuerdo a la siguiente expresión:

$$H_{AC} = (SN_{Req} – SN_{ef}) / \alpha \ldots [12]$$

Donde:

H_{AC} = Espesor del refuerzo asfáltico, en pulgadas.
α = coeficiente de capa asfáltica (0.44 según AASHTO u otros valores)

Verificación de la Resistencia a la Fatiga en las Capas Asfálticas.

La Guía AASHTO 1993 no considera en forma directa la fatiga de la carpeta asfáltica como mecanismo de falla estructural en pavimentos flexibles. Otros métodos de diseño desarrollados en los años 70 y 80 del siglo pasado, entre los que se cuentan el método Shell (15) y el método del Instituto del Asfalto (16), sí han establecido relaciones entre la deformación unitaria de tracción en la base de la carpeta asfáltica y el desarrollo de fisuras de fatiga, las cuales han sido incoporadas como criterios de diseño estructural.

Para incorporar los criterios de fatiga de la carpeta asfáltica en la evaluación estructural de un pavimento existente, es necesario realizar calicatas superficiales para determinar el espesor de la carpeta existente y el grado de adherencia entre sus subcapas. Además hay que evaluar el grado de fisuramiento, desprendimiento, desintegración y oxidación de la carpeta existente para determinar su valor estructural residual en el cálculo del refuerzo total requerido. YONAPAVE propone incorporar el análisis de fatiga de la carpeta asfáltica según se explica a continuación.

Volviendo al sistema bicapa elástico considerado en la guía AASHTO (ver Ecuación [1]), YONAPAVE caracteriza al pavimento-subrasante evaluados como un sistema bicapa elástico efectivo o equivalente representado en la Figura 7. En el sistema representado en la figura, el espesor y el módulo del pavimento (h_P y E_P) son valores efectivos que se obtienen directamante del cuenco de deflexiones medido con el FWD usando las siguientes simplificaciones y supuestos.

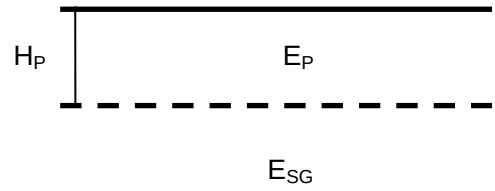


FIGURA 7: Sistema Bicapa Equivalente del Pavimento-Subrasante

Si se aplica al modelo bicapa elástico de la figura 7 la geometría de carga del FWD, se verifica que para un rango de espesores de la capa del pavimento, h_P, de 25 á 75 cm, la relación entre el cociente modular E_P/E_{SG} y el AREA del cuenco de deflexiones es prácticamente independiente del espesor del pavimento, de manera que es posible expresar la siguiente aproximación:

$$E_P/E_{sg} = 0.1256\ e^{0.2095\ AREA} \quad \ldots [13]$$

Donde:

E_P = Módulo efectivo o equivalente del pavimento.
E_{SG} = Módulo de la subrasante.
AREA = Area del cuenco de deflexiones de acuerdo a la Ecuación [5].

Como el valor de E_{sg} ya ha sido determinado por medio de la Ecuación [8], la Ecuación [13] permite estimar el módulo efectivo del pavimento E_P. Como también ya se conoce al valor de SN_{ef}, el espesor equivalente o efectivo del pavimento, h_P, puede calcularse por medio de la Ecuación [1].

Por otra lado, la resistencia a la fatiga de la carpeta asfáltica es calculada de acuerdo a la ecuación propuesta por Finn et al (17) modificada por Uzan (18) para tomar en cuenta la fase de propagación de las fisuras. La ecuación resultante es:

$$\log W_{80} = -3.13 + \frac{h}{380} - 3.291 \log \varepsilon_t - 0.854 \log E_{AC} \quad \ldots [14]$$

Donde:

W_{80} = Número de ejes equivalentes de 80 KN (8.2 ton)
h = espesor de la carpeta asfáltica en mm.
ε_t = Máxima deformación unitaria de tracción en la base de la carpeta asfáltica.
E_{AC} = Módulo de elasticidad del asfalto a la temperatura de diseño, en Mpa.

El primer paso en la verificación de la fatiga en el método YONAPAVE consiste en determinar cuál es el espesor mínimo de carpeta asfáltica requerido en el caso extremo (conservativo) en el que se supone que todo el espesor h_P está compuesto solamente de material granular. El espesor mínimo de la carpeta depende del módulo de elasticidad de la subrasante, E_{SG}, del espesor h_P, y de los niveles de tráfico expresados por el valor de W_{80}, y es calculado por intermedio del programa JULEA [19]. En el cálculo de la fatiga se ha adoptado un módulo de elasticidad para la capa asfáltica de 3,000 Mpa. El módulo de la capa granular de espesor h_P (expresado en mm) se determina de acuerdo a la relación:

$$E_{GR} = E_{SG}\ (1 + 0.003\ h_P) \quad \ldots [15]$$

Donde E_{SG} es el módulo de elasticidad de la subrasante obtenido en la primera fase de evaluación.

En base a numerosos cálculos realizados de acuerdo al esquema arriba indicado, y después de aplicar el método en diversos proyectos de evaluación estructural, se concluye que desde el punto de vista práctico, es posible dividir a los pavimentos flexibles en 2 grupos: a) Pavimentos con h_P evaluado menor de 30 cm, y b) Pavimentos con h_P evaluado mayor de 30 cm. Para el primer grupo el cálculo de la fatiga se efectúa con un espesor granular representativo de 20 cm, y para el segundo grupo el cálculo de la fatiga en la carpeta asfáltica se efectúa con un espesor granular de 40 cm. Las Figuras 8 y 9 muestran el

espesor mínimo de carpeta asfáltica requerido para satisfacer los criterios de fatiga en los 2 grupos adoptados.

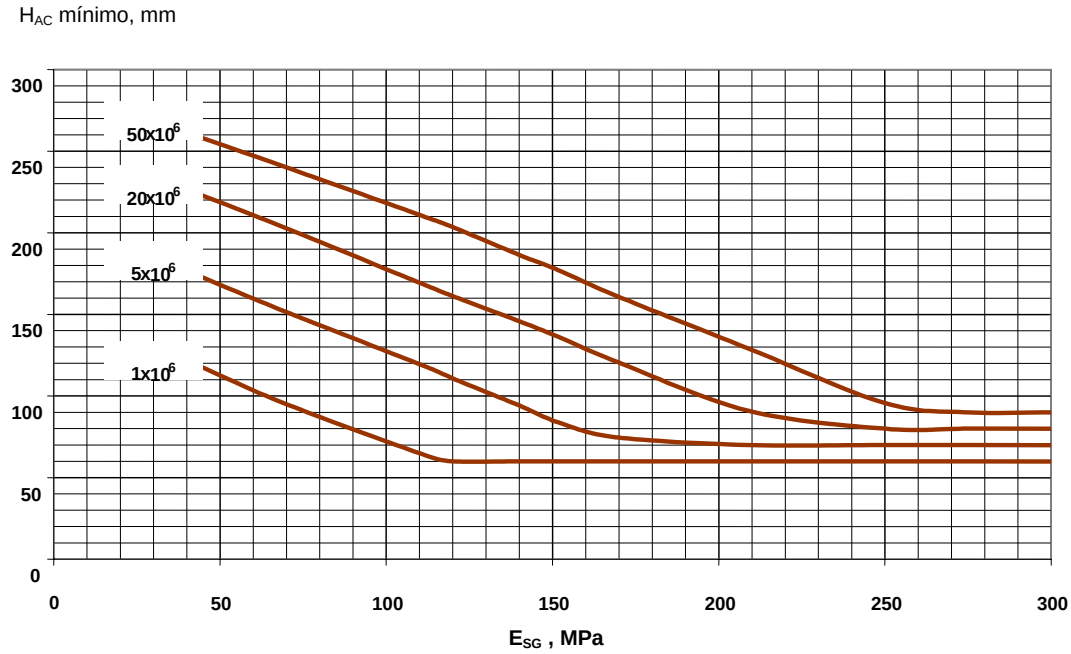


Figura 8: Espesor Mínimo de Carpeta Asfáltica para h_P Menor de 30 cm.

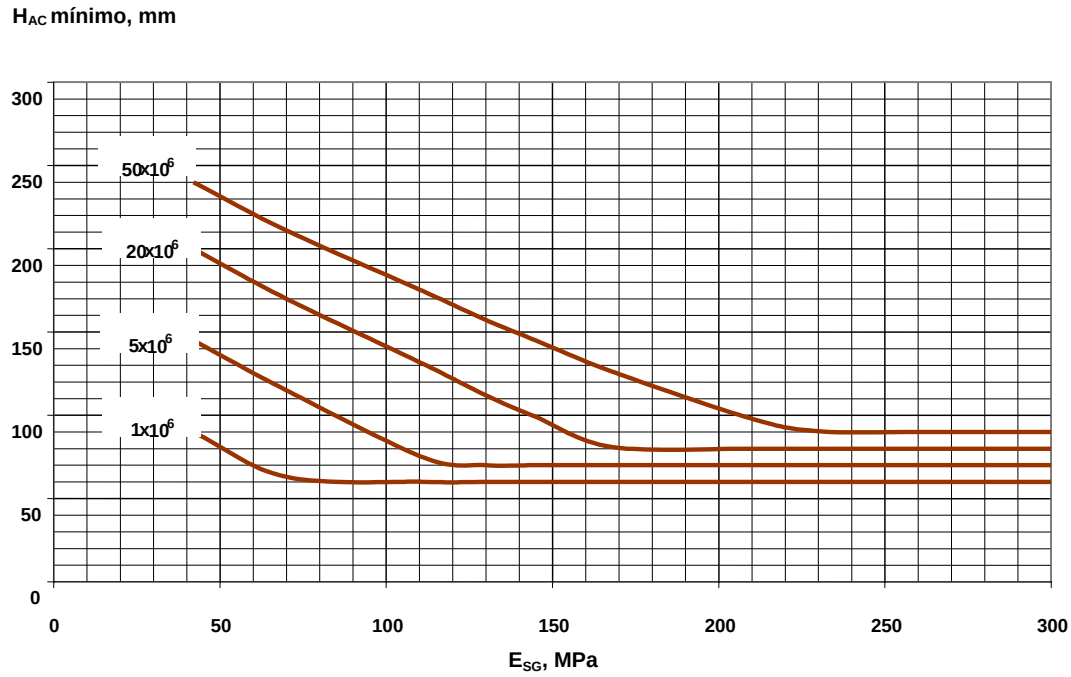


Figura 9: Espesor Mínimo de Carpeta Asfáltica para h_P Mayor de 30 cm.

El espesor de refuerzo asfáltico final necesario para satisfacer los criterios de fatiga se determina tomando en cuenta el espesor mínimo obtenido por medio

de las figuras 8 y 9 y el espesor de la carpeta existente. En este proceso, hay que considerar los niveles y severidad de fallas en la carpeta existente, el nivel de adherencia entre sus subcapas, y las limitaciones geométricas o constructivas del proyecto.

Si bien no es posible proponer una solución para todos y cada uno de los casos particulares que pueden presentarse en diferentes proyectos, la tabla 5 presenta lineamientos generales para tomar en cuenta el espesor existente en el proceso de determinar el espesor asfáltico de refuerzo.

TABLA 5: Recomendaciones Generales para Considerar el Espesor de la Carpeta Asfáltica Existente

Caso No.	Nivel y Severidad de Fallas en la Carpeta Existente	Valor Residual de la Carpeta Existente
1	Fisuramiento en más del 25% del pavimento	0 %
2	Fisuramiento menor a 25% con escasa a mediana desintegración y/u oxidación	25%
3	Escaso o nulo fisuramiento u otras fallas	50%

En el caso 1 de la tabla 5 no se asigna ningún valor estructural a la carpeta existente y ésta actúa como material granular. Por cuestiones constructivas puede contemplarse el escarificado de toda la carpeta existente a fin de evitar la reflexión de las fallas en las capas de refuerzo, y la construcción de una carpeta monolítica nueva de espesor según se determina en las figuras 8 ó 9 según sea el caso.

En el caso 2 se le asigna un valor de 25% al espesor existente. Es decir, una carpeta de 100 mm aporta 25 mm estructurales en el cálculo del refuerzo por fatiga. En el caso 3 el valor residual es del 50%, es decir, 100 mm de carpeta existente contribuyen 50 mm estructurales.

Resumiendo, la verificación de la resistencia a la fatiga en las capas asfálticas se compone de los siguientes pasos:

1. La determinación de E_P y h_P equivalentes del pavimento mediante las ecuaciones [13] y [1] y el valor de SN_{ef} determinado en la primera fase de la evaluación.
2. La estimación de la demanda futura de tráfico en términos del número de repeticiones del eje equivalente de 80 KN.
3. La determinación del espesor mínimo de carpeta asfáltica requerido para satisfacer los criterios de fatiga usando las figuras 8 ó 9 según el valor de E_{SG} evaluado en la fase anterior, el nivel de tráfico, y el valor de h_P.
4. La asignación de un valor residual estructural a la carpeta existente de acuerdo a las recomendaciones de la tabla 5.

5. La adopción del espesor de refuerzo asfáltico recomendado tomando en cuenta el espesor mínimo requerido, el espesor residual existente y otras consideraciones de orden estructural, constructivo, económico, etc.

Ejemplos de Uso de YONAPAVE

La Tabla 6 exhibe los resultados de la evaluación estructural total de los pavimentos de la Tabla 1 utilizando la primera fase de análisis de YONAPAVE.

TABLA 6: Ejemplos de YONAPAVE de Evaluación Estructural Total

Carretera No. (1)	D_0 Promedio micrón (2)	AREA Promedio pulgada (3)	Percentil 30 $E_{SG,}$ Mpa (4)	Percentil 10/30 Corregido SN_{ef} (5)	80 KN Ejes 10 años ESAL's (6)	Rango de SN_{REQ} (7)	ICE, % (8)	Refuerzo Estructural Asfáltico (mm) (9)
4	290	20.3	245	3.9	$33.1x10^6$	3.3-3.6	108-118	0
90	390	19.0	164	3.1	$13.8x10^6$	3.4-3.6	86-91	20-30
60	455	24.1	82	4.7	$11.0x10^6$	4.1-4.5	104-115	0
2	340	20.3	186	3.4	$49.6x10^6$	3.9-4.3	79-87	30-50
73	330	23.7	110	5.2	$7.4x10^6$	3.5-4.2	124-149	0
767	665	21.1	86	3.6	$3.7x10^6$	3.4-3.7	97-106	0-10
MB	640	20.7	92	3.2	$16.5x10^6$	4.2-4.6	70-76	60-80

En la tabla 6 el rango del número estructural requerido (columna 7) ha sido calculado de acuerdo con la guía AASHTO 1993 para una confiabilidad del 90%, un módulo de subrasante según la columna 4, el tráfico de la columna 6, y una reducción del nivel de servicio de 2.0 ó 1.5 dependiendo del nivel de la carretera. El refuerzo estructural asfáltico ha sido calculado asignando un coeficiente estructural de 0.44 (en pulgadas) a la carpeta asfáltica para satisfacer la demanda de SN en carreteras con ICE menor del 100%.

Según puede verse en la tabla 6, las carreteras No. 4, 60, y 73 no sufren de deficiencia estructural según los valores de ICE mayores al 100%. La carretera No. 767 requiere un refuerzo estructural mínimo, y las carreteras No. 90, 2 y MB manifiestan una deficiencia estructural que varía entre los 20 y los 80 mm de refuerzo asfáltico. Los resultados de la tabla 6 son similares a los obtenidos usando los métodos de análisis basados en MODULUS o la guía AASHTO, de acuerdo al método no-destructivo.

La tabla 7 muestra los resultados de la verificación de la fatiga en la carpeta asfáltica para las mismas carreteras de la tabla 6.

TABLA 7: Ejemplos de YONAPAVE para la Verificación de la Fatiga en la Carpeta Asfáltica

Carretera No. (1)	AREA Promedio pulgada (2)	Percentil 30 $E_{SG,}$ Mpa (3)	Espesor Equivalente, h_P, cm (4)	80 KN Ejes 10 años ESAL's (5)	Refuerzo Asfáltico Mínimo por Fatiga (mm) (6)
4	20.3	245	32	$33.1x10^6$	90
90	19.0	164	32	$13.8x10^6$	80
60	24.1	82	43	$11.0x10^6$	140
2	20.3	186	31	$49.6x10^6$	120
73	23.7	110	45	$7.4x10^6$	80
767	21.1	86	40	$3.7x10^6$	100
MB	20.7	92	36	$16.5x10^6$	130

El refuerzo asfáltico por fatiga (columna 6) ha sido determinado por medio de la Figura 9 (espesor equivalente mayor de 30 cm en todas las secciones) para el módulo de subrasante (columna 3) y el tráfico (columna 5) de cada sección.

La fase final comprende la combinación de los resultados de la evaluación estructural total (tabla 6) con los de la verificación de la fatiga en la carpeta asfáltica (tabla 7), y estos con el espesor existente de carpeta y el tipo y nivel de fallas que afectan a la sección evaluada para determinar el espesor de refuerzo final recomendado.

Por ejemplo la carretera No. 2 tiene una carpeta existente de 90 á 130 mm de espesor (ver Tabla 1), con un espesor representativo para el diseño del refuerzo de 100 mm. El estado de fallas corresponde al caso 3 de la Tabla 5, es decir "escaso o nulo fisuramiento u otras fallas" y el valor residual de esta carpeta es del 50%. Por razones constructivas se ha optado por escarificar 40 mm, dejando una carpeta de espesor nominal de 60 mm con un valor estructural residual del 50%, es decir 30 mm. Para satisfacer la demanda de fatiga de 120 mm (ver Tabla 7) se requiere entonces de un refuerzo adicional de 90 mm en dos capas de 50 y 40 mm. Debido a la importancia y al tráfico de esta carretera, se ha recomendado para la capa superior de 40 mm el uso de mezcla de tipo SMA con agregado máximo de 8 mm. La solución propuesta satisface además el refuerzo estructural de 30 á 50 mm determinado en la primera fase de la evaluación (ver Tabla 6).

Resumen y Conclusiones

Este trabajo ha presentado un método sencillo y práctico (YONAPAVE) para la evaluación de las necesidades de refuerzo estructural de pavimentos flexibles. Los algoritmos de YONAPAVE se sustentan en el esquema no-destructivo recomendado en la guía AASHTO 1993 para estimar el número estructural efecivo (SN_{EF}) y el módulo de Elasticidad de la subrasante, y se complementan con el análisis de fatiga en la capa asfáltica.

La fase de evaluación estructural total de YONAPAVE se basa en la interpretación del cuenco de deflexiones medido con el FWD usando el modelo de HOGG consistente de una losa de espesor pequeño sobre una subrasante elástica. El uso de este modelo permite sortear la dependencia que existe en otros métodos con respecto a los espesores de las capas o del pavimento. Esta independencia de YONAPAVE con respecto a los espesores constituye la mayor inovación en relación a otros métodos en uso. El módulo de la subrasante evaluada con YONAPAVE coincide razonablemente bien con el módulo determinado por medio de modelos más rigurosos como MODULUS.

La fase de verificación de la fatiga en la carpeta asfáltica de refuerzo incorpora conceptos analíticos usados en métodos de diseño "mecanísticos" como el método Shell o el método del Instituto del Asfalto. YONAPAVE caracteriza al pavimento evaluado como un modelo bicapa elástico equivalente con parámetros elásticos efectivos derivados directamente del cuenco de deflexiones medido.

Este trabajo presenta también un algoritmo para corregir el valor de SN_{EF} evaluado a una temperatura base de la carpeta asfáltica de 30 °C, y muestra ejemplos ilustrativos de cómo calcular el espesor de refuerzo asfáltico cuando el valor de SN_{EF} es menor que el SN requerido para satisfacer demandas futuras de tráfico. De la misma manera, este trabajo muestra ejemplos de cálculo tomando en cuenta además la fatiga de la carpeta asfáltica y el valor estructural residual de la carpeta existente en función de los niveles y la severidad de las fallas existentes.

Las soluciones de YONAPAVE han sido reducidas a ecuaciones simples que pueden resolverse con una calculadora de bolsillo, de manera que el método es cómodo para evaluar el valor de SN_{EF} y del módulo de la subrasante en el campo. La simplicidad del método, conjuntamente con su independencia de los espesores de capas y del pavimento, tornan a YONAPAVE en una herramienta útil para analizar cuencos de deflexiones del FWD medidos en forma periódica o rutinaria a lo largo de una red vial, como componente de un sistema de gestión del mantenimiento, por ejemplo. Los resultados de la evaluación estructural obtenidos por medio de YONAPAVE y los costos estimados de los refuerzos requeridos pasan a constituir datos de insumo básico para planificar inversiones prioritizadas en la red vial. Con el aumento de la experiencia en el uso, y con calibraciones locales en relación a otros métodos acostumbrados, YONAPAVE se puede constituir en la base para el diseño estructural y el cálculo de refuerzos de pavimentos a nivel de proyecto ejecutivo.

Referencias Bibliográficas

1. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, Published by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, 1993.
2. Rohde, G. T., "Determining Pavement Structural Number from FWD Testing", TRR 1448, Transportation Research Board, Washington DC, 1994.

3. Hall, K. D., and Elliot, R. P., "ROADHOG – A Flexible Pavement Overlay Design Procedure", TRR 1374, Transportation Research Board, Washington DC, 1992.
4. Romanoschi, S, and Metcalf, J. B., "Simple Approach to Estimation of Pavement Structural Capacity", TRR 1652, Transportation Research Board, Washington DC, 1999.
5. Ioannides, A. M., "Theoretical Implications of the AASHTO 1986 Nondestructive Testing Method 2 for Pavement Evaluation", TRR 1307, Transportation Research Board, Washington, DC, 1991.
6. Heukelom, W., Klomp, A.J.G., "Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction", Proceedings of the First International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, 1962.
7. Michalak, C. H., and Scullion, T., "Modulus 5.0: User's Manual", Texas Transportation Institute, College Station, Texas, November 1995.
8. ELMOD4, Dynatest International, Denmark, http://www.dynatest.com.
9. Uzan, J., "Estimation of Subgrade Thickness from Deflection Basin Analysis", Fifth International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields, Trondheim, 1998.
10. Hogg, A. H. A., "Equilibrium of a Thin Plate, Symmetrically Loaded, Resting on an Elastic Foundation of Infinite Depth". Philosophical Magazine, Volume 25 (168), pp 576-582, 1938.
11. Hogg, A. H. A., "Equilibrium of a Thin Slab on an Elastic Foundation of Finite Depth", Philosophical Magazine, Volume 35 (243), pp 265-276, 1944.
12. Wiseman, G., Uzan, J., Hoffman, M. S., Ishai, I., and Livneh, M., "Simple Elastic Models for Pavement Evaluation Using Measured Deflection Bowls", Proceedings, Fourth International Conference – Structural Design of Asphalt Pavements, Volume II, Ann Arbor, Michigan, 1977.
13. Hoffman, M. S., "Application of Elasticity Models for Evaluation of Flexible Pavements", Thesis submitted in partial fulfillment for the M. Sc. Degree, Technion, Israel Institute of Technology, 1977 (In Hebrew).
14. Hoffman, M. S. and Thompson M. R., "Comparative Study of Selected Nondestructive Testing Devices", TRR 852, Transportation Research Board, Washington DC, 1982.
15. Shell Pavement Design Manual – Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic, Shell International Petroleum Company Limited, London, United Kingdom, 1978.
16. Shook, J. F., Finn, F. N., Witczak, M. W., and Monismith, C. L., "Thickness Design of Asphalt Pavements – The Asphalt Institute Method". Proceedings 5th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Vol. 1, Delft, Netherlands, 1982.

17. Finn, F., Saraf, C., Kulkarni, K., Nair, K., Smith, W., and Abdullah, A., "The Use of Distress Prediction Subsystems for the Design of Pavement Structures", Proceedings 4th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Vol. 1, Ann Arbor, Michigan, 1977.

18. Uzan, J., "A Pavement Design and Rehabilitation System", Transportation Research Record 1539, TRB, Washington DC., 1996.

19. Uzan, J., "Influence of the Interface Condition on Stress Distribution in a Layered System", Transportation Research Record 616, TRB, Washington DC, 1976.