

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**CORRELACIÓN ENTRE LOS FACTORES CLIMÁTICOS
PROVENIENTES DE LA BASE DE DATOS DEL LTPP CON EL
COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA
JULIACA – AZÁNGARO PERIODO 2018**

TESIS

PRESENTADA POR:

CARLOS JOSÉ TITO BURGOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**CORRELACIÓN ENTRE LOS FACTORES CLIMÁTICOS PROVENIENTES
DE LA BASE DE DATOS DEL LTPP CON EL COMPORTAMIENTO DEL
PAVIMENTO DE LA CARRETERA JULIACA – AZÁNGARO PERIODO 2018**

TESIS PRESENTADA POR:

CARLOS JOSÉ TITO BURGOS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE:


M.C. EMILIO CASTILLO ARONI

PRIMER MIEMBRO:


Ing. JOSE LUIS CUTIPA ARAPA

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA

DIRECTOR / ASESOR:


Ms. MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA

Tema : Gestión Vial

Área : Transporte

Línea de investigación: Transportes y Gestión Vial

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 DE JULIO DE 2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia que siempre me apoyaron incondicionalmente y que entienden que este logro no es mío, si no de ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los que confiaron en mí y lo hicieron en momentos adversos para mi vida, sin ellos nada sería posible.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	16
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Planteamiento del Problema.	17
1.2. Formulación del Problema.	19
1.3. Hipótesis de la investigación.	19
1.4. Justificación	20
1.5. Objetivos.	21
II. REVISIÓN DE LITERATURA	23
2.1. Marco teórico	23
III. MATERIALES Y MÉTODO	78
3.1. Ubicación Geográfica del Estudio.	78
3.2. Periodo de Duración del Estudio.	80
3.3. Población y Muestra del estudio.	80
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	87
4.1. Precipitación.	111

4.2. Temperatura.....	113
4.3. Viento	116
4.4. Humedad	120
4.5. Solar.....	121
V. CONCLUSIONES	124
VI. RECOMENDACIONES	126
VII. REFERENCIAS	127
Bibliografía.....	127
ANEXOS	129

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Componente del Programa LTTP, elementos de la información, recolección de información, almacenamiento, actividades de análisis. Concepto de Eric Weaver, FHWA; Realizado por Jim Elmore.....	29
<i>Figura 2</i> Interfaz de LTTP InfoPave Climate Tool, seleccionado en Ubicación, Elaboración propia a partir de la interfaz de InfoPave.	33
<i>Figura 3</i> Interface de la Herramienta de Análisis de Correlación con un ejemplo aleatorio. Fuente: Elaboración propia a partir de la interface InfoPave.	37
<i>Figura 4.</i> Medida de ancho en Pavimentos de Concreto Asfáltico. Fuente: DIM LTTP (2014).....	39
<i>Figura 5</i> Niveles de severidad de una falla en bloque debido a estar asociado a fracturas aleatorias. Fuente: DIM LTTP (2014).	39
<i>Figura 6.</i> Tipo de falla ACP 1 – Fractura por fatiga. Fuente: DIM LTTP (2014).....	41
<i>Figura 7.</i> Tipo de falla ACP 1 – Patrón de fractura típico de corral de pollo/ Piel de cocodrilo en falla por fatiga. Fuente: DIM LTTP (2014)	41
<i>Figura 8.</i> Tipo de falla ACP 1 – Fractura por Fatiga de baja severidad. Fuente: DIM LTTP (2014).	42
<i>Figura 9.</i> Tipo de falla ACP 1 – Fractura por Fatiga de moderada severidad. Fuente: DIM LTTP (2014).....	42
<i>Figura 10.</i> Tipo de falla ACP 1 – Fractura por Fatiga de alta severidad. Fuente: DIM LTTP (2014).	42
<i>Figura 11.</i> Tipo de falla ACP 2 – Fractura en bloque. Fuente: DIM LTTP (2014).	43
<i>Figura 12.</i> Tipo de falla ACP 2 – Fractura en bloque con fractura por fatiga en la huella de llanta. Fuente: DIM LTTP (2014).	44
<i>Figura 13.</i> Tipo de falla ACP 3 – Fractura de borde. Fuente: DIM LTTP (2014).	45

<i>Figura 14.</i> Tipo de falla ACP 3 – Fractura de borde de baja severidad. Fuente: DIM LTPP (2014).	46
<i>Figura 15.</i> Tipo de falla ACP 4 – Fractura longitudinal. Fuente: DIM LTPP (2014)...	47
<i>Figura 16.</i> Tipo de falla ACP 4a – Fractura longitudinal sobre la huella de llanta. Fuente: DIM LTPP (2014).....	48
<i>Figura 17.</i> Tipo de falla ACP 4b – Fractura longitudinal fuera de la huella de llanta. Fuente: DIM LTPP (2014).....	49
<i>Figura 18.</i> Tipo de falla ACP 5 – Fractura por reflejo en juntas. Fuente: DIM LTPP (2014).....	50
<i>Figura 19.</i> Tipo de falla ACP 5 – Fractura por reflejo en juntas de severidad alta. Fuente: DIM LTPP (2014).....	51
<i>Figura 20.</i> Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal. Fuente: DIM LTPP (2014).....	51
<i>Figura 21.</i> Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).	53
<i>Figura 22.</i> Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal de severidad moderada. Fuente: DIM LTPP (2014).....	54
<i>Figura 23.</i> Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal de severidad Alta. Fuente: DIM LTPP (2014).	54
<i>Figura 24.</i> Tipo de falla ACP 7 –Parche/ parche deteriorado. Fuente: DIM LTPP (2014).....	55
<i>Figura 25.</i> Tipo de falla ACP 7 –Parche de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).	56
<i>Figura 26.</i> Tipo de falla ACP 7 –Parche de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).	57

<i>Figura 27.</i> Tipo de falla ACP 7 –Parche de severidad alta. Fuente: DIM LTPP (2014).	57
.....	
<i>Figura 28.</i> Tipo de falla ACP 8 –Bache. Fuente: DIM LTPP (2014).	58
<i>Figura 29.</i> Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).	59
<i>Figura 30.</i> Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad moderada. Fuente: DIM LTPP (2014).	59
<i>Figura 31.</i> Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad moderada, toma con acercamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).	60
<i>Figura 32.</i> Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad alta. Fuente: DIM LTPP (2014).	60
<i>Figura 33.</i> Tipo de falla ACP 9 – Ahuellamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).	61
<i>Figura 34.</i> Tipo de falla ACP 9 – Ahuellamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).	62
<i>Figura 35.</i> Agua estancada en ahuellamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).	62
<i>Figura 36.</i> Tipo de falla ACP 10 – Corrimiento. Fuente: DIM LTPP (2014).	63
<i>Figura 37.</i> Tipo de falla ACP 10 – Corrimiento en superficie de pavimento. Fuente: DIM LTPP (2014).	63
<i>Figura 38.</i> Tipo de falla ACP 11 – sangrado Decoloración. Fuente: DIM LTPP (2014).	65
.....	
<i>Figura 39.</i> Tipo de falla ACP 11 – Pérdida de textura. Fuente: DIM LTPP (2014).	65
<i>Figura 40.</i> Tipo de falla ACP 11 – Agregado Oscurecido. Fuente: DIM LTPP (2014).	65
<i>Figura 41.</i> Tipo de falla ACP 12 – Agregado Pulido. Fuente: DIM LTPP (2014).	66
<i>Figura 42.</i> Tipo de falla ACP 13 – Perdida de agregado fino. Fuente: DIM LTPP (2014).	67
<i>Figura 43.</i> Tipo de falla ACP 13 – Perdida de agregado fino y grueso. Fuente: DIM LTPP (2014).	68

<i>Figura 44.</i> Tipo de falla ACP 13 – Perdida de agregado grueso. Fuente: DIM LTPP (2014).....	68
<i>Figura 45.</i> Tipo de falla ACP 14 – Depresión pista-berma. Fuente: DIM LTPP (2014).	69
<i>Figura 46.</i> Tipo de falla ACP 14 – Depresión pista-berma. Fuente: DIM LTPP (2014)	70
<i>Figura 47.</i> Tipo de falla ACP 14 – exudación y bombeo. Fuente: DIM LTPP (2014)..	71
<i>Figura 48.</i> Tipo de falla ACP 14 – Material fino sobre la superficie por exudación y bombeo. Fuente: DIM LTPP (2014).....	71
<i>Figura 49.</i> IIRSA Sur – Tramo 5: Matarani – Azángaro – Ilo, fuente: OSITRAN.....	78
<i>Figura 50.</i> Ubicación del sub-tramo estudiado Puno – Juliaca, fuente: elaboración propia a partir de Google Maps.	78
<i>Figura 51.</i> ilustración del diseño de una sección de prueba de una sección general de GPS. Fuente: <i>IMS User guide, FHWA (2018)</i>	81
<i>Figura 52.</i> Ilustración del diseño de una sección de prueba de una sección de evaluación general de SPS. Fuente: <i>IMS User guide, FHWA (2018)</i>	81
<i>Figura 53.</i> Inicio de la Sección de evaluación. Fuente: Elaboración propia.	87
<i>Figura 54.</i> Medición del ancho de vía de la sección de evaluación. Fuente: Elaboración propia.	88
<i>Figura 55.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación. Fuente: Elaboración propia.	88
<i>Figura 56.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación – temperatura. Fuente: Elaboración Propia.....	89
<i>Figura 57.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación – muestra de fallas longitudinales. Fuente: Elaboración propia.	89

<i>Figura 58.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación – Falla transversal.	
Fuente elaboración propia.....	90
<i>Figura 59.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – temperatura.	
Fuente: Elaboración propia	91
<i>Figura 60.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – fallas longitudinales. Fuente: Elaboración propia	92
<i>Figura 61</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – huella de rueda.	
Fuente: Elaboración propia	92
<i>Figura 62</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – fallas longitudinales en la huella de rueda. Fuente: Elaboración propia	93
<i>Figura 63.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – temperatura.	
Fuente: Elaboración propia	94
<i>Figura 64.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – fallas longitudinales. Fuente: Elaboración propia	95
<i>Figura 65</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – huella de rueda.	
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	95
<i>Figura 66.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – huella de rueda y marca de construcción . Fuente: Elaboración propia.....	96
<i>Figura 67.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 4 – temperatura.	
Fuente: Elaboración propia.....	97
<i>Figura 68.</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 4 – fallas por fatiga, piel de cocodrilo. Fuente: Elaboración propia	98
<i>Figura 69</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 4 – fallas por fatiga, piel de cocodrilo y parches. Fuente: Elaboración propia.....	98

<i>Figura 70</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 5 – temperatura. Fuente: Elaboración propia.....	100
<i>Figura 71</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 5 – fallas por fatiga y parches. Fuente: Elaboración propia.....	100
<i>Figura 72</i> Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 5 – fallas por fatiga selladas. Fuente: Elaboración propia	101
<i>Figura 73.</i> Precipitación promedio mensual de la sección 80817 entre los años 2008-2018. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de InfoPave Climate Tool de LTPP.	105
<i>Figura 74.</i> Temperatura promedio mensual de la sección 80817 entre los años 2008-2018. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de InfoPave Climate Tool de LTPP	108
<i>Figura 75.</i> Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y precipitación. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	111
<i>Figura 76.</i> Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y precipitación con un rango ampliado de Fallas. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	112
<i>Figura 77.</i> Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y temperatura. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	113
<i>Figura 78.</i> Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y temperatura. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	114
<i>Figura 79.</i> Valores de temperatura vs Fractura transversal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.....	115
<i>Figura 80.</i> Valores de temperatura vs Fractura longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	116

<i>Figura 81.</i> Análisis de correlación de InfoPave, entre fracturas longitudinales y fracturas Transversales. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	117
<i>Figura 82.</i> Valores de Viento vs Fractura longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	119
<i>Figura 83.</i> Valores de Viento vs Fractura transversal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.....	119
<i>Figura 84.</i> Valores de Humedad del aire vs Fractura Longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.....	120
<i>Figura 85.</i> Valores de Humedad del aire vs Fractura transversal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.....	121
<i>Figura 86.</i> Valores de Superficie de Onda corta vs Fractura longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos...	122
<i>Figura 87.</i> Valores de Humedad del aire vs Fractura transversal con su respectiva regresión Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Elementos de información de MERRA – Horario.</i>	34
Tabla 2 <i>Tipos de Fallas en Pavimentos de Concreto Asfaltico (ACP)</i>	72
Tabla 3. <i>Sectores del Sub.tramo Juliaca-Azángaro.</i>	79
Tabla 4. <i>Obras viales de Construcción en los términos de referencia Sub tramo Juliaca – Azángaro.</i>	79
Tabla 5 <i>Resumen de las secciones de evaluación</i>	83
Tabla 6 <i>Resumen de las variables en estudio</i>	85
Tabla 7. <i>Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 1.</i>	90
Tabla 8 <i>Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 2</i>	93
Tabla 9 <i>Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 3</i>	96
Tabla 10. <i>Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 4</i>	99
Tabla 11. <i>Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 4</i>	101
Tabla 12. <i>Resumen y comparación entre Las secciones de evaluación y sus fallas correspondientes</i>	103
Tabla 13. <i>Datos de precipitación de MERRA para la sección de evaluación.</i>	104
Tabla 14 <i>Precipitación promedio mensual en la sección de análisis 80817 entre los años 2009- 2018.</i>	104
Tabla 15 <i>Precipitación mensual de los meses críticos en la sección 80817</i>	106
Tabla 16. <i>Datos de temperatura de MERRA para la sección de evaluación.</i>	106
Tabla 17 <i>Temperatura promedio mensual en la sección 80817 entre los años 2009- 2018.</i>	107
Tabla 18 <i>Temperatura mensual de los meses críticos en la sección 80817</i>	109
Tabla 19. <i>datos de Viento de MERRA para la sección de evaluación.</i>	109
Tabla 20. <i>Datos solares de MERRA para la sección de evaluación.</i>	110

Tabla 21. <i>Datos de humedad MERRA para la sección de Evaluación</i>	110
Tabla 22. <i>Filtros de Visualización</i>	111
Tabla 23. <i>Valores de Fractura Longitudinal y Fractura transversal en secciones con temperaturas similares</i>	114
Tabla 24 <i>Resultado de la prueba de normalidad Shapiro – Wilk, para la temperatura</i>	115
Tabla 25. <i>Datos de MERRA de las secciones similares a la sección de evaluación</i>	117
Tabla 26 <i>Resultado de la prueba de normalidad Shapiro – Wilk, para Viento Nublado Superficie de Onda corta Humedad</i>	118
Tabla 27 <i>Resumen del resultado de correlación y su respectiva significancia</i>	123

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

DIM: Distress Identification Manual o Manual de Identificación de fallas del programa de larga duración de desempeño de pavimentos.

LTPP: Long-Term Pavement Performance o Programa de desempeño de pavimentos de larga duración.

SHRP: Strategic Highway Research Program o Programa estratégico de investigación de carreteras.

SUPERPAVE: Superior Performance Pavement

FHWA: Federal Highway Administration

NCHRP: National Cooperative Highway Research Program o Programa Nacional Cooperativo de Investigación de Carreteras

GPS: General Pavement Studies o Estudios generales de pavimento.

SPT: Simple Performance Test o Ensayos de comportamiento simple.

MERRA: Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications.

FHMA: Federal Highway Administration.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo establecer una correlación entre los factores climáticos brindados por LTPP mediante InfoPave y MERRA, y el desempeño del pavimento en la Carretera Juliaca – Azángaro para el año 2018, así difundir el uso de la plataforma de LTPP – InfoPave para el entendimiento del desempeño de los pavimentos en la región. Se uso la metodología Hipotético-Deductiva, con un relevamiento de datos en campo con los formatos brindados por la metodología y recolección de información de LTPP. Se llego a la conclusión que existe parcialmente correlación entre los diferentes factores climáticos que brinda MERRA y el desempeño del pavimento con referencia a fractura transversal y fractura longitudinal, fallas las cuales fueron predominantes en la sección de evaluación.

Palabras Clave: Pavimento, gestión, ltp.

ABSTRACT

The present work has like objective establish a correlation between climate factors provided by LTPP Program interface, InfoPave and MERRA, and the pavement performance of Juliaca – Azángaro Road in 2018, so spread the LTPP program interface, InfoPave, use to understand performance pavement in the zone. It was used hypothetical-deductive methodology, recording field data with de surveys given by Distress Identification Manual and downloading LTPP information. Was concluded that exists a partial correlation between climates attributes provided by MERRA, and the pavement performance related transversal cracking and longitudinal cracking, distresses that predominate the test section.

Keywords: Pavement, LTPP, Management.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Para la elaboración de proyectos de ingeniería es necesario contar con datos confiables, específicamente en el ámbito de infraestructura vial, como los pavimentos, el comportamiento, en cualquier etapa de su vida (diseño, construcción, operación o mantenimiento) depende de una gama de datos, dentro de los cuales están, los climatológicos por la repercusión de estos en su desempeño.

La ausencia de una base de datos climatológica fiable de libre acceso y actualizada en la región Puno limita el correcto desarrollo de proyectos, diseños e investigaciones en todas las áreas de la Ingeniería; en el Perú la entidad más confiable, con mayor cantidad de información y que tiene la función de centralizar y procesar la información meteorológica, hidrológica, agrometeorológica es el SENAMHI. (Congreso de la Republica del Perú, 1984)

Asimismo, estos datos en casos especiales tienen un costo, de acuerdo con el nuevo Texto Único de Servicios No Exclusivos, se establecen las nuevas tarifas para los diferentes servicios para el procesamiento de datos. (SENAMHI, 2018)

Por la necesidad de datos confiables tanto en calidad como cantidad, es que SENAMHI es la entidad preferida para la obtención de estos (puesto que existen ciertas universidades y entidades privadas cuentan con estaciones climatológicas) y esto genera un costo particular cada vez que se requiere información a dicha entidad limitando acceso a otras fuentes y aletargando la obtención de datos.

Asimismo, en nuestra región las fallas más comunes de pavimentos son relacionadas a los climas extremos, los cuales por los motivos expuestos no logran ser completamente analizados, por lo que es necesario establecer una relación entre datos climatológicos y el comportamiento de las estructuras.

En conjunto toda esta problemática, salvando las distancias, formó parte de la iniciativa para la creación en EE. UU. del programa LTPP (Long Term Pavement Performance), el cual tiene como un objetivo la creación pavimentos de alta duración y monitorearlos para conocer realmente su comportamiento. A su vez dentro de las herramientas del programa LTPP, se cuenta con una base de datos climatológicos de alcance mundial, y provisto por la NASA, por lo tanto, confiable. También se cuenta con diferentes herramientas para el análisis de estos datos, como de los pavimentos.

Así pues, como respuesta a los problemas mencionados, la presente investigación tiene como finalidad demostrar el potencial del programa LTPP, la validez de sus datos y a su vez promover el uso de estas herramientas para su aplicación a nuestra región en bien de la sociedad a través del análisis en una carretera de la región.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Pregunta General.

¿Existe correlación entre los factores climáticos provenientes de la base de datos del LTPP con el comportamiento del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018?

1.2.2. Preguntas Específicas.

¿Existe correlación entre la precipitación proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018?

¿Existe correlación entre la temperatura proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018?

¿Existe correlación entre el Viento proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018?

¿Existe correlación entre la humedad proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018?

¿Existe correlación entre la SOLAR proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. Hipótesis General De La Investigación.

Existe correlación entre los factores climáticos provenientes de la base de datos del LTPP con el comportamiento del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018.

1.3.2. Hipótesis Específicas De La Investigación.

Existe correlación entre la precipitación proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018.

Existe correlación entre la temperatura proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018.

Existe correlación entre el Viento proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

Existe correlación entre la humedad proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

Existe correlación entre los datos solares proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación De La Metodología.

En el presente trabajo se usó la metodología hipotético-deductiva que tiene como punto de partida a la hipótesis sugerida por datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se alcanza predicciones que se someten a verificación, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis. (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017)

1.4.2. Justificación Teórica.

El prejuicio regional acerca de la confiabilidad de datos climáticos ajenos a los conocidos popularmente, como por ejemplo SENAMHI, exige por la validación local de datos de otras fuentes como los brindados por el programa LTPP. Asimismo,

se necesita un mayor número de herramientas y datos para el análisis del comportamiento de los pavimentos.

1.4.3. Justificación Práctica.

El presente trabajo puede ser usado como validación de los datos a las condiciones locales para proyectos correspondientes al sector analizado, además de la difusión del programa LTPP y el uso de su base datos para posteriores análisis y la toma de decisiones en cualquier etapa del tiempo de vida de un proyecto.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General

Establecer si existe correlación entre los factores climáticos provenientes de la base de datos del LTPP con el comportamiento del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018.

1.5.2. Objetivo Especifico

Establecer si existe correlación entre la precipitación proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

Establecer si existe correlación entre la temperatura proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

Establecer si existe correlación entre el Viento proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

Establecer si existe correlación entre la humedad proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018

Establecer si existe correlación entre datos solares proveniente de la base de datos del LTPP y las fallas del Pavimento de la vía Juliaca – Azángaro, en el periodo 2018.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes.

Respecto a los antecedentes, debido a la relativamente reciente liberación de los datos MERRA y la plataforma InfoPave de LTPP y las limitaciones del lenguaje, se tiene pocos antecedentes de manera explícita que se hayan podido recolectar.

2.1.1.1. Antecedentes Nacionales.

Dentro de los antecedentes nacionales se encuentra:

- El uso del DIM en el estudio definitivo para el mantenimiento Periódico de la Carretera Puno-Desaguadero; tramo Puno – Ilave, del consorcio San Juan, en el cual se usa el DIM en el relevamiento de fallas para la obtención de la condición superficial del Pavimento (PCI), donde además se adecuaron los formatos de relevamiento a la norma ASTM D-6433-03 para la interpretación de los daños superficiales. Del mismo estudio se tiene el cuadro DP-03 el cual es un resumen de los datos obtenidos en dicho trabajo, del cual se puede observar los daños superficiales. (Consortio San Juan., 2006)

- Asimismo, en la investigación (Espinoza Juro & Vildoso Flores, 2014) “Estudio de la Técnica del Reciclado con Asfalto Espumado en las Carreteras la Oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo María – Dv. Tocache y Conococha – Yanacancha” también se usa el DIM para la obtención del PCI de las carreteras del

mencionado trabajo los cuales comparte formatos con el estudio definitivo Periódico de la Carretera Puno – Desaguadero.

El libro de “Sistematización de información sobre diseño, gestión, construcción y reparación de pavimentos urbanos” (Sotil Chávez, 2009), se resalta que para el año 2002 las investigaciones llevadas a cabo por NCHRP para la obtención de una guía Mecánico-empírico, recomiendan la evaluación de los SPT con datos obtenidos del programa LTPP. Asimismo, acerca del Sistema de Gestión de Pavimentos afirma que estos se deben fundamentar en principios probabilísticos-empíricos desarrollando un monitoreo similar al SHRP y LTPP.

- También el programa LTPP es mencionado en diferentes estudios los cuales recomiendan el uso de sus datos y también sus formatos. Debido a que el trabajo desarrollado por el programa LTPP es tan amplio, estos no serán tratados a detalle ya que hacen referencia a diferentes aspectos del pavimento, como es el asfalto o su comportamiento.

2.1.1.2. Antecedentes internacionales.

Dentro de los antecedentes Internacionales se tienen en su mayoría trabajos realizados por el programa LTPP en EE. UU., que a su vez desencadenan en trabajos de Costa Rica, tales como:

Informe de avance LTPP-CR 2016 (Camacho Garita , Quirós, & Aguiar M, 2016), del programa de infraestructura del transporte (PITRA), donde se informa del avance del proyecto LTPP – CR, que se realiza cada 2 años para alimentar el registro de información de manera detallada. Se recalca también la importancia del proyecto de monitoreo a largo plazo de estructuras de pavimento (LTPP) para tener un mejor entendimiento del comportamiento de las estructuras en servicio.

Particularmente para este país se realizó una selección de un grupo de tramos de carretera en servicio que tienen una distribución homogénea en el territorio nacional, incorporando así diferentes condiciones climáticas, tipos de suelos y otras variables que se vean modificadas con la ubicación.

A la fecha del informe se encuentran 25 tramos incluidos, además se tienen ensayos acelerados de pavimentos a escala real mediante uso de ATP.

2.1.2. Marco Conceptual

Para el desarrollo de la investigación es necesario entender cuál es el contexto en el que nace el programa de desempeño de Pavimentos a Largo Plazo (Long Term Pavement Performance) – LTPP y sus características las cuales son necesarias para el análisis de los datos.

2.1.2.1. LTPP – Contexto Histórico

Alrededor de la década de 1970, los deterioros de los sistemas de carreteras construidos un par de décadas atrás hicieron crecer la preocupación, debido a que el presupuesto incrementaba enfocado a mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. Para la década de 1980 el dinero destinado a reparación y reemplazo de pavimentos para el año 2000 fue estimado a \$ 400 000 000 000. Así las agencias de carreteras crearon programas de gestión de pavimentos para ayudar a que la inversión pública sea más estratégica, pero hacía falta información histórica para sostener esos programas.

Aunque varias de las agencias realizaban estas investigaciones, era necesario un esfuerzo mucho más amplio y coordinado para tener un mejor entendimiento de diseño, construcción y mantenimiento para pavimentos de mejor desempeño y duración.

Así pues, en 1978 el Congreso de los EU instó al secretario de transporte asistido por la oficina de presupuesto del congreso a: “Investigar... la necesidad para un monitoreo continuo o de largo plazo del deterioro de las carreteras para determinar el daño relativo atribuible al tráfico y factores medioambientales”. Así la oficina de presupuesto respondió con las pautas que esbozaban el esfuerzo necesitado:

“Muchas de las incertidumbres acerca de pavimentos... pueden ser inequívocamente resueltos solo por un cuidadoso monitoreo del volumen y mezcla de tráfico sobre caminos seleccionados en un periodo extendido y por monitoreo de cambios en la serviciabilidad de los pavimentos en el mismo periodo... este compromiso podría también producir información que pudieran mejorar las prácticas de seguimiento en la construcción y mantenimiento del pavimento. La selección de los caminos a ser monitoreados debería ser hecha de tal forma que el estudio deberá incluir un conjunto de climas y condiciones medioambientales representativas. En adición, es importante que un amplio rango de tipo de vías sea monitoreado, incluyendo caminos en cada sistema funcional y ambos, tanto como vías urbanas como rurales. Para la máxima extensión posible, amplias variaciones en la mezcla de tráfico deberían ser buscadas de otra manera en similares puntos de monitoreo, y así esa evaluación adicional de los efectos relativos de vehículos de carga pesada y ligera pueden ser hechos. “

Cerca de una década después, en 1987 el congreso autoriza el programa de desempeño de pavimentos a largo plazo (LTPP) como parte del primer programa estratégico de investigación de pavimentos (SHRP). Consistía en un programa de 5 años de aplicación fundado en 50 estados a través de una cuota dedicada de Highway Trust Fund (Fideicomiso de financiamiento de carreteras). Al programa de unió Canadá, cuyos líderes estaban buscando avanzar en la investigación de carreteras y

fueron involucrados de cerca en el planeamiento para el SHRP y LTPP. La misión del LTPP fue ambiciosa:

- Recolectar y almacenar información de desempeño de un enorme número de carreteras en servicio sobre un periodo extendido para respaldar el análisis y desarrollo del producto.
- Analizar esta información para describir cómo se desempeñan los pavimentos y explicar el por qué se comportan de esa manera.
- Trasladar estas revelaciones en conocimiento y productos útiles de ingeniería relacionados al diseño de pavimentos, construcción, rehabilitación, mantenimiento, preservación y gestión.

Después de un extensivo planeamiento, la recolección de datos oficialmente empezó en 1989. Eventualmente, 2509 secciones de prueba de pavimentos de carreteras en servicio fueron seleccionadas o construidas para guiar preguntas específicas acerca de cómo se comportan pavimentos construidos y mantenidos de manera diferentes bajo un amplio rango climático, suelo, condiciones de tráfico en EU y Canadá. Tal programa ambicioso requirió identificar los materiales de construcción y diseño estructural para cada sección de evaluación y su historial de mantenimiento, monitoreo de condiciones climáticas, determinación de cargas de tráfico y volúmenes, y monitoreo del desempeño resultante del pavimento. Esta vasta información fue recolectada y guardada para un futuro análisis.

Al final del SHRP en 1992, el LTPP continuó, pero ahora liderado por la administración federal de carreteras (FHWA), y continua hasta ahora. Las secciones de evaluación de Pavimento son monitoreadas hasta alcanzar su vida de diseño y hay otras maneras recomendadas para sacar de estudio la secciones con la participación

de la agencia de carreteras. Por continuar estas secciones de evaluación, los investigadores están obteniendo revelaciones de cómo y por qué los pavimentos se comportan como lo hacen, lo cual provee lecciones valiosas en cómo construir y mantener por más tiempo, mejores costo-eficientes pavimentos.

Nuevos experimentos han sido añadidos para monitorear el desempeño de materiales de pavimentos y también tecnologías que no eran usadas cuando LTPP empezó, como las mezclas asfálticas en tibio (WMA) y preservación de pavimentos. Así como las agencias de carreteras implementen otros materiales de pavimentos y tecnologías, el programa LTPP será considerado para añadirlo al programa para su monitoreo.

El programa LTPP ha generado así una amplia gama de beneficios a lo largo de la ingeniería de pavimentos y espectro de diseño. Numerosas aplicaciones ahora hacen uso de la información de LTPP, y la utilidad de esta información incrementa. Los productos y beneficios se pueden dividir de manera general en 3 categorías:

- La más grande y exhaustiva base de datos de desempeño de pavimentos del mundo.
- Avances en la medición de comportamiento de pavimentos.
- Contribución al diseño y gestión de pavimentos.

Los resultados relacionados a LTPP continúan beneficiando al público en general, ya que en algunos casos las agencias de carreteras han visto ahorros en millones de dólares en sus sistemas de carreteras como resultado de estas investigaciones.

Para hacer el mejor uso de la información de LTPP, es necesario entender la historia del programa.

“La meta del programa de desempeño de pavimento a largo plazo es incrementar la vida del pavimento por investigación de varios diseños de pavimentos, usando diferentes materiales y bajo diferentes cargas, medio ambiente, suelo subrasante, y prácticas de mantenimiento.”



Figura 1 Componente del Programa LTTP, elementos de la información, recolección de información, almacenamiento, actividades de análisis. Concepto de Eric Weaver, FHWA; Realizado por Jim Elmore.

2.1.2.2.LTTP InfoPave.

Como se vio, LTTP tiene un manejo masivo de información, por lo que los datos recolectados tienen que ser almacenados en una base de datos y luego usada para su análisis, así pues, con el paso del tiempo este almacenamiento cambio hasta llegar a ser LTTP InfoPave.

LTTP InfoPave es la más reciente herramienta de disseminación de información, fue lanzada en enero del 2014. InfoPave es un portal web interactivo de

la información de LTPP, el software del sistema permite a los usuarios preparar búsquedas personalizadas, descargar información en Microsoft Access o Excel, generar reportes personalizados, y personalizar la página de inicio de LTPP InfoPave de acuerdo a sus necesidades. Esto permite conectar al usuario para procesar información, información cruda, imágenes, video y reportes. (Federal Highway Administration, 2015)

Así la web de LTPP InfoPave (<https://infopave.fhwa.dot.gov/>) es ahora el principal método de obtener información de LTPP. La web InfoPave provee características y herramientas diseñadas para maximizar el entendimiento del usuario de la información. Las actualizaciones incluyen la simplificación de la cantidad de información presentada al usuario de una vez, reclasificación de la información de elementos, adición de nueva información para ayudar con sus características y otros cambios basados en la retroalimentación de la experiencia de los usuarios.

Algunas de las características y herramientas diseñadas contenidas en InfoPave incluyen:

- Búsqueda. Esta característica es usada para encontrar información y documentación por un buscador intuitivo, similar a webs comunes.
- Mapa de Secciones LTPP. Esta característica muestra la localización de las secciones de evaluación y proyectos en un mapa. La pantalla intuitiva permite usar zoom, filtrar resultados con una combinación de criterios.
- Análisis. Esta característica provee acceso a la versión vigente del Plan de Análisis de Datos LTPP.

- Visualización. Esta característica provee acceso a videos de inspección de pavimentos, mapa de encuestas de fallas, resumen de la estructura de pavimento de manera visual, resumen de las secciones de evaluación en línea de tiempo, un visualizador multiparámetro que permite seleccionar dos tipos de información para ser mostrados en pantalla.
- Herramientas. Las herramientas incluyen programas desarrollados por LTPP. Algunas herramientas pueden ser ejecutadas en línea, incluyendo LTPP Pavimento Rígido, WIM análisis de Costos y Pronóstico de Desempeño. Las herramientas descargables incluyen LTPP* Predicción de modulo Dinámico y LTPP Bind 3.1. (LTPP guía del usuario de sistemas de gestión de información)

2.1.2.3.Herramienta de Clima LTPP

Como ya se vio anteriormente, el programa LTPP contempla una amplia gama de datos, entre ellos el que compete a la investigación fue usado fue la Herramienta de clima de LTPP (LTPP Climate tool).

La herramienta de Clima de LTPP es una herramienta hospedada en línea en LTPP InfoPave que provee a los usuarios acceso a información de versiones procesadas de MERRA, usando características visuales e interfaces.

MERRA es un repositorio global de información del clima que combina campos de modelos computarizados con atributos básicos de información del clima. La formación ha sido recolectada de manera global desde 1979 al presente, cada hora temporal y a una resolución espacial de 0.5 grados de latitud y 0.67 grados de longitud (Aproximadamente cada 50 km y 65 km).

La herramienta de clima de LTTP ofrece a los usuarios acceso a información de clima derivado de la base de datos de MERRA en un intuitivo y fácil de usar formato. Los elementos disponibles para cada atributo climático incluyen:

- Temperatura: Este elemento provee acceso a la temperatura, temperatura del suelo capas 1-6, temperatura de suelo en zona no saturada, y temperatura en suelo en zona saturada.
- Precipitación: Este elemento provee acceso a la precipitación, evaporación, infiltración, escorrentía superficial, masa de nieve, nieve derretida, fracción de área cubierta de nieve, y nevada.
- Humedad: Este elemento provee acceso a humedad específica, humedad relativa y presión de aire.
- Viento: Este elemento provee acceso al viento norte, viento este, velocidad de viento y densidad de aire.
- Solar: este elemento provee acceso a superficie de onda corta, onda corta al tope de la atmosfera, nublado, porcentaje de luz solar, emisividad y albedo.

Toda esta información está disponible en formato horario, diario, mensual y anual. El resumen de datos, incluyendo los promedios, máximos y mínimos, son provistos por varios elementos. (Federal Highway Administration, 2018)

La herramienta del clima de LTTP este compuesta por 3 Módulos: Ubicación, País y Mapa. Estos módulos son usados para selección y descargar la información deseada. El módulo de ubicación permite al usuario seleccionar la información deseada geográficamente, mientras el módulo de País permite al usuario seleccionar la información en un país, estado, provincia o del mundo. El módulo de mapa provee archivos basado en servicio de información geográfica (GIS) de todas las celdas

MERRA por un año seleccionado, los archivos pueden ser descargados en ambos formatos ESRI Shape file (*.shp) o Keyhole Markup Language (*.kml).

Extracción de datos:

La información seleccionada de MERRA usando las opciones de ubicación o país pueden ser descargados por un rango de tiempo específico, atributo climático (temperatura, precipitación, humedad, viento o solar) y frecuencia (anual, mensual, diario, horario). Esta información puede ser obtenida en formato Microsoft Excel (*.xlsx), en Microsoft Access database (.mdb) o en Microsoft SQL database (.bak). (Federal Highway Administration, 2017)

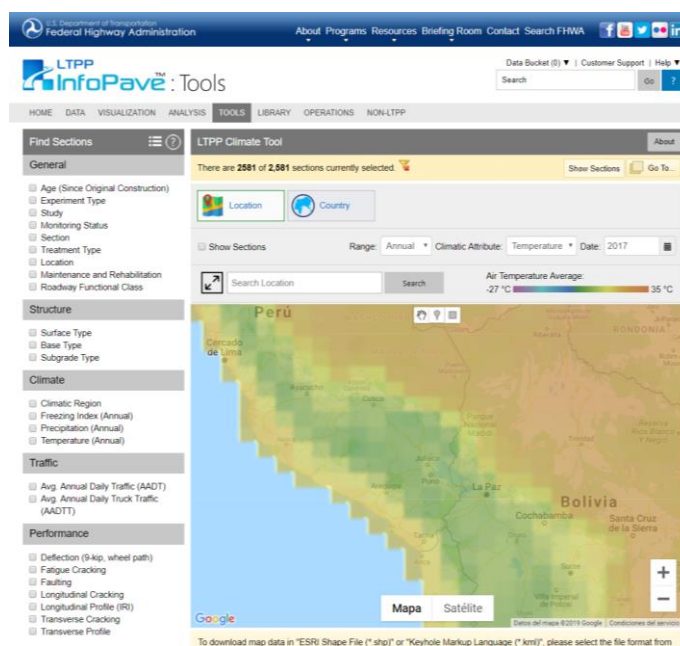


Figura 2 Interfaz de LTPP InfoPave Climate Tool, seleccionado en Ubicación, Elaboración propia a partir de la interfaz de InfoPave.

En resumen, se tiene:

1 Tabla 1
2 Elementos de información de MERRA – Horario.

Categoría	Nombre de Tabla	Nombre de Campo	Unidad SI	Descripción
General	Identificación de la grilla de celda MERRA	Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
		Latitud	Grados	Latitud del centroide de la celda MERRA
		Longitud	Grados	Longitud del centroide de la celda MERRA
		Elevación	m	Elevación del centroide de la celda MERRA
		Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
		Sello de Tiempo	-	Fecha y hora de grabado de información
Solar	Solar horaria MERRA	Superficie de Onda Corta	W/m2	Incidencia del flujo de onda corta en la superficie
		Onda corta al tope de la atmosfera	W/m2	Incidencia del flujo de onda corta en el Tope de Atmosfera (TOA)
		Nublado		Fracción total de Nubes
		Porcentaje de brillo solar	Porcentaje	Porcentaje total de cielo sin nubes
		Emisividad	W/m2	Superficie de Emisividad
		Albedo	-	Superficie de Albedo
Humedad	Humedad Horaria MERRA	Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
		Sello de Tiempo	-	Fecha y hora de grabado de información
		Humedad Específica	kg/kg	Humedad específica a 2m por encima de la altura de desplazamiento
		Humedad Relativa	Porcentaje	Humedad relativa 2m por encima del centroide de elevación MERRA
		Presión de aire	Pa	Presión superficial en el promedio de tiempo.
		Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
Viento	Viento horario MERRA	Sello de Tiempo	-	Fecha y hora de grabado de información
		Viento Norte	m/s	Viento hacia el norte a 2 metros por encima de la altura de desplazamiento
		Viento Este	m/s	Viento hacia el este a 2 metros por encima de la altura de desplazamiento
		Velocidad de viento	m/2	tiempo promedio de la magnitud de velocidad del viento a 2 metros por encima del centroide MERRA

Densidad de Aire	m/2	Densidad de la Superficie de Aire.
Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
Sello de Tiempo	-	Fecha y hora de grabado de información
Temperatura horaria	kelvin	Temperatura a 2 metros por encima de la altura de desplazamiento
Temperatura	Celsius	Temperatura a 2 metros por encima de la altura de desplazamiento
Temperatura horaria de suelo Capa 1	kelvin	Temperatura de suelo Capa 1
Temperatura de suelo Capa 1	Celsius	Temperatura de suelo Capa 1
Temperatura horaria de suelo Capa 2	kelvin	Temperatura de suelo Capa 2
Temperatura de suelo Capa 2	Celsius	Temperatura de suelo Capa 2
Temperatura horaria de suelo Capa 3	kelvin	Temperatura de suelo Capa 3
Temperatura de suelo Capa 3	Celsius	Temperatura de suelo Capa 3
Temperatura horaria de suelo Capa 4	kelvin	Temperatura de suelo Capa 4
Temperatura de suelo Capa 4	Celsius	Temperatura de suelo Capa 4
Temperatura horaria de suelo Capa 5	kelvin	Temperatura de suelo Capa 5
Temperatura de suelo Capa 5	Celsius	Temperatura de suelo Capa 5
Temperatura horaria de suelo Capa 6	kelvin	Temperatura de suelo Capa 6
Temperatura de suelo Capa 6	Celsius	Temperatura de suelo Capa 6
Temperatura horaria de suelo en zona no saturada	kelvin	Temperatura superficial de zona no saturada
Temperatura de suelo en zona no saturada	Celsius	Temperatura superficial de zona no saturada
Temperatura horaria de suelo en zona saturada	kelvin	Temperatura superficial de zona saturada
Temperatura de suelo en zona saturada	Celsius	Temperatura superficial de zona saturada
Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
Sello de Tiempo	-	Fecha y hora de grabado de información
Precipitación horaria	mm	Agua equivalente del total de precipitación superficial en un periodo
Flujo Precipitación	kg/m2/s	Flujo total de precipitación superficial
Evaporación	mm	Agua equivalente del total de evaporación superficial en un periodo
Flujo de evaporación	kg/m2/s	Evaporación superficial

Tasa de infiltración	kg/m ² /s	tasa de infiltración de agua en el suelo
Infiltración	mm	equivalente de agua del total de infiltración
Escorrentía superficial	kg/m ² /s	escorrentía superficial
Escorrentía	mm	agua equivalente del total de escorrentía superficial en un tiempo
Tasa de derretimiento de nieve	Kg/m ² /s	Nieve derretida
Nieve derretida	mm	Equivalente de nieve derretida sobre un periodo
Fracción de área cubierta de nieve	Fracción	Fracción de Área cubierta de Nieve
Flujo de Nevada	kg/m ² /s	Flujo de superficie de nevada
Nevada		Equivalente de nevada en un periodo
Identificador de grilla de celda MERRA	-	Identificador único para cada celda MERRA
Sello de Tiempo	-	Fecha y hora de grabado de información
Esesor de capa de suelo 1	m	Esesor asociado de la capa de suelo asociado a la Capa 1
Esesor de capa de suelo 2	m	Esesor asociado de la capa de suelo asociado a la Capa 2
Esesor de capa de suelo 3	m	Esesor asociado de la capa de suelo asociado a la Capa 3
Esesor de capa de suelo 4	m	Esesor asociado de la capa de suelo asociado a la Capa 4
Esesor de capa de suelo 5	m	Esesor asociado de la capa de suelo asociado a la Capa 5
Esesor de capa de suelo 6	m	Esesor asociado de la capa de suelo asociado a la Capa 6
Fracción de lago	Fracción	Fracción del tipo de lago en la cuadrícula
Fracción de tierra	Fracción	Fracción del tipo de tierra en la cuadrícula
Fracción de hielo	Fracción	Fracción del tipo de hielo en la cuadrícula
Fracción de Océano	Fracción	Fracción del tipo de océano en la cuadrícula

Constantes
MERRA

2.1.2.4. Análisis de correlación (Correlation Analysis)

Otra de las herramientas de ayuda que cuenta LTPP es el Análisis de Correlación, una herramienta que permite a los usuarios visualizar la relación entre muchos datos de atributos basados en secciones de evaluación seleccionados. Esta herramienta provee de datos con atributos predefinidos, y los usuarios pueden seleccionar hasta 5 de estos atributos para realizar el análisis de correlación. La información de los atributos seleccionados es dibujada en forma paralela y coordinada donde cada atributo es mostrado en un eje vertical en el gráfico. El rango de cada atributo puede ser ajustado en cada eje vertical para poder acortar el análisis de correlación.

Cabe aclarar que esta herramienta es solamente para ayudar en la visualización y rastreo de datos. Un análisis y evaluación más detallado puede ser garantizado, dependiendo de la aplicación de los datos.

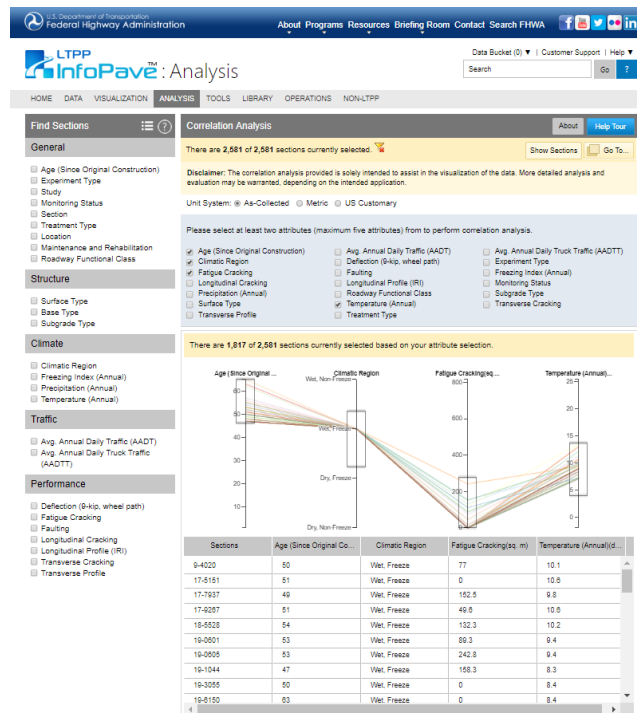


Figura 3 Interface de la Herramienta de Análisis de Correlación con un ejemplo aleatorio.
Fuente: Elaboración propia a partir de la interface InfoPave.

2.1.2.5. Manual de identificación de fallas (DIM)

Para el levantamiento de datos LTPP cuenta con un manual para la identificación de fallas en los distintos tipos de pavimentos, para la investigación, por su naturaleza, se tiene en cuenta lo referente a los pavimentos de concreto asfáltico (ACP):

Fallas para pavimentos con superficie de concreto asfáltico.

Las fallas fueron agrupadas en las siguientes categorías:

- A. Fracturas
- B. Parches y baches
- C. Deformaciones Superficiales
- D. Defectos Superficiales
- E. Fallas misceláneas

Cuyas a su vez incluyen las siguientes fallas:

A. Fracturas

Se incluyen las siguientes fallas:

1. Fractura por fatiga
2. Fractura en bloque
3. Fractura de bordes
4. Fractura longitudinal
 - a. Fractura longitudinal sobre la Huella de llanta

b. Fractura longitudinal

5. Fractura por Reflejo

6. Fractura transversal

La medición del ancho de fractura está ilustrada en la figura 4, en la figura 5 se muestra el efecto del nivel de severidad de la fractura, en este caso fractura en bloque, debido a asociado a una fractura aleatoria.

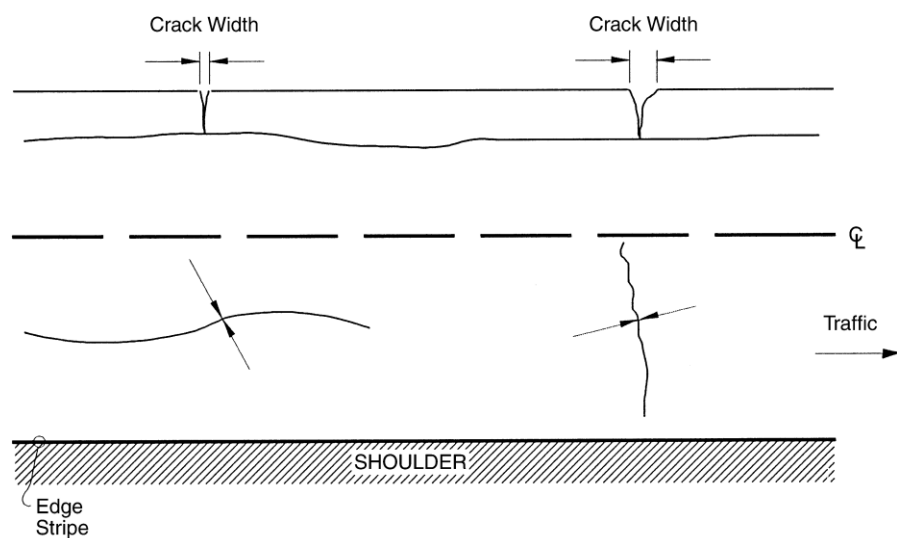


Figura 4. Medida de ancho en Pavimentos de Concreto Asfáltico. Fuente: DIM LTTP (2014).

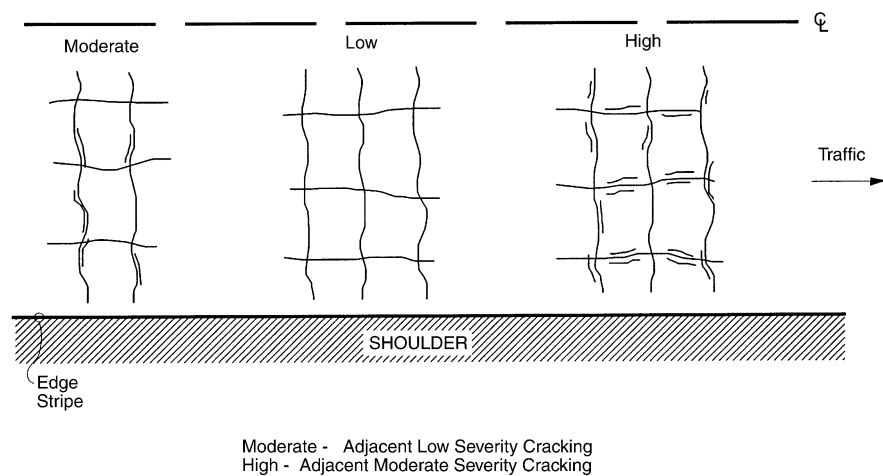


Figura 5 Niveles de severidad de una falla en bloque debido a estar asociado a fracturas aleatorias. Fuente: DIM LTTP (2014).

✓ Fractura por fatiga

Descripción.

Ocurre en áreas sometidas a repetidas cargas de tráfico (Huella de la llanta). Puede ser una serie interconectada de fracturas en etapas iniciales de desarrollo. Se desarrollan en varios lados, piezas de ángulos agudos, usualmente menos de 0.3m en el lado más largo, característicamente con un patrón de reja de pollo o piel de cocodrilo en las etapas posteriores.

Debe tener un área cuantificable.

Niveles de Severidad

Bajo.

Un área de fracturas con pocas o sin fracturas conectadas, las fracturas no están resquebrajadas o selladas; y el bombeo no es evidente.

Moderado.

Un área interconectada de fracturas forma un patrón completo; las fracturas pueden estar ligeramente resquebrajadas, las fracturas pueden estar selladas, y el bombeo no es evidente.

Alto.

Un área moderado o severo de resquebrajamiento de fracturas interconectadas forman un patrón completo; las piezas tal vez se muevan cuando son sometidas al tráfico, las fracturas pueden estar selladas y el bombeo puede ser evidente.

Como medir.

Registrar el área afectada en cada nivel de severidad en metros cuadrados. Si existen diferentes niveles de severidad dentro de un área que no puede ser distinguido, se valorará el área entera con la mayor severidad presentada. Donde exista superposición de fractura por fatiga y fractura de bordes en la misma área, ambos deben ser valorados.

NOTA: Un área cercana de pequeño espaciado ($< 0.3\text{m}$) de fractura transversal en la huella de la llanta debería ser registrado como fractura por fatiga.

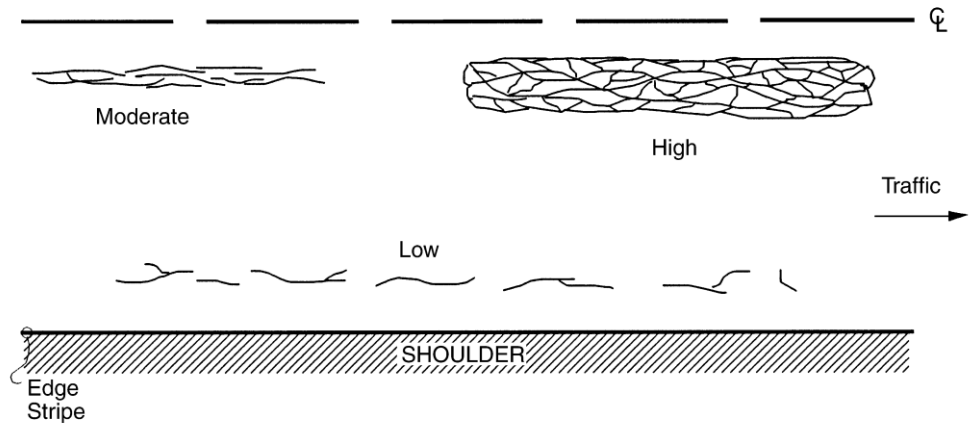


Figura 6. Tipo de falla ACP 1 – Fractura por fatiga. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 7. Tipo de falla ACP 1 – Patrón de fractura típico de corral de pollo/ Piel de cocodrilo en falla por fatiga. Fuente: DIM LTPP (2014)



Figura 8. Tipo de falla ACP 1 – Fractura por Fatiga de baja severidad. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 9. Tipo de falla ACP 1 – Fractura por Fatiga de moderada severidad. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 10. Tipo de falla ACP 1 – Fractura por Fatiga de alta severidad. Fuente: DIM LTPP (2014).

✓ Fractura en Bloque.

Descripción

Patrón de fracturas que divide el pavimento en aproximadamente piezas rectangulares. El rango aproximado de tamaño de los bloques rectangulares es de 0.1 a 10m.

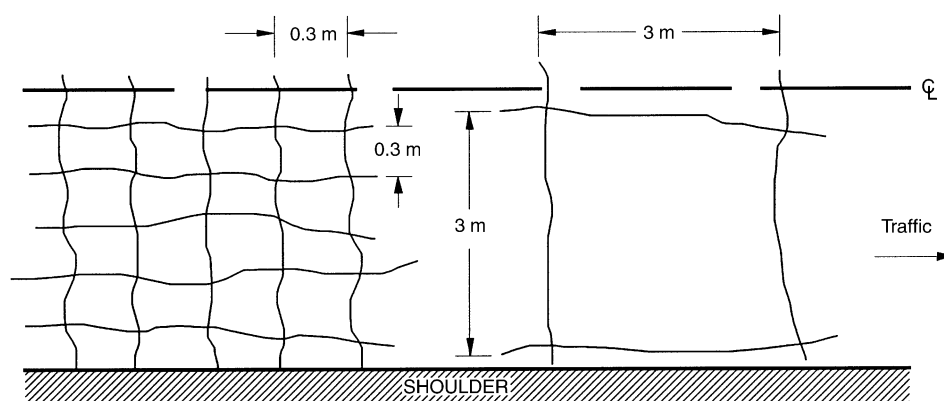


Figura 11. Tipo de falla ACP 2 – Fractura en bloque. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad

Bajo

las fracturas con un ancho medio de ≤ 6 mm o fracturas selladas con un material de sellado en buena condición y con un ancho que no puede ser determinado.

Moderado

Fracturas con un ancho medio de > 6 mm y ≤ 19 mm o algún ancho de fractura con un ancho medio de ≤ 19 mm y adyacente a una fractura aleatoria de baja severidad. La fractura aleatoria puede ser considerada adyacente cuando está dentro de 0.3 m de la falla principal.

Alto

Fracturas con un ancho medio de $>19\text{mm}$ o cualquier fractura con un ancho medio $\leq 19\text{ mm}$ y adyacente a una fractura aleatoria de alta severidad. La fractura aleatoria debe ser considerada adyacente cuando está dentro de 0.3 m de la falla principal.

Como medir.

Registrar el área afectada en cada nivel de severidad en metros cuadrados. Si existe fractura por fatiga dentro del área de la fractura en bloque, el área de la fractura en bloque es reducida por el área de la fractura por fatiga. Los límites de las fracturas longitudinales en un área de fractura en bloque no son valorados separadamente. La ocurrencia debe ser de por lo menos 15m de largo antes de valorarla como fractura en bloque. Donde exista sobreposición de fractura por bloque y por borde, ambos deben ser valorados.



Figura 12. Tipo de falla ACP 2 – Fractura en bloque con fractura por fatiga en la huella de llanta. Fuente: DIM LTPP (2014).

Fractura de Borde

Descripción

Aplica solamente a pavimentos con bermas sin pavimentar. Fracturas con forma creciente o fracturas bastante continuas las cuales intersecan al borde del pavimento y son localizadas dentro de 0.6m del borde de pavimento adyacente a la berma. Incluye fracturas longitudinales fuera de la huella de llanta y dentro de los 0.6m del borde del pavimento.

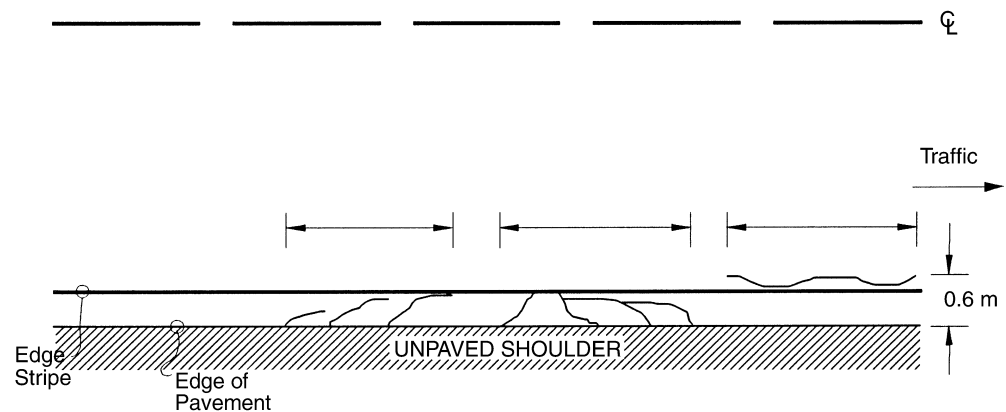


Figura 13. Tipo de falla ACP 3 – Fractura de borde. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de Severidad

Bajo

Las fracturas no tienen separación o pérdida de material.

Moderado

Fracturas con alguna separación y pérdida de material hasta un máximo de 10% de la longitud de la porción afectada del pavimento.

Alto

Fracturas con considerable separación y pérdida de material por más del 10% de la longitud de la porción afectada del pavimento.

Como medir.

Registrar la longitud en metros del borde del pavimento afectado en cada nivel de severidad. La cantidad combinada de fractura de borde no puede exceder la longitud de la sección. Donde exista superposición de fractura de borde y fractura en bloque en la misma área, ambos deben ser valorados.



Figura 14. Tipo de falla ACP 3 – Fractura de borde de baja severidad. Fuente: DIM LTTP (2014).

Fractura Longitudinal

Descripción

Fracturas predominantemente paralelas al centro del pavimento. La localización dentro del carril es importante (dentro de la huella de llanta o no).

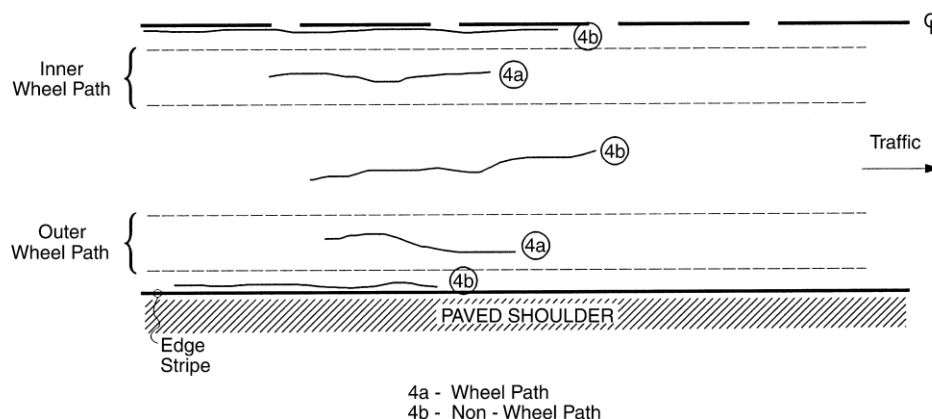


Figura 15. Tipo de falla ACP 4 – Fractura longitudinal. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad.

Bajo

una fractura con un ancho medio de ≤ 6 mm o una fractura sellada con material sellador en buena condición y con un ancho que no puede ser determinado.

Moderado.

Una fractura con un ancho medio de > 6 mm y ≤ 19 mm o cualquier falla con un ancho medio de < 19 mm y adyacente a una fractura aleatoria de baja severidad. La fractura aleatoria debería ser considerada adyacente cuando este dentro 0.3m de la falla principal.

Alto

Una fractura con un ancho medio de > 19 mm o cualquier falla con un ancho medio de ≤ 19 mm y adyacente a una fractura aleatoria de moderada o alta severidad. La fractura aleatoria debería ser considerada adyacente cuando este dentro de 0.3m de la falla principal.

Como medir

Registrar separadamente.

4a. Fractura longitudinal en la huella de llanta.

Registrar la longitud en metros de la fractura longitudinal dentro de la huella de llanta en cada nivel de severidad.

Registrar la longitud en metros de fractura longitudinal con sellado en buenas condiciones en cada nivel de severidad. El sellador no es considerado en buenas condiciones a no ser que por lo menos 1m de sellador continuo en buenas condiciones esté presente. En caso donde una fractura sea menor a 1m de longitud, el sellador deberá presentarse en buena condición sobre toda la longitud de la fractura. Una fractura longitudinal de huella de llanta que ha sido asociada a una fractura aleatoria o que serpentea y tiene un área cuantificable es valorado como fractura de fatiga.



Figura 16. Tipo de falla ACP 4a – Fractura longitudinal sobre la huella de llanta. Fuente: DIM LTPP (2014).

4b. Fractura longitudinal fuera de la huella de llanta

Registrar la longitud en metros de la fractura longitudinal no localizada en la huella de llanta definida, en cada nivel de severidad.

Registrar la longitud en metros de la fractura longitudinal con sello en buenas condiciones en cada nivel de severidad. El sellador no es considerado en buenas condiciones a no ser que por lo menos 1m de sellador con continuo en buenas condiciones esté presente.



Figura 17. Tipo de falla ACP 4b – Fractura longitudinal fuera de la huella de llanta. Fuente: DIM LTPP (2014)

Fracturas por reflejo en juntas.

Descripción

Fracturas en superficies cubiertas con concreto asfáltico (recapado) pueden ocurrir sobre juntas de pavimento de concreto.

Nota: la dimensión de la losa entre la superficie del concreto asfáltico tiene que ser conocida para identificar la fractura por reflejo en juntas.

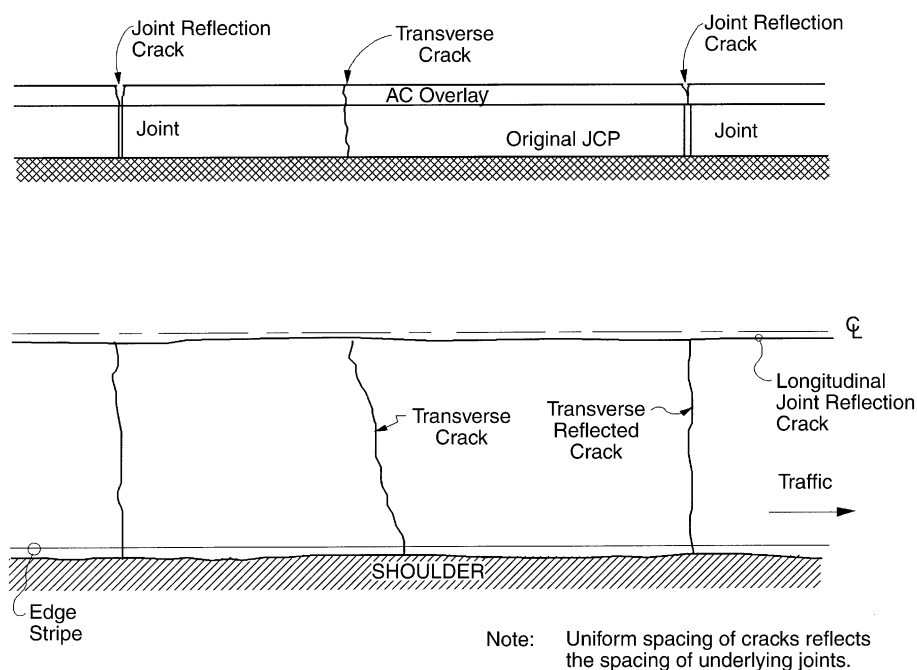


Figura 18. Tipo de falla ACP 5 – Fractura por reflejo en juntas. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad.

Bajo

Fractura con un ancho medio de $\leq 6\text{mm}$ o una fractura sellada con material sellante en buenas condiciones y con un ancho que no puede ser determinado.

Moderado

Fractura con un ancho medio de $> 6\text{mm}$ y $\leq 19\text{mm}$ o una fractura con un ancho medio de $\leq 19\text{mm}$ y adyacente a una fractura aleatoria de baja severidad.

Alto

Una fractura de con un ancho medio de $> 19\text{mm}$ o cualquier fractura con un ancho de $\leq 19\text{mm}$ y adyacente a una fractura aleatoria de moderada a alta severidad.

Como medir

Registrado como fractura longitudinal (ACP 4) o Fractura Transversal (ACP

6) en las encuestas de LTTP.



Figura 19. Tipo de falla ACP 5 – Fractura por reflejo en juntas de severidad alta. Fuente: DIM LTTP (2014).

Fractura Transversal

Descripción

Fracturas que son predominantemente perpendiculares a la línea central del pavimento.

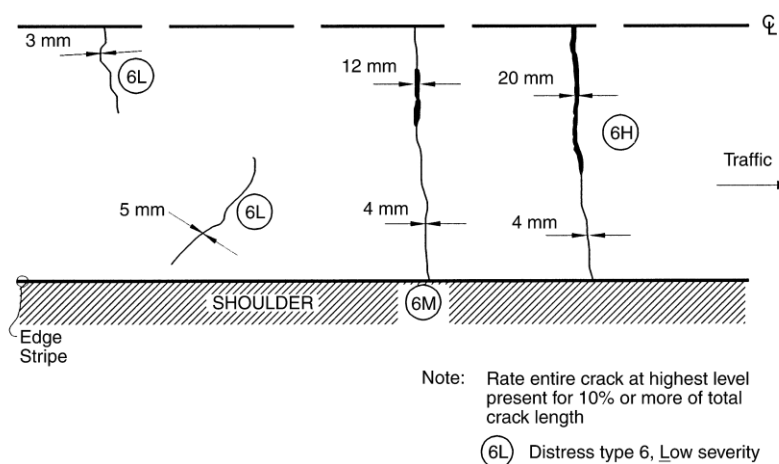


Figura 20. Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal. Fuente: DIM LTTP (2014).

Niveles de Severidad

Bajo

Una Fractura no sellada de un ancho medio de $\leq 6\text{mm}$ o una fractura sellada con material sellador en buena condición y con un ancho que no puede ser determinado

Moderado

Una fractura con ancho medio de $> 6\text{mm}$ y $\leq 19\text{ mm}$ o una fractura con un ancho medio de $\leq 19\text{ mm}$ y adyacente a una fractura aleatoria de baja severidad. La fractura aleatoria deberá ser considerada adyacente si está dentro de 0.3m que la falla principal.

Alta

Una fractura de ancho medio de $> 19\text{ mm}$ o una fractura con un ancho de $\leq 19\text{mm}$ y adyacente a una fractura aleatoria de severidad moderada o alta. La fractura aleatoria deberá ser considerada adyacente cuando este dentro de 0.3m de la falla principal.

Como medir

Registrar el número y longitud (en metros) de fracturas transversales en cada nivel de severidad. Valorar la falla transversal entera en la más alta severidad que se presente en por lo menos el 10% del total de la fractura.

También registrar la longitud (en metros) de la fractura transversal con sellante en buenas condiciones en cada nivel de severidad.

Nota: La longitud registrada es el total de la fractura bien sellada y se asignara a un nivel de severidad de fractura. Registrar solamente cuando el sellante está en buenas condiciones por al menos 90% de la longitud de la fractura.

Si la fractura transversal se extiende a través de un área de una fractura por fatiga, la longitud de la fractura dentro de la fatiga no se cuenta. La fractura es tratada como una fractura transversal sola, pero con una longitud reducida. Cortes transversales con sierra en una sección de concreto asfáltico tratado por “corte y sello” es valorado como fractura transversal.

Fracturas con menos de 0.3m en longitud no es registrada.



Figura 21. Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 22. Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal de severidad moderada. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 23. Tipo de falla ACP 6 – Fractura transversal de severidad Alta. Fuente: DIM LTPP (2014).

B. Parches y baches.

Esta sección incluye las siguientes fallas.

7. Parches/ Parches deteriorados

8. Baches

Parches / Parches deteriorados

Descripción

Porción de superficie de pavimento más grande o igual a 0.1 m² que ha sido removido y reemplazado o aplicado material adicional al pavimento después de la construcción original.

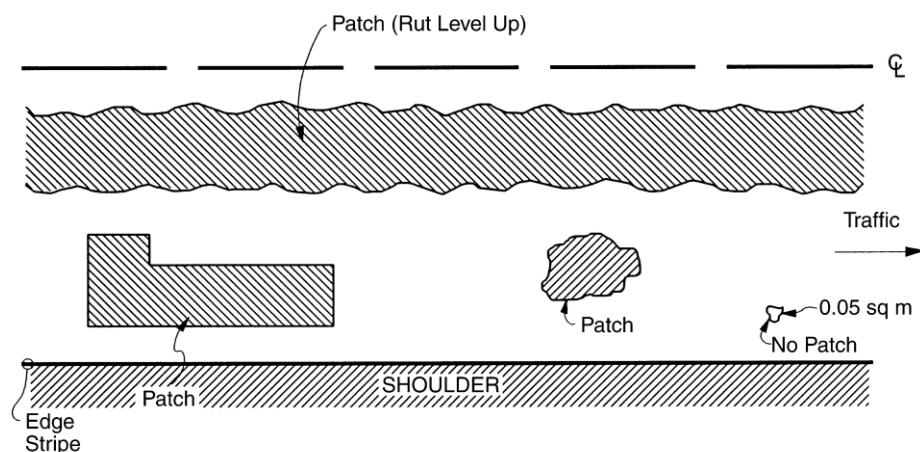


Figura 24. Tipo de falla ACP 7 –Parche/ parche deteriorado. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad.

Bajo

Parche tiene, como mucho, bajos niveles de fallas de algún tipo, incluyendo ahuellamiento de < 6mm. El bombeo no es evidente y no hay pérdida de material de parcheo.

Moderado

El parche tiene fallas de algún tipo de severidad moderada o ahuellamiento de 6 a 12 mm; el bombeo no es evidente

Alto

El parche tiene fallas de algún tipo de severidad alta incluyendo ahuellamiento > 12mm, o el parche tiene dentro material adicional diferente al material de parche. El bombeo puede ser evidente.

Como medir

Registrar el número de parches y metros cuadrados de superficie de área afectada en cada nivel de severidad. Superficie de los parches son limitas a estos con material de parcheo que contengan agregado. Si la superficie tiene desgaste, fallas exteriorizadas o inferiores, o si las fallas inferiores se han reflejado a través de la superficie parchada y la existencia de falla puede ser verificada previamente por las encuestas, entonces se valoran estas fallas. Cualquier falla nueva en la capa original de pavimento en el área del parche deberá ser valorada. Fallas en el área parchada afectan el nivel de severidad del parche. Parches sin fallas son valoradas de baja severidad. Aplicaciones de sellante sin agregado no son registradas con parches. Estas deben dibujarse en las hojas de mata y registrarse en las encuestas de fallas como fallas tipo 16 Otras previstas, las cuales exceden 0.1 m².

Nota: cualquier falla en el borde del parche es incluido para la valoración del parche. Puede existir ahuellamiento (asentamiento) el perímetro o interior del parche.

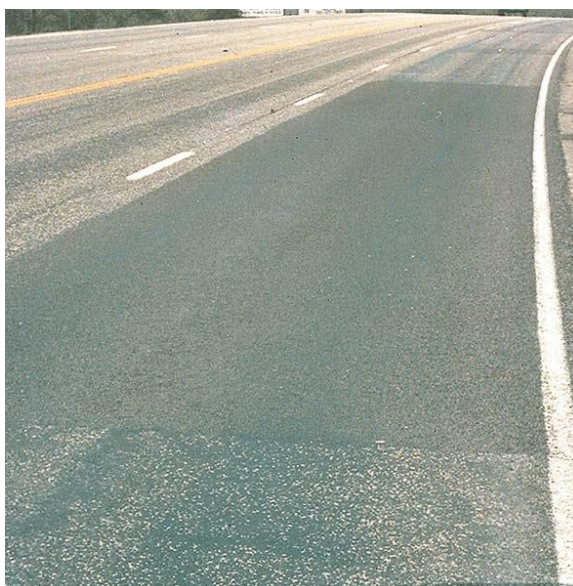


Figura 25. Tipo de falla ACP 7 –Parche de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 26. Tipo de falla ACP 7 –Parche de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 27. Tipo de falla ACP 7 –Parche de severidad alta. Fuente: DIM LTPP (2014).

Baches

Descripción

Agujeros en forma de cuenco de varios tamaños en la superficie del terreno. La dimensión plana mínima es 150mm. Baches circulares deberán tener un diámetro mínimo de 150mm. Un círculo de 150mm de diámetro debería encajar dentro de un parche de forma irregular.

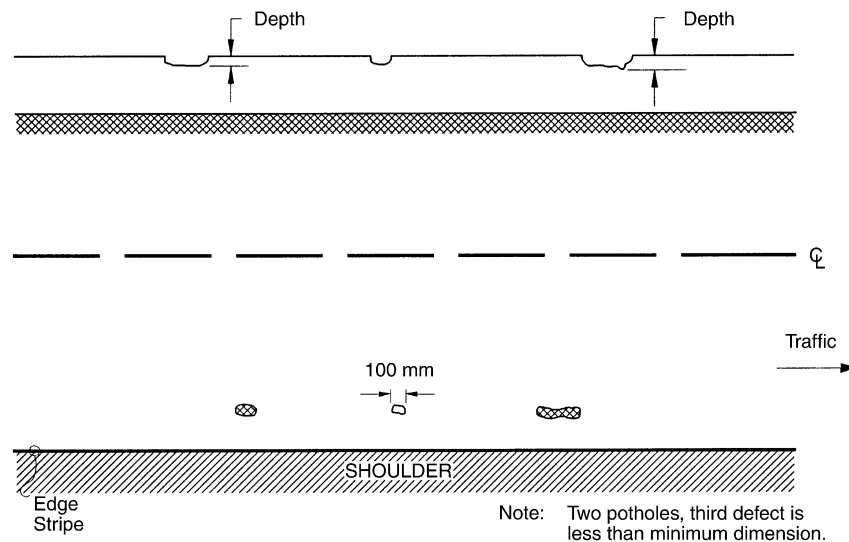


Figura 28. Tipo de falla ACP 8 –Bache. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de Severidad:

Bajo

< 25mm profundidad

Moderado

25 a 50 mm de profundidad.

Alto

>50 mm de profundidad

Como medir

Registrar el Numero de baches y metros cuadrados de superficie afectada en cada nivel de severidad. La profundidad del bache es la máxima profundidad debajo de la superficie del pavimento. Si un parche ocurre dentro de un área afectado por una fractura por fatiga, el área de la fatiga es reducida por el área del bache. El área mínima para un bache es alrededor de los 0.02m². Las dimensiones actuales del bache

deberán ser registradas en las hojas de mapa de fallas. Baches que no cuenten con la dimensión mínima será dibujada en la hoja de mapa de fallas y comentada, pero no será incluida en los resúmenes de medidas.



Figura 29. Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad baja. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 30. Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad moderada. Fuente: DIM LTPP (2014).

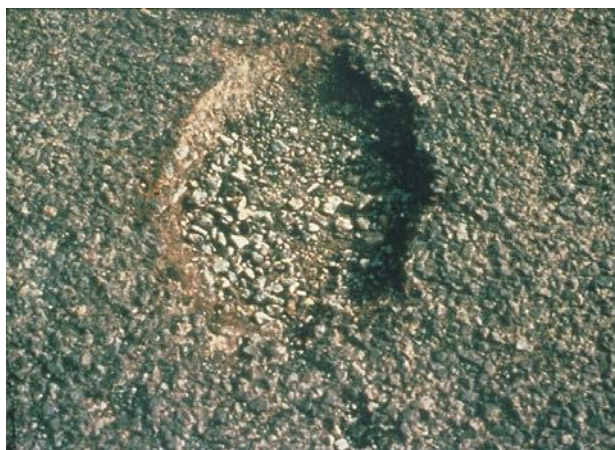


Figura 31. Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad moderada, toma con acercamiento.
Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 32. Tipo de falla ACP 8 –Bache de severidad alta. Fuente: DIM LTPP (2014).

C. Deformaciones superficiales.

Ahuellamiento.

Descripción

Una depresión longitudinal superficial en la huella de llanta. Puede tener asociación con el desplazamiento transversal.

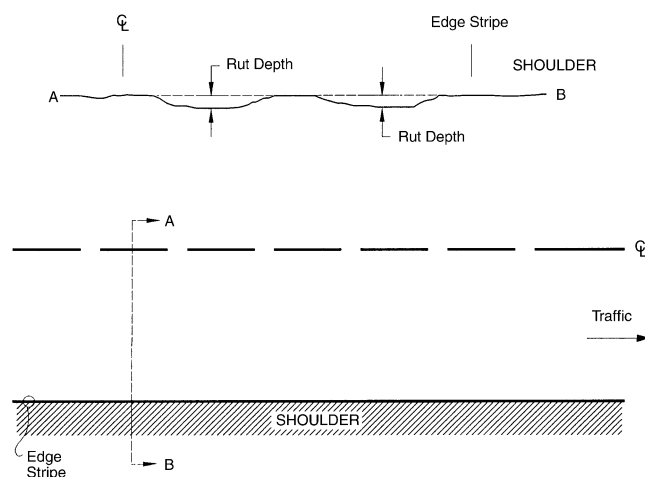


Figura 33. Tipo de falla ACP 9 – Ahuellamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de Severidad

No aplicable. Los niveles de Severidad pueden ser definidos categorizándolos en la toma de medidas. Un registro de medidas tomadas es mucho más deseable porque es más preciso y repetible que los niveles de severidad.

Como medir

Solamente con estudios específicos de pavimento (SPS). Registrar la máxima profundidad de la huella al milímetro más cercano con un intervalo de 15.25 m para cada huella de llanta.

Para el resto de las secciones LTPP: el perfil transversal es medido con un perfilógrafo (dipstick) en intervalos cada 15.25m



Figura 34. Tipo de falla ACP 9 – Ahuellamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 35. Agua estancada en ahuellamiento. Fuente: DIM LTPP (2014).

Corrimiento (desplazamiento)

Descripción

Un desplazamiento longitudinal de un área localizada de la superficie del pavimento. Es generalmente causada por frenado o aceleración de vehículos y es usualmente localizado en cerros o curvas o en intersecciones. Puede tener asociación con desplazamiento vertical.

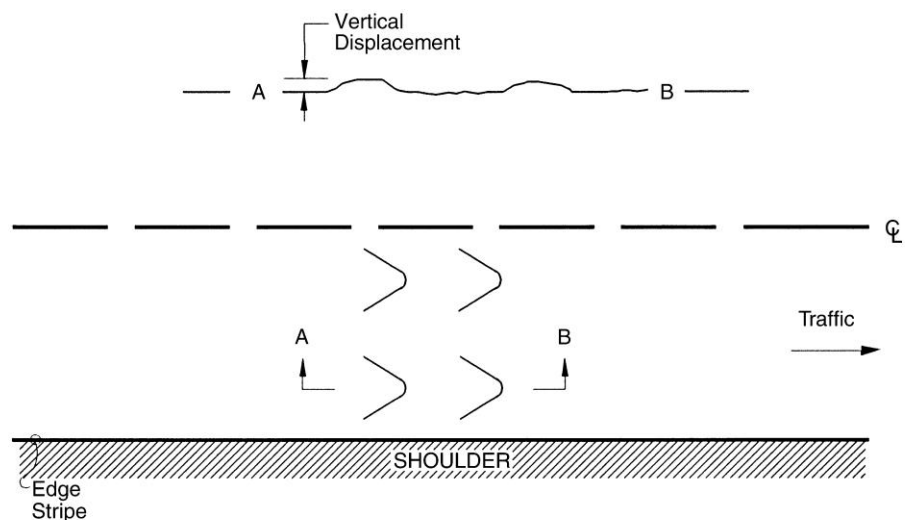


Figura 36. Tipo de falla ACP 10 – Corrimiento. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad.

No aplicable. Sin embargo, los niveles de severidad pueden ser definidos por el efecto relativo del desplazamiento o la calidad de rodamiento.

Como medir

Registrar el número de ocurrencias y metros cuadradas de la superficie de área afectada.



Figura 37. Tipo de falla ACP 10 – Corrimiento en superficie de pavimento. Fuente: DIM LTPP (2014).

E. Defectos superficiales.

Sangrado

Descripción

Exceso de aglutinante bituminoso ocurrido en la superficie del pavimento, usualmente encontrado en la huella de llanta. Puede estar entre una superficie relativamente descolorida, a una superficie que está perdiendo su textura a causa del exceso de asfalto, a una condición donde el agregado puede estar oscurecido por exceso de asfalto posiblemente con brillo, vítreo, superficie reflectante y puede ser pegajoso al tacto

Niveles de severidad.

No aplicable. La presencia de sangrado indica potenciales problemas de desempeño relacionados a la mezcla. la extensión es suficiente para monitorear cualquier progreso.

Como medir

Registrar en metros cuadrados el área de la superficie afectada.

Nota: Tratamiento preventivo de mantenimiento (por ejemplo, slurry seal, chip seal, fog seal, etc) exhiben características de sangrado algunas veces. Estas ocurrencias no deberían ser valoradas como sangrado.



Figura 38. Tipo de falla ACP 11 – sangrado Decoloración. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 39. Tipo de falla ACP 11 – Pérdida de textura. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 40. Tipo de falla ACP 11 – Agregado Oscurecido. Fuente: DIM LTPP (2014).

Agregado pulido

Descripción

Superficie del aglutinante desgastado expone el agregado grueso



Figura 41. Tipo de falla ACP 12 – Agregado Pulido. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad

No aplicable. Sin embargo, el grado de pulido puede ser reflejado en una reducción de fricción superficial.

Como medir

Registrar en metros cuadrados el área de la superficie afectada. El agregado pulido no debería ser valorada en secciones de evaluación que han recibido un tratamiento preventivo de mantenimiento que ha cubierto la superficie original del pavimento.

Peladura

Descripción

Desaparición de la superficie de pavimento causado por el desalojo de partículas de agregado y pérdida de aglutinante asfáltico. Los rangos de Peladura son desde la pérdida de finos a la pérdida de algunos agregados grueso terminan en una superficie muy rugosa y ahuevada con obvia pérdida de agregado.

Niveles de severidad.

No aplicable. La presencia de peladura indica potenciales problemas de desempeño relacionado a la mezcla. La extensión es suficiente para monitorear cualquier progreso.

Como medir.

Registrar los metros cuadrados del área afectada de la superficie. Peladura no deberá ser valorada en Chip Seals.



Figura 42. Tipo de falla ACP 13 – Pérdida de agregado fino. Fuente: DIM LTTP (2014).



Figura 43. Tipo de falla ACP 13 – Perdida de agregado fino y grueso. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 44. Tipo de falla ACP 13 – Perdida de agregado grueso. Fuente: DIM LTPP (2014).

E. Fallas misceláneas.

Depresión pista berma

Descripción

Diferencia en elevación entre la superficie de viaje y la berma exterior.
Típicamente ocurre cuando la berma exterior se asienta como resultado de la diferencia de materiales con la capa de pavimento.

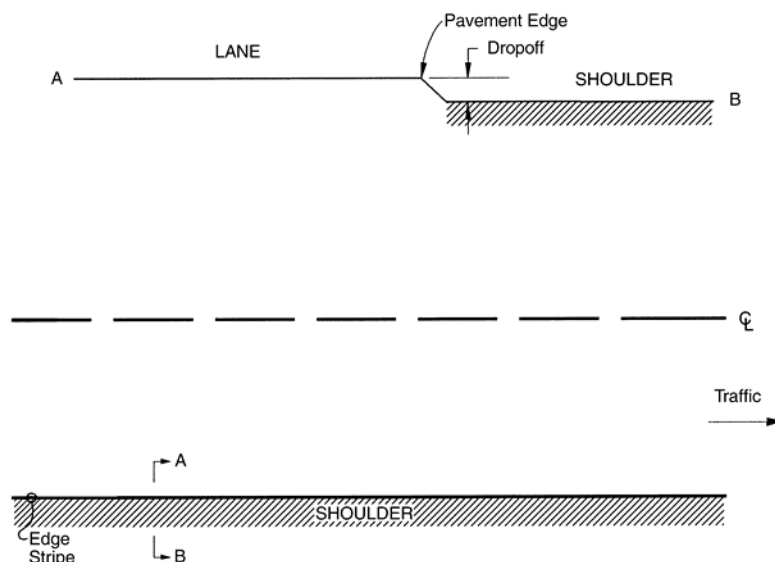


Figura 45. Tipo de falla ACP 14 – Depresión pista-berma. Fuente: DIM LTPP (2014).

Niveles de severidad

No aplicable. Niveles de severidad pueden ser definidos categorizando las medidas tomadas. Un registro de medidas tomadas es mucho más deseable porque es más preciso y repetible que niveles de severidad.

Como medir.

No se registra en las encuestas de LTPP, pero puede ser anotado.



Figura 46. Tipo de falla ACP 14 – Depresión pista-berma. Fuente: DIM LTTP (2014)

Exudación y bombeo

Descripción

Filtraciones o expulsión de agua de debajo del pavimento a través de las fallas. En algunos casos, esto es detectable por depósitos de material fino dejado en la superficie de pavimento. Los cuales fueron erosionados (bombeo) de la capa de soporte y mancharon la superficie

Niveles de severidad.

No aplicable. Los niveles de severidad no son usados porque la cantidad y grados de exudación y bombeo cambian con condiciones variantes de humedad.

Como medir

Registrar el número de ocurrencias de exudación y bombeo y la longitud afectada del pavimento, con una longitud mínima 1m.

Nota: exudación y bombeo esta medido longitudinalmente a lo largo de la sección de evaluación. La longitud combinada de exudación y bombeo no pueden exceder la longitud de la sección de evaluación.



Figura 47. Tipo de falla ACP 14 – exudación y bombeo. Fuente: DIM LTPP (2014).



Figura 48. Tipo de falla ACP 14 – Material fino sobre la superficie por exudación y bombeo. Fuente: DIM LTPP (2014).

En resumen, se tiene:

Tabla 2
Tipos de Fallas en Pavimentos de Concreto Asfáltico (ACP)

Tipo de Falla	Unidad de Medida	Niveles de Severidad Definidos
Fractura		
1. Fractura por fatiga	Metros cuadrados	SI
2. Fractura en bloque	Metros Cuadrados	SI
3. Fractura de borde	Metros	SI
4. Fractura longitudinal		
a. Fractura longitudinal en la huella de llanta	Metros	SI
b. Fractura longitudinal fuera huella de llanta	Metros	SI
5. Fractura por reflexión en las juntas	-	-
6. Fractura Transversal	Número, Metros	SI
Parche y Baches		
7. Parche / Parche deteriorado	Número, Metros cuadrados	NO
8. Baches	Número, Metros cuadrados	NO
Deformación superficial		
9. Ahuellamiento	Milímetros	NO
10. Corrimiento	Número, Metros cuadrados+	NO
Defectos Superficiales		
11. Sangrado	Metros cuadrados	NO
12. Agregado Pulido	Metros cuadrados	NO
13. Peladura	Metros cuadrados	NO
Fallas Misceláneas		
14. Depresión Pista-Berma	No medible	N/A
15. Exudación y bombeo	Número, Metros	NO

Traducido de Distress Identification Manual for LTPP, publicación n.º FHWA-HRT-13-

092, (2014)

2.1.2.6. Coeficiente de Correlación.

Un coeficiente de correlación, mide el grado de relación o asociación existente generalmente en dos variables aleatorias, cabe aclarar que no es conveniente identificar la correlación con dependencia, es decir que un fenómeno es causa del otro. (Restrepo B & González L, 2007).

Después de conocer el patrón de esta relación (ecuación de regresión o modelo), podremos establecer el análisis de correlación para determinar el grado en

el que las variables se relacionan, así nos indica que tan correcta es nuestra ecuación (Levin et al., 2004). Debido a esta relación se puede establecer que: el coeficiente de correlación de Pearson o r es una prueba estadística que permite analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón, donde r mide el grado de asociación lineal entre dos variables X e Y . La prueba en sí no considera a una como independiente y a otra como dependiente, ya que no se trata de una prueba que evalúa causalidad. El coeficiente r puede variar de -1 a 1 , donde el signo indica la dirección de la correlación y el valor numérico, la magnitud de la correlación. En este contexto se resumen algunos criterios de interpretación:

- $-1,00$ = Correlación negativa perfecta
- $-0,90$ = Correlación negativa muy fuerte
- $-0,75$ = Correlación negativa considerable
- $-0,50$ = Correlación negativa media
- $-0,10$ = Correlación negativa débil
- $0,00$ = No existe correlación lineal alguna entre las variables
- $0,10$ = Correlación positiva débil
- $0,50$ = Correlación positiva media
- $0,75$ = Correlación positiva considerable
- $0,90$ = Correlación positiva muy fuerte
- $1,00$ = Correlación positiva perfecta

Y con esto, el coeficiente de determinación, r al cuadrado o r^2 , es la proporción de la variación en Y explicada por X . Puede adoptar cualquier valor entre 0 y 1 . (“Gestión de Operaciones,” 2015).

Estos valores ya mencionados, son importantes para poder establecer una relación en la parte de discusión del trabajo, en correspondencia a este, por sus características se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

2.1.2.7. Coeficiente de correlación de Pearson

Este coeficiente tiene como objetivo medir el grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariada conjunta. El coeficiente se define por: (Restrepo B & González L, 2007)

$$\rho = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Que como ya se explicó anteriormente cuando su valor es + existe una relación directa, cuando el valor es negativo existe una relación inversa y si el valor es 0, no existe relación.

Supuestos que fundamentan al coeficiente de correlación:

- La distribución conjunta de las variables (X, Y) debe ser normal bivariada
- En términos prácticos para validar dicho supuesto se debe observar que cada variable se distribuya en forma normal, si una sola de la variable se desvía de la normalidad, tampoco es normal la distribución conjunta.
- Debe existir una relación tipo LINEAL entre las variables (X, Y).
- Para cada valor de X, hay una subpoblación de valores de Y normalmente Distribuidas.
- Las subpoblaciones de valores Y tienen varianza constante.

- Las medidas de las subpoblaciones de X se encuentran en la misma línea recta.
- Para cada valor de Y hay una subpoblación de valores X que están normalmente distribuidas. (Restrepo B & González L, 2007)

Como se expone, para corroborar la correlación es necesario el cumplimiento de los supuestos, de los cuales la mayoría se basa en establecer la normalidad de los datos.

2.1.2.8. Prueba de normalidad W de Shapiro – Wilk

Se le considera como una de las pruebas más poderosas para probar la normalidad de un set de datos, y además es apropiado para muestras pequeñas. Su estadístico de prueba es:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- Donde:
- x_i es el número que ocupa la i-ésima posición en la muestra
- \bar{x} , es la media muestral
- Las constantes a_i se calculan con:
- $a_i, \dots, a_n = m^T V^{-1} / (m^T V^{-1} V^{-1} m)^{\frac{1}{2}}$
- Donde, m_1, \dots, m_1 son valores medios del estadístico ordenado, de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, muestreadas de distribuciones normales. V es la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden. (Fallas, 2012)

2.1.2.9. Diseño de hipótesis – Significancia de correlación

Un coeficiente de correlación se dice que es significativo si se puede afirmar, con una cierta probabilidad, que es diferente de cero. Más estrictamente, en términos estadísticos, preguntarse por el significado de un cierto coeficiente de correlación no es otra cosa que preguntarse por la probabilidad de que tal coeficiente proceda de una población cuyo valor sea de cero.

A este respecto, como siempre, tendremos dos hipótesis posibles:

$H_0: r_{xy} = 0 \rightarrow$ El coeficiente de correlación obtenido procede de una población cuya correlación es cero ($\rho = 0$)

$H_1: r_{xy} \neq 0 \rightarrow$ El coeficiente de correlación obtenido procede de una población cuyo coeficiente de correlación es distinto de cero ($\rho \neq 0$).

Desde el supuesto de la Hipótesis nula se demuestra que la distribución muestral de correlaciones procedentes de una población caracterizada por una correlación igual a cero ($\rho = 0$) sigue una ley de Student con $N-2$ grados de libertad, de media el valor poblacional y desviación tipo:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - 3r_{xy}^2}{N - 2}}$$

En consecuencia, dado un cierto coeficiente de correlación r_{xy} obtenido en una determinada muestra se trata de comprobar si dicho coeficiente es posible que se encuentre dentro de la distribución muestral especificada por la Hipótesis nula. A efectos prácticos, se calcula el número de desviaciones tipo que se encuentra el coeficiente obtenido del centro de la distribución, según la fórmula conocida:

$$t = \frac{r_{xy} - 0}{\sqrt{\frac{1 - 3r_{xy}^2}{N - 2}}}$$

y se compara el valor obtenido con el existente en las tablas para un cierto nivel de significación α y $N-2$ grados de libertad $- t(\alpha, N-2) -$, que como se sabe, marca el límite (baja probabilidad de ocurrencia, según la Hipótesis nula) de pertenencia de un cierto coeficiente r_{xy} a la distribución muestra de correlaciones procedentes de una población con $\rho = 0$. De esta forma si:

$t > t_{\alpha, N-2} \rightarrow$ Se rechaza la hipótesis nula. La correlación obtenida no procede de una población cuyo valor $\rho = 0$. Por lo tanto, las variables están relacionadas

$t \leq t_{\alpha, N-2} \rightarrow$ Se rechaza la hipótesis nula. La correlación obtenida procede de una población cuyo valor $\rho = 0$. Por lo tanto, las variables no están relacionadas (Cerron Meza, 2011)

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.

3.1.1. Ubicación Y Sectorización.

La población está conformada por 3 sectores con un total de 74.579 km de longitud, correspondientes al Sub tramo Juliaca-Azángaro de la carretera IIRSA SUR – Tramo 5.



Figura 49. IIRSA Sur – Tramo 5: Matarani – Azángaro – Ilo, fuente: OSITRAN

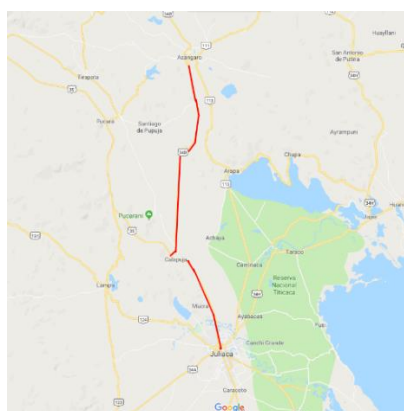


Figura 50. Ubicación del sub-tramo estudiado Puno – Juliaca, fuente: elaboración propia a partir de Google Maps.

De acuerdo al Apéndice n.º 1 del Contrato de Concesión de la IIRSA SUR – Tramo 5, tramo al que corresponde la investigación, se tiene los siguientes sectores en los cuales se divide el subtramo Juliaca Azángaro:

Tabla 3.
Sectores del Sub.tramo Juliaca-Azángaro.

SUBTRAMO	SECTORES	RUTA	LONGITUD (km)	Inicio	Final	DEP.	ESTADO (2007)
JULIACA – AZANGARO	Juliaca - Calapuja	03S	24.049	1311+709	1287+850	Puno	Asfaltado, obra de arte y drenaje en mal estado
	Calapuja – Mataro	D106	18.45	000+000	18+450	Puno	Asfaltado en regular estado
	Mataro - Azángaro	V531	32.08	18+450	50+950	Puno	Asfaltado en buen estado

Fuente: elaboración propia a partir del apéndice n.º 1 y apéndice n.º 7 del contrato de Concesión IIRSA Tramo 5.

Todos estos sectores recibieron trabajos de rehabilitación de acuerdo a los planes de conservación presentados al regulador OSITRAN y según la propia Cesionaria COVISUR.

Estos sectores no fueron considerados para construcción de nueva estructura, solamente para rehabilitación de acuerdo a los términos de referencia del contrato de concesión de acuerdo al apéndice 2 del contrato de concesión.

Tabla 4.
Obras viales de Construcción en los términos de referencia Sub tramo Juliaca – Azángaro.

Sector	Longitud (km)	Obras de los términos de Referencia	Inicio	Tiempo (meses)
Vía evitamiento de Azángaro	6.2	Obras de Arte y Drenaje	-	6
		Obras de señalización		
		Obras de protección Ambiental		
		Mejoramiento a nivel de asfalto reconformación de bermas		
Mataro - Azángaro	32.08	Obras de Arte y Drenaje	27/05/2009	5
		Obras de señalización		

		Obras de Protección Ambiental		
		Mantenimiento Rutinario de Asfalto		
		Reconformación de Berma		
		Obras de Arte y Drenaje	27/07/2009	5
		Obras de señalización		
		obras de protección ambiental		
Calapuja - Mataro	18.45	Mantenimiento Rutinario de Asfalto		
		Slurry seal en 15 km		
		Reconformación de bermas		
		Obras de Arte y Drenaje	27/03/2009	8
		Obras de Señalización		
Juliaca - Calapuja	24.049	Obras de protección Ambiental		
		Rehabilitación Total del Pavimento		
		Reconformación de Bermas		

Fuente: elaboración propia a partir del apéndice n.º 1 y apéndice n.º 7 del contrato de Concesión IIRSA Tramo 5.

De los sectores mencionados, el sector Mataro – Azángaro fue intervenido recientemente con un mantenimiento periódico el año 2017.

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.

El periodo de duración del estudio abarca al primer año de vida del tratamiento sobre el sector de evaluación, correspondiente al año 2018.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO.

3.3.1. Muestra.

El método de muestreo es no probabilístico, ya que se basa en la toma de datos del programa LTPP y sus respectivas secciones de evaluación como lo menciona LTPP mediante sus criterios de selección de sección de evaluación.

Diseño de la sección de evaluación (Elkins, Thompson, Ostrom, & Visintine, 2018)

Generalmente, cada sección de evaluación GPS y SPS consiste en una porción de monitoreo de 152m (500 pies) con una sección de muestra de material de 15.2 m (50 pies) a cada extremo. En las secciones de evaluación GPS, una zona de control de mantenimiento de 152m (500 pies) al frente y 76m (250 pies) detrás de los límites de la sección monitoreada ha sido establecido al largo de cada sección de evaluación como se muestra:

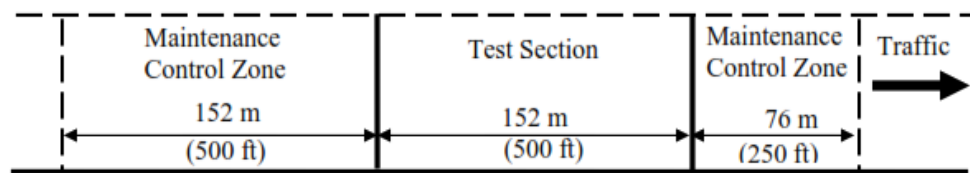


Figura 51. ilustración del diseño de una sección de prueba de una sección general de GPS.
Fuente: IMS User guide, FHWA (2018)

Ya que los proyectos SPS consisten en múltiples secciones de evaluación construidos para un solo proyecto, la zona de control de mantenimiento está extendida a cubrir grupos de secciones contiguas como se muestra:

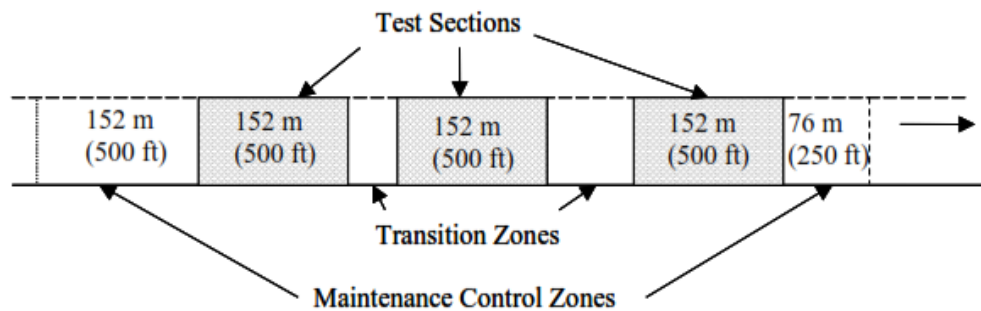


Figura 52. Ilustración del diseño de una sección de prueba de una sección de evaluación general de SPS. Fuente: IMS User guide, FHWA (2018)

Cabe recalcar que para completar el proceso de los ensayos es del orden de meses para un tramo en particular, y años para completar el ensayo de una construcción completa (set de tramos construidos al mismo momento) por lo que la selección considera para estos efectos un grupo de tramos de carretera en servicio,

los cuales tienen una distribución geográfica por diferentes partes del país, a fin de incorporar diferentes condiciones climáticas, de tipos de suelo y otras variables que se vean modificadas con la ubicación. Así mismo se ha incorporado en este grupo de secciones a estudiar aquellos proyectos de reciente construcción, de manera que se pueda apreciar la evolución en el comportamiento de las estructuras desde su puesta en servicio. De igual manera se han incluido algunas secciones en servicio que tengan un comportamiento deficiente, a fin de poder analizar las razones de esta condición. (Camacho Garita , Quirós, & Aguiar M, 2016).

Por lo que, siguiendo dichos lineamientos, primero se realizó un reconocimiento de campo para poder obtener las secciones de evaluación que cumplan con ser homogéneos para la obtención correcta de datos, por lo tanto la selección de la muestra es por conveniencia, siguiendo los lineamiento del programa, se conforma por la sección Mataro chico – Desvío Pucará, ubicado dentro del sector Mataro – Azángaro, ya que como se puede observar en la Tabla 4, los sectores del subtramo tienen diferentes características entre sí, así como diferente tiempo de intervención, de los cuales, el sector Mataro – Azángaro es el con mayor longitud y a su vez con el mejor estado por su intervención reciente, así se optó por analizar este sector como construcción, poniendo énfasis en la sección con más reciente intervención para poder analizar correctamente su comportamiento relacionado a los factores climatológicos.

Al respecto de la sección Mataro – Azángaro se realizó el levantamiento de 3 secciones de evaluación para la constatación de lo establecido por LTPP con referente a la longitud de 152m, además se realizó el levantamiento de 2 secciones de evaluación extra ubicados fuera de la sección de estudio para poder analizar su

comportamiento sin tratamiento superficial, secciones las cuales se encuentran dentro del área de la sección MERRA, en suma, se tiene el siguiente cuadro:

Tabla 5
Resumen de las secciones de evaluación

Sección de evaluación	Sector	Inicio	Final
Sección de evaluación n.º 1	Mataro - Azángaro	Km. 34 + 000	Km. 34 + 152
Sección de evaluación n.º 2	Mataro - Azángaro	Km 33 + 750	Km 33 + 902
Sección de evaluación n.º 3	Mataro – Azángaro	Km 29 + 150	Km 29 + 302
Sección de evaluación n.º 4	Calapuja – Mataro	Km 18 + 000	Km 18 + 152
Sección de evaluación n.º 5	Calapuja – Mataro	Km 9 + 150	Km 9 + 302

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Técnicas e Instrumentos.

3.3.2.1. Técnicas.

La investigación permitió aplicar las siguientes técnicas:

- Análisis Documental.
- Encuesta.

3.3.2.2. Instrumentos.

Los instrumentos usados fueron:

- Guía de Análisis Documental
- Encuesta de fallas de LTPP
 - Copia de los hojas y formularios más recientes
 - Termómetro
 - Hojas extra de los formatos y mapas
 - Lapiceros
 - Última versión del DIM
 - Clips
 - Cintas métricas de al menos 30m de longitud y graduado en milímetros
 - Calculadora
 - Indumentaria de seguridad
 - Cámara digital

3.3.2.3. Procesamiento de datos.

Se utilizó para los datos climatológicos la herramienta del clima de LTPP – InfoPave Climate Tool, de donde se extrajo el registro de los parámetros brindados

por este programa de los últimos 10 años (correspondientes a los datos relacionados desde la entrada en funcionamiento de la concesión).

También se usó el programa STATA 14 para los cálculos estadísticos tales como la prueba de hipótesis o la prueba de normalidad.

3.3.2.4. Variables

Las variables a analizar vienen detalladas en el siguiente cuadro:

Tabla 6
Resumen de las variables en estudio

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	UNIDAD
Fractura longitudinal en la huella de llanta		m
Fractura Transversal		#, m
	Precipitación	
	Precipitación Media Anual	mm
	Temperatura	
	Temperatura Media Anual	Celsius
	Viento	
	Promedio de Velocidad de viento	m/s
	Humedad	
	Promedio de humedad relativa	%
	Solar	
	Superficie de Onda Corta	W/m ²

Fuente: elaboración propia a partir del análisis de datos obtenidos de LTPP y las fallas encontradas en la investigación.

En lo que respecta a la altura de la sección de evaluación (más de 3800 msnm), se analizó los factores que implica tener esta altura, así por ejemplo la altura incide en la temperatura humedad o solar, recalcando que la altura no es un factor per se, más si lo es las características que se puede encontrar en particular en la zona.

Así, para LTPP existen 4 tipos de regiones climáticas características:

- Mojado, sin congelamiento, las cuales incluyen regiones con un valor de Índice de Congelamiento hasta 250 anual, precipitación mayor a 500mm anual, y con una temperatura anual mayor a 10 °C
- Mojado con congelamiento, las cuales incluyen regiones con un valor de Índice de congelamiento mayor a 250 anual, precipitación mayor a 500mm anual, y con una temperatura anual hasta 15 grados.
- Seco con congelamiento, las cuales incluyen regiones con un valor de Índice de congelamiento mayor a 250 anual, precipitación hasta a 500mm anual, y con una temperatura anual hasta 15 grados.
- Seco sin congelamiento, las cuales incluyen regiones con un valor de Índice de Congelamiento hasta 250 anual, precipitación hasta a 500mm anual, y con una temperatura anual mayor a 10°C.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se realizó el análisis, mediante las herramientas ya mencionadas, para el cumplimiento de los objetivos, como se indicó en el capítulo anterior.

Las características de la sección de evaluación, en resumen, son:

Tipo de superficie: Concreto Asfáltico (ACP)

Ubicación: Inicio del km 34+000m del sector Mataro – Azángaro del sub tramo Juliaca – Azángaro.



Figura 53. Inicio de la Sección de evaluación. Fuente: Elaboración propia.

Ancho de vía: 8.45m



Figura 54. Medición del ancho de vía de la sección de evaluación. Fuente: Elaboración propia.

Ancho de carril: 4.25m

Ultima Intervención: Mantenimiento periódico a la sección 2017.



Figura 55. Relevamiento de datos en la sección de evaluación. Fuente: Elaboración propia.



Figura 56. Relevamiento de datos en la sección de evaluación – temperatura. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 57. Relevamiento de datos en la sección de evaluación – muestra de fallas longitudinales. Fuente: Elaboración propia.

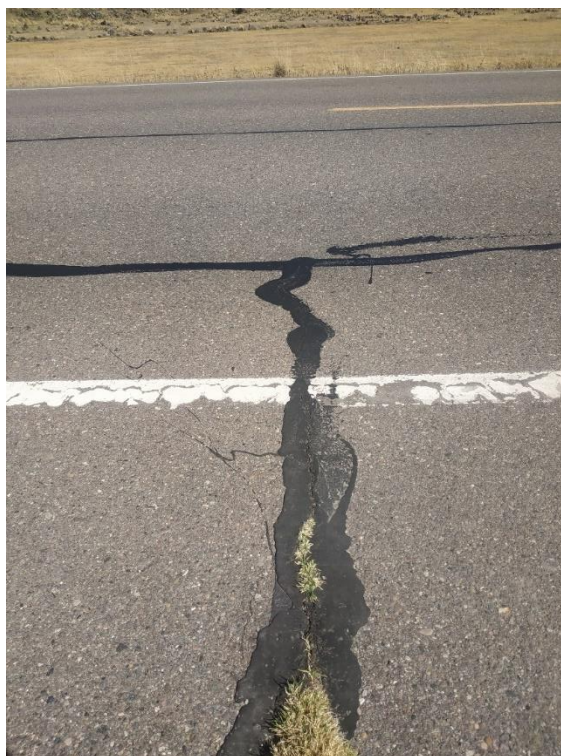


Figura 58. Relevamiento de datos en la sección de evaluación – Falla transversal. Fuente elaboración propia.

Del relevamiento de fallas de la sección de evaluación n.º 1 de evaluación se tiene en resumen que:

Tabla 7.
Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 1.

	Tipo de Falla	Unidad de Medida	Niveles de severidad			Total
			Bajo	Moderado	alto	
A	Fractura					
1	Fractura por fatiga	M2	0	0	0	0
2	Fractura en bloque	M2	0	0	0	0
3	Fractura de borde	M	0	0	0	0
4	Fractura longitudinal					
4a	Fractura longitudinal en la huella de llanta	M	186	0	0	186
4b	Fractura longitudinal fuera huella de llanta	M	3.8	0	0	3.8
5	Fractura por reflexión en las juntas	-	0	0	0	0
6	Fractura Transversal	#	4	0	0	4
		M	16.7	0	0	16.7
B	Parche y Baches					
7	Parche / Parche deteriorado	#	0	0	0	0
		M	0	0	0	0
8	Baches	#	0	0	0	0
		M				0

C	Deformación superficial					
9	Ahuellamiento	mm	0	-	-	0
10	Corrimiento	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0
D	Defectos Superficiales					0
11	Sangrado	M2	0	-	-	
12	Agregado Pulido	M2	0	-	-	0
13	Peladura	M2	0	-	-	0
E	Fallas Misceláneas					
14	Depresión Pista-Berma		-	-	-	0
15	Exudación y bombeo	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del formato de encuesta de fallas para pavimentos con concreto asfáltico de DIM – LTPP

Para la sección de evaluación n.º 2 en el km 33 + 750 que se extiende de igual forma a lo largo de 152m, pero con la peculiaridad de estar ubicado en una curva:



Figura 59. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – temperatura. Fuente: Elaboración propia



Figura 60. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – fallas longitudinales.
Fuente: Elaboración propia



Figura 61 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – huella de rueda.
Fuente: Elaboración propia



Figura 62 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 2 – fallas longitudinales en la huella de rueda. Fuente: Elaboración propia

Del relevamiento de fallas de la sección de evaluación n.º 2 de evaluación se tiene en resumen que

Tabla 8
Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 2

Tipo de Falla	Unidad de Medida	Niveles de severidad			Total
		Bajo	Moderado	alto	
A Fractura					
1 Fractura por fatiga	M2	0	0	0	0
2 Fractura en bloque	M2	0	0	0	0
3 Fractura de borde	M	0	0	0	0
4 Fractura longitudinal					
4a Fractura longitudinal en la huella de llanta	M	197.6	0	0	197.6
4b Fractura longitudinal fuera huella de llanta	M	0	0	0	0
5 Fractura por reflexión en las juntas	-	0	0	0	0
6 Fractura Transversal	#	6	0	2	8

		M	11.2	0	6.6	17.8
B	Parche y Baches					
7	Parche / Parche deteriorado	#	0	0	0	0
		M	0	0	0	0
8	Baches	#	0	0	0	0
		M				0
C	Deformación superficial					
9	Ahuellamiento	mm	0	-	-	0
10	Corrimiento	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0
D	Defectos Superficiales					0
11	Sangrado	M2	0	-	-	
12	Agregado Pulido	M2	0	-	-	0
13	Peladura	M2	0	-	-	0
E	Fallas Misceláneas					
14	Depresión Pista-Berma		-	-	-	0
15	Exudación y bombeo	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del formato de encuesta de fallas para pavimentos con concreto asfáltico de DIM – LTPP

Para la sección de evaluación n.º 3 en el km 29 + 150 que se extiende de igual forma a lo largo de 152m:



Figura 63. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – temperatura. Fuente: Elaboración propia



Figura 64. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – fallas longitudinales.
Fuente: Elaboración propia

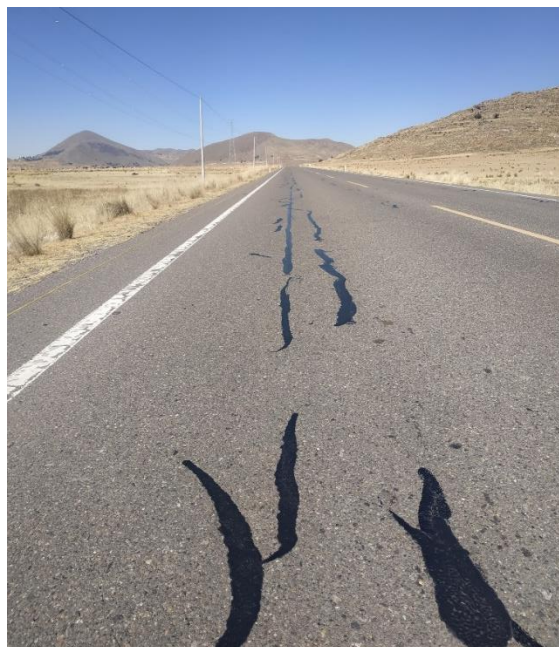


Figura 65 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – huella de rueda.
Fuente: Elaboración propia

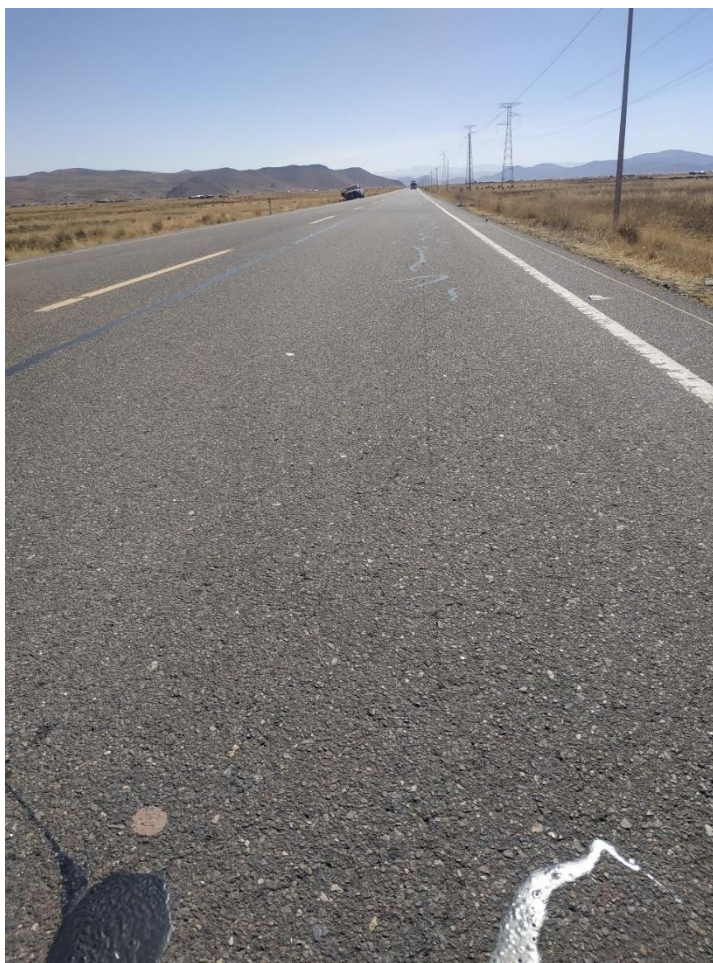


Figura 66. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 3 – huella de rueda y marca de construcción . Fuente: Elaboración propia

Del relevamiento de fallas de la sección de evaluación n.º 3 de evaluación se tiene en resumen que:

Tabla 9
Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 3

	Tipo de Falla	Unidad de Medida	Niveles de severidad			Total
			Bajo	Moderado	alto	
A	Fractura					
1	Fractura por fatiga	M2	0	0	0	0
2	Fractura en bloque	M2	0	0	0	0
3	Fractura de borde	M	0	0	0	0
4	Fractura longitudinal					
4a	Fractura longitudinal en la huella de llanta	M	213	0	0	213
4b	Fractura longitudinal fuera huella de llanta	M	0	0	0	0
5	Fractura por reflexión en las juntas	-	0	0	0	0
6	Fractura Transversal	#	16	0	0	16
		M	40.6	0	0	40.6

B	Parche y Baches					
7	Parche / Parche deteriorado	#	0	0	0	0
		M	0	0	0	0
8	Baches	#	0	0	0	0
		M				0
C	Deformación superficial					
9	Ahuellamiento	mm	0	-	-	0
10	Corrimiento	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0
D	Defectos Superficiales					0
11	Sangrado	M2	0	-	-	
12	Agregado Pulido	M2	0	-	-	0
13	Peladura	M2	0	-	-	0
E	Fallas Misceláneas					
14	Depresión Pista-Berma		-	-	-	0
15	Exudación y bombeo	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del formato de encuesta de fallas para pavimentos con concreto asfáltico de DIM – LTPP

Para la sección de evaluación n.º 4 en el km 18 + 000 que se extiende de igual forma a lo largo de 152m:



Figura 67. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 4 – temperatura. Fuente: Elaboración propia.



Figura 68. Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 4 – fallas por fatiga, piel de cocodrilo. Fuente: Elaboración propia



Figura 69 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 4 – fallas por fatiga, piel de cocodrilo y parches. Fuente: Elaboración propia

Del relevamiento de fallas de la sección de evaluación n.º 4 de evaluación se tiene en resumen que:

Tabla 10.
Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 4

Tipo de Falla	Unidad de Medida	Niveles de severidad			Total
		Bajo	Moderado	alto	
A Fractura					
1 Fractura por fatiga	M2	0	0	204.4	204.4
2 Fractura en bloque	M2	0	0	0	0
3 Fractura de borde	M	0	0	0	0
4 Fractura longitudinal					
4a Fractura longitudinal en la huella de llanta	M	0	0	0	0
4b Fractura longitudinal fuera huella de llanta	M	0	0	0	0
5 Fractura por reflexión en las juntas	-	0	0	0	0
6 Fractura Transversal	#	22	27	47	96
	M	23.5	28.05	48.7	100.25
B Parche y Baches					
7 Parche / Parche deteriorado	#	0	0	1	1
	M	0	0	78.5	78.5
8 Baches	#	0	0	1	1
	M		0.0625	0	0.0625
C Deformación superficial					
9 Ahuellamiento	mm	0	-	-	0
10 Corrimiento	#	0	-	-	0
	M	0	-	-	0
D Defectos Superficiales					0
11 Sangrado	M2	0	-	-	
12 Agregado Pulido	M2	0	-	-	0
13 Peladura	M2	0	-	-	0
E Fallas Misceláneas					
14 Depresión Pista-Berma		-	-	-	0
15 Exudación y bombeo	#	0	-	-	0
	M	0	-	-	0

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del formato de encuesta de fallas para pavimentos con concreto asfáltico de DIM – LTPP

Para la sección de evaluación n.º 5 en el km 9 + 000 que se extiende de igual forma a lo largo de 152m:



Figura 70 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 5 – temperatura. Fuente: Elaboración propia.



Figura 71 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 5 – fallas por fatiga y parches. Fuente: Elaboración propia



Figura 72 Relevamiento de datos en la sección de evaluación n.º 5 – fallas por fatiga selladas. Fuente: Elaboración propia

Del relevamiento de fallas de la sección de evaluación n.º 5 de evaluación se tiene en resumen que:

Tabla 11. Resumen de relevamiento de fallas en la sección de evaluación 4

Tipo de Falla	Unidad de Medida	Niveles de severidad			Total
		Bajo	Moderado	alto	
A Fractura					
1 Fractura por fatiga	M2	0	93.3	0	93.3
2 Fractura en bloque	M2	0	0	0	0
3 Fractura de borde	M	0	0	0	0
4 Fractura longitudinal					
4a Fractura longitudinal en la huella de llanta	M	3.7	0	17.3	21
4b Fractura longitudinal fuera huella de llanta	M	0	0	0	0
5 Fractura por reflexión en las juntas	-	0	0	0	0
6 Fractura Transversal	#	20	12	14	46
	M	23.5	14.6	16.3	54.4
B Parche y Baches					
7 Parche / Parche deteriorado	#	25	2	0	27
	M	128.1	3.7	0	131.7
8 Baches	#	0	0	0	0

		M	0	0	0	0
C	Deformación superficial					
9	Ahuellamiento	mm	0	-	-	0
10	Corrimiento	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0
D	Defectos Superficiales					0
11	Sangrado	M2	0	-	-	0
12	Agregado Pulido	M2	0	-	-	0
13	Peladura	M2	0	-	-	0
E	Fallas Misceláneas					
14	Depresión Pista-Berma		-	-	-	0
15	Exudación y bombeo	#	0	-	-	0
		M	0	-	-	0

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del formato de encuesta de fallas para pavimentos con concreto asfáltico de DIM – LTPP

De la comparación entre las tablas n.º 7,8, 9 se puede observar que las fallas encontradas se comportan de manera muy similar en ambos casos tal como lo predice LTPP, siendo la mayor diferencia la ubicación de la huella de la llanta en el caso de la sección de evaluación n.º 2, puesto se tiene una huella de llanta recorrida aproximadamente 0.60m hacia la berma como se muestra en la figura 62 y en el anexo n.º 2. Al respecto se entiende que la Falla longitudinal está ligada a la fatiga, puesto que se produce dentro de la huella, además que como observación se tiene que la huella exterior presenta mayor incidencia de este tipo de falla, lo que nos hace suponer una menor compactación u otra deficiencia en el proceso constructivo, esto también se puede observar en la marca de construcción en la figura 66, que es donde se observa que la marca de construcción predisponer a la falla transversal. Cabe recalcar para poder corroborar dicho análisis de tráfico o proceso constructivo se requiere otra investigación, puesto que la información mencionada no compete al presente estudio (Tráfico Vs. Falla o Construcción vs Falla).

Asimismo, de la comparación de las tablas n.º 10 y 11 se tiene un comportamiento distinto a las secciones de evaluación 1,2 y 3 y con diferente

comportamiento entre sí, y también se puede observar que el número de fallas longitudinales baja drásticamente, esto debido a que son “absorbidas” por la piel de cocodrilo, lo que indica que la falla longitudinal es el inicio de la falla por fatiga tal como se mencionó previamente, asimismo por lo expuesto se entiende que dichas fallas están ligadas al tráfico, por lo que no competen al presente estudio. Sin embargo se realizó su análisis como referente añadido en el ANEXO n.º 8.

Como resumen se tiene que:

Tabla 12.
Resumen y comparación entre Las secciones de evaluación y sus fallas correspondientes .

n.º Sección de Evaluación	Sector	Inicio del relevamiento de fallas	Fractura por Fatiga	Fractura Longitudinal en la huella de la rueda	Fractura Longitudinal fuera de la huella de la rueda	Fractura transversal	Parches	Baches
1	Mataro - Azángaro	Km. 34 + 000	0	186	3.80	16.7	0	0
2	Mataro - Azángaro	Km 33 + 750	0	197.6	0	17.8	0	0
3	Mataro – Azángaro	Km 29 + 150	0	213	0	40.6	0	0
4	Calapuja – Mataro	Km 18 + 000	204.4	0	0	100.25	78.5	0.0625
5	Calapuja – Mataro	Km 9 + 150	36.1	21	0	54.4	131.7	0

Fuente: elaboración propia a partir del relevamiento de fallas DIM – LTPP.

En suma, se consideró los valores hallados en la sección de evaluación n.º 1 2 y 3 dentro del análisis de correlación, puesto que estos al ser recientes representan mejor el efecto de los factores climatológicos sobre la construcción, como ya se había mencionado; cabe recalcar que se amplió el rango de los valores requeridos y las secciones mencionadas (1 2 y 3) se encuentran dentro del mismo rango para el análisis y hallar secciones similares.

Además de la obtención de datos de MERRA de la sección 80817 correspondiente a la sección de evaluación se tiene los siguientes parámetros climáticos:

Tabla 13.
Datos de precipitación de MERRA para la sección de evaluación.

Identificación MERRA	Año	Evaporación	Precipitación
80817	2009	349.16	1537.775
	2010	348.564	1556.325
	2011	454.624	1840.569
	2012	518.927	1887.214
	2013	520.301	1938.176
	2014	542.627	1827.698
	2015	529.962	2035.18
	2016	518.709	1757.875
	2017	499.322	2217.128
	2018	641.801	1824.902
	Max	542.627	2217.128
	Min	348.564	1537.775

Fuente: Datos de la celda 80817 obtenida de InfoPave Climate Tool de LTPP

Respecto a los datos de precipitación obtenidos por MERRA, debido a las características de la zona se tienen los siguientes datos referentes a la precipitación:

Tabla 14
Precipitación promedio mensual en la sección de análisis 80817 entre los años 2009- 2018.

Meses	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	194.646	338.448	167.161	269.166	288.828	268.048	412.44	198.076	118.833	279.041
2	252.248	281.508	336.744	378.122	239.018	226.483	146.646	183.844	206.056	192.521
3	164.646	131.819	236.439	211.369	172.74	191.493	110.065	109.941	319.841	276.041
4	69.994	23.626	47.55	149.058	59.008	63.774	223.721	188.549	150.02	78.663
5	47.995	81.775	39.856	15.692	80.194	100.537	88.617	37.579	123.746	36.225
6	5.367	41.11	53.214	50.834	81.606	31.559	11.269	26.883	55.314	71.344
7	38.178	13.925	48.163	47.52	81.758	32.087	79.599	49.384	10.204	41.137
8	9.064	28.764	74.454	61.371	115.918	112.628	125.548	116.602	96.932	94.911
9	150.055	50.9	176.935	54.673	116.591	276.882	182.473	122.056	325.542	34.721
10	204.574	216.139	210.609	98.214	305.127	133.763	154.74	325.731	261.425	287.277
11	126.882	64.118	93.082	190.661	179.68	108.678	223.875	116.57	225.251	161.082
12	274.126	284.193	356.362	360.534	217.708	281.766	276.187	282.66	323.964	271.939

Fuente: Datos de la celda 80817 obtenida de InfoPave Climate Tool de LTPP

De acuerdo a la tabla se puede obtener el siguiente grafico para mejor visualización del comportamiento de la precipitación:

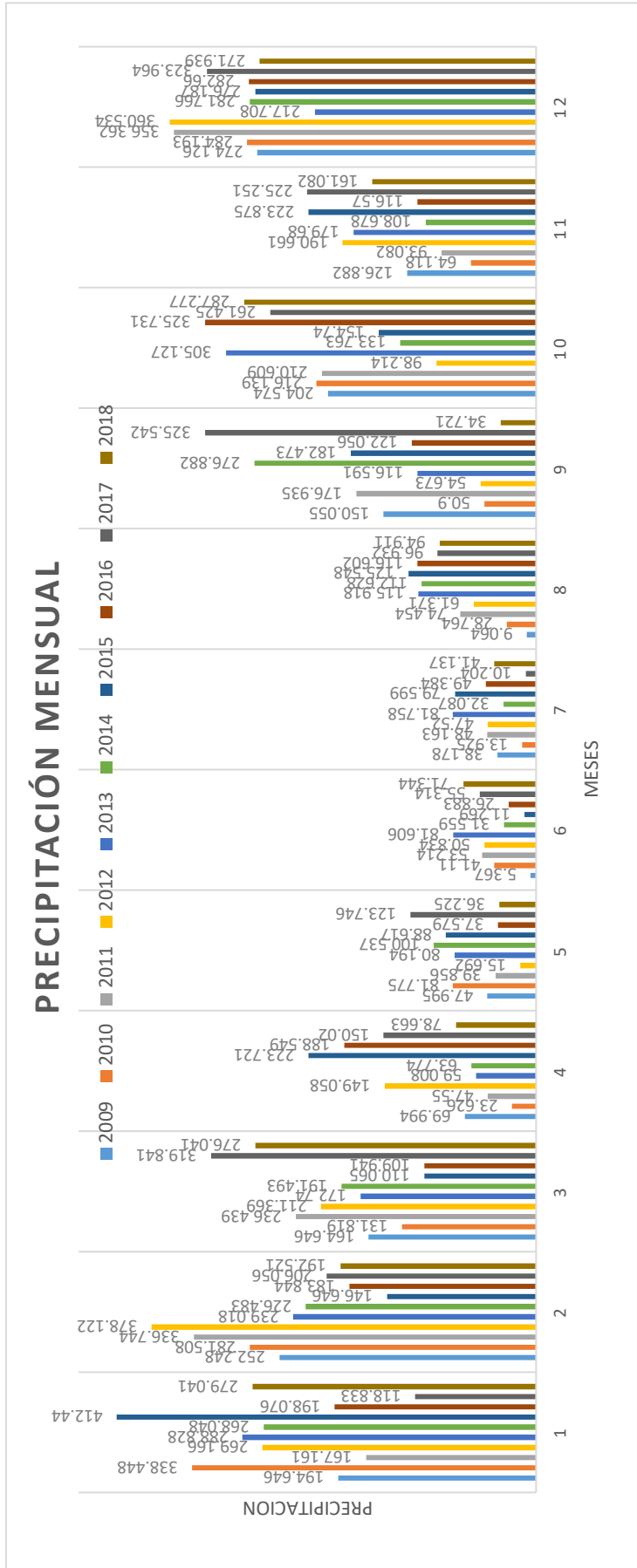


Figura 73. Precipitación promedio mensual de la sección 80817 entre los años 2008-2018. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de InfoPave Climate Tool de LTPP.

Del cual como se entiende que los meses más críticos son los que se encuentran por encima de su respectivo promedio anual. Por lo que para el año 2018, al cual corresponde el estudio, se tiene como promedio 152.1 mm , es decir que los meses más extremos son: Enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre.

Por consecuencia tenemos que las precipitaciones promedio extremas, o características de la región para el año 2018 fueron:

Tabla 15
Precipitación mensual de los meses críticos en la sección 80817

Meses	Precipitación Mensual
Enero	279.041
Febrero	192.521
Marzo	276.041
Octubre	287.277
Noviembre	161.082
Diciembre	271.939
TOTAL	1467.9

Fuente: Datos de la celda 80817 obtenida de InfoPave Climate Tool de LTPP

Ya que el análisis de correlación toma como dato la precipitación acumulada se tiene para la sección 1467.9 mm.

En lo que respecta a la temperatura se tiene :

Tabla 16.
Datos de temperatura de MERRA para la sección de evaluación.

Año	Temperatura Promedio	Índice de Congelamiento	Promedio Temperatura Media mensual	Congelamiento/ Descongelamiento	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima
2009	8.2	-	9.1	133	22.2	-6.8
2010	8.7	-	9.6	117	22.1	-5.9
2011	7.8	-	8.7	129	22.6	-5.8
2012	7.4	-	8.2	149	23.3	-6.6
2013	7.7	-	8.5	133	22.5	-6.5
2014	7.8	-	8.7	123	22	-6.8
2015	7.7	-	8.5	121	22.7	-6.6
2016	8.1	-	8.9	135	22.1	-7.3
2017	8	-	8.9	108	21.9	-7.2
2018	7.3	-	8.1	146	21.5	-5.7

Fuente: Datos seleccionados de la celda 80817 obtenidos de InfoPave Climate Tool de

LTPP.

De la tabla se puede observar que no existe índice de congelamiento, lo que indica que no existieron días en el año cuya temperatura máxima haya estado bajo 0 ° C. Además, Congelamiento/Descongelamiento hace referencia a los días del año

cuya temperatura máxima del aire es mayor que 0 y la temperatura mínima menos que 0 en el mismo día.

Al respecto de los datos obtenidos por MERRA se tiene el siguiente cuadro donde se puede apreciar el comportamiento de la temperatura promedio mensual en los últimos años:

Tabla 17
Temperatura promedio mensual en la sección 80817 entre los años 2009-2018.

Meses	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	9.2	9.8	9.5	8.4	8.3	8.8	8	10.1	9.3	8.5
2	9.2	9.7	8	7.5	8.1	8.7	8.9	9.6	9.6	8.6
3	8.4	9.7	7.8	7.5	8.8	8.7	8.3	9.6	8.3	8.2
4	8.2	9.8	7.4	7.1	7.8	8.2	7.2	8	7.7	7.4
5	6.9	7.8	6.7	6.2	7.2	6.6	6.4	6.8	7.2	6
6	4.9	6.8	5.5	5.2	5.3	6.2	5.6	5.7	6.1	4.8
7	5.6	5.8	5.3	4.7	4.9	5.6	4.9	5.4	5.7	5.2
8	6.4	7.2	7	5.2	6	6.3	6.1	6.2	6.6	5.8
9	8.7	8.9	7.5	8	7.5	7.2	7.7	7.9	7.9	7.6
10	9.9	8.9	9.4	10.2	8.8	8.3	9.2	8.2	8.2	7.7
11	11	10.3	10.7	10.1	10.3	9.8	9.9	9.6	10	9.5
12	9.9	9.6	9	8.6	9.1	9.7	9.8	9.8	9.4	8.5

Fuente: Datos de la celda 80817 obtenida de InfoPave Climate Tool de LTPP

Del cual se puede obtener el siguiente gráfico para la mejor visualización del comportamiento:

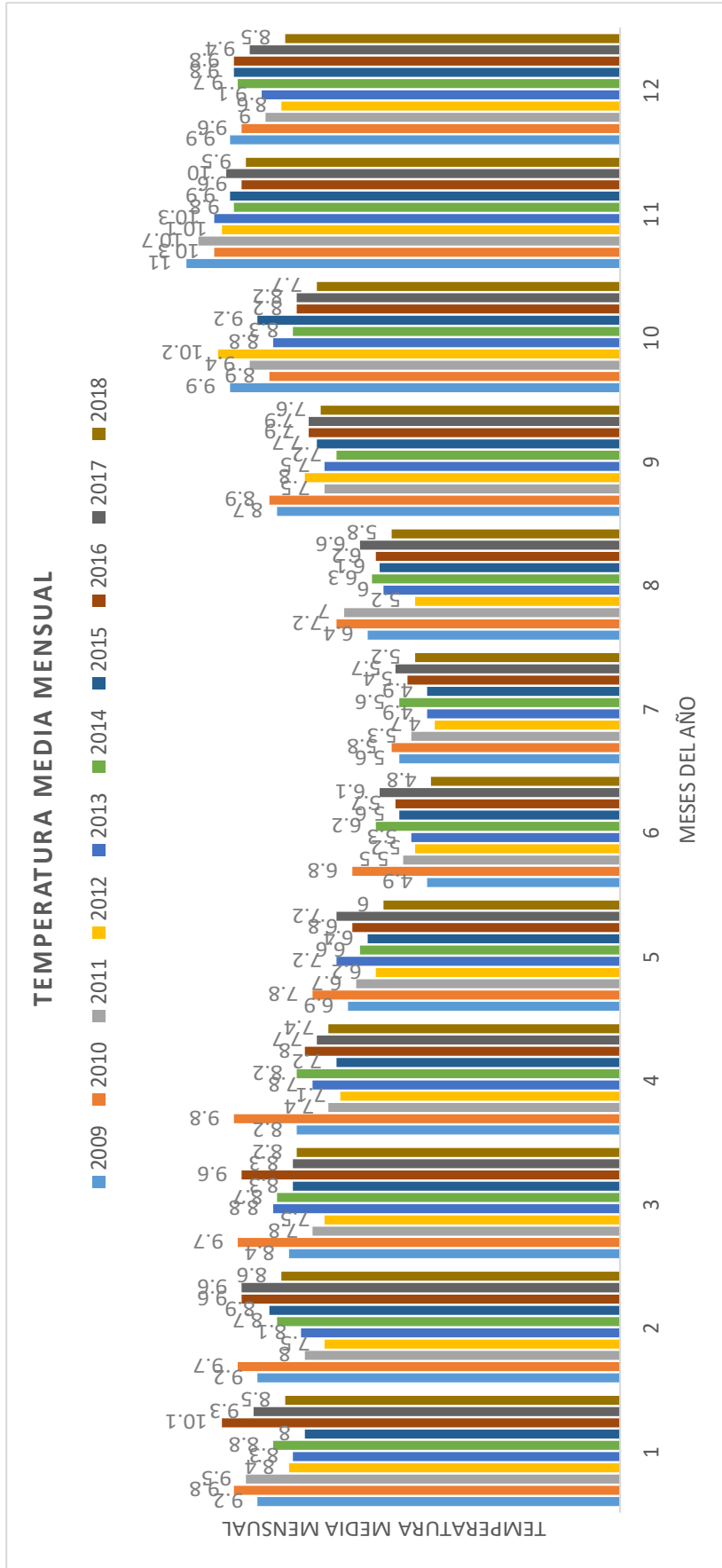


Figura 74. Temperatura promedio mensual de la sección 80817 entre los años 2008-2018. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de InfoPave Climate Tool de LTTP .

Del cual como se entiende que los meses más críticos son los que se encuentran debajo de su respectivo promedio anual. Por lo que para el año 2018, al cual corresponde el estudio, se tiene como promedio 7.3, es decir que los meses más extremos son : Mayo, junio, Julio y agosto.

Por consecuencia tenemos que las temperaturas promedio extremas, o características de la región para el año 2018 fueron:

Tabla 18
Temperatura mensual de los meses críticos en la sección 80817

Meses	Temperatura promedio
Mayo	6
Junio	4.8
Julio	5.2
Agosto	5.8

De lo que se puede observar que la temperatura mínima es de 4.8 °C correspondiente al mes de junio, el cual se tuvo en cuenta al momento de seleccionar secciones similares, asimismo, de acuerdo a la clasificación de región corresponde a una región mojada sin congelamiento.

En lo que respecta al viento se tiene:

Tabla 19.
datos de Viento de MERRA para la sección de evaluación.

Año	Promedio de Velocidad de viento	Velocidad Máxima de Viento
2009	2	7
2010	2	9
2011	2	7
2012	2	6
2013	2	10
2014	2	7
2015	2	9
2016	2	8
2017	2	8
2018	2	8

Fuente: Datos seleccionados de la celda 80817 obtenidos de InfoPave Climate Tool de

LTPP

En lo que respecta a los datos Solares se tiene:

Tabla 20.
Datos solares de MERRA para la sección de evaluación.

Año	% Nublado	Superficie de recepción de onda corta	Albedo	Promedio de albedo	Emisividad	Promedio de emisividad	Promedio de Porcentaje de luz solar
2009	0.610000014	201952	924.9505795	0.194603257	8555.837674	0.976712884	39
2010	0.629999995	201165.8	922.9324599	0.194114357	8556.065738	0.97673896	37
2012	0.620000005	196477.2	926.3394718	0.194334802	8580.169847	0.976806959	38
2011	0.629999995	196576.1	921.9223084	0.193961506	8556.311558	0.976769593	37
2013	0.639999986	194861	919.5992423	0.193385554	8556.570234	0.976797363	36
2015	0.620000005	194934.1	922.1405529	0.194033329	8556.555338	0.976795001	39
2014	0.639999986	196019.7	920.6599388	0.193652592	8556.52765	0.976791943	36
2016	0.610000014	199673	923.9417473	0.193822474	8579.896861	0.976775928	39
2017	0.629999995	194187.1	922.988912	0.19410703	8557.189331	0.976865579	37

Fuente: Datos seleccionados de la celda 80817 obtenidos de InfoPave Climate Tool de

LTPP

Tabla 21.
Datos de humedad MERRA para la sección de Evaluación.

Año	Promedio de Humedad relativa	Humedad Relativa Máxima	Humedad Relativa Mínima
2009	56	119	2
2010	58	124	2
2011	63	118	6
2012	64	121	6
2013	63	120	5
2014	63	117	7
2015	63	123	6
2016	61	118	5
2017	64	123	5
2018	67	120	7

Fuente: Datos seleccionados de la celda 80817 obtenidos de InfoPave Climate Tool de

LTPP

Como se puede observar en la tabla 6, de relevamiento de fallas de la sección de evaluación, se pueden tomar estos datos como rango en la herramienta de Análisis de Correlación ya que se estableció las características de la sección de evaluación para poder aplicar los filtros para mejor visualización y luego establecer los parámetros para saber si existe o no correlación.

Tabla 22.
Filtros de Visualización.

Valores para filtro		
Atributo	Min	Max
Edad	0	30
Tipo de Superficie	Concreto Asfáltico	
Precipitación Anual	1000	2500
Temperatura anual	0	20
Fractura Transversal	0	20
Fractura Longitudinal	0	200

Fuente: Datos propuestos basados en los obtenidos de InfoPave Climate Tool de LTPP y el relevamiento de datos.

4.1. PRECIPITACIÓN.

Con los datos establecidos en la tabla 11 para una mejor visualización se tiene para lo que es precipitación:

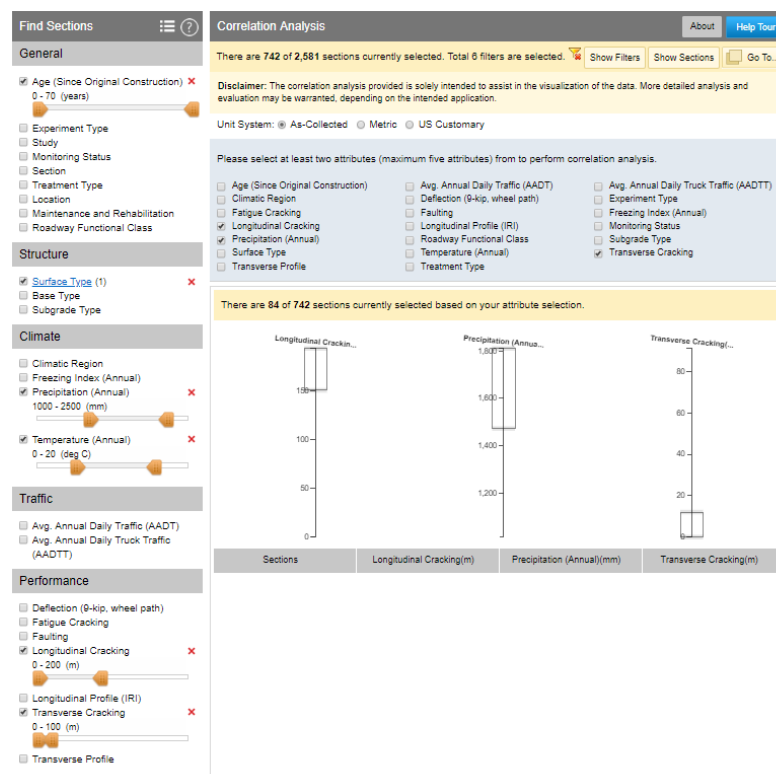


Figura 75. Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y precipitación.
Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

Como se puede observar claramente en la Figura 65, con los rangos establecidos de desempeño obtenido por el relevamiento de datos, y estableciendo un rango pertinente para la precipitación dentro del cual se encuentran los datos correspondientes a la sección de evaluación, NO se tiene correlación alguna entre ambos, ya que no existe ni una sola línea te tendencia. Tal como si se puede verificar también ampliando el rango de Desempeño a continuación:

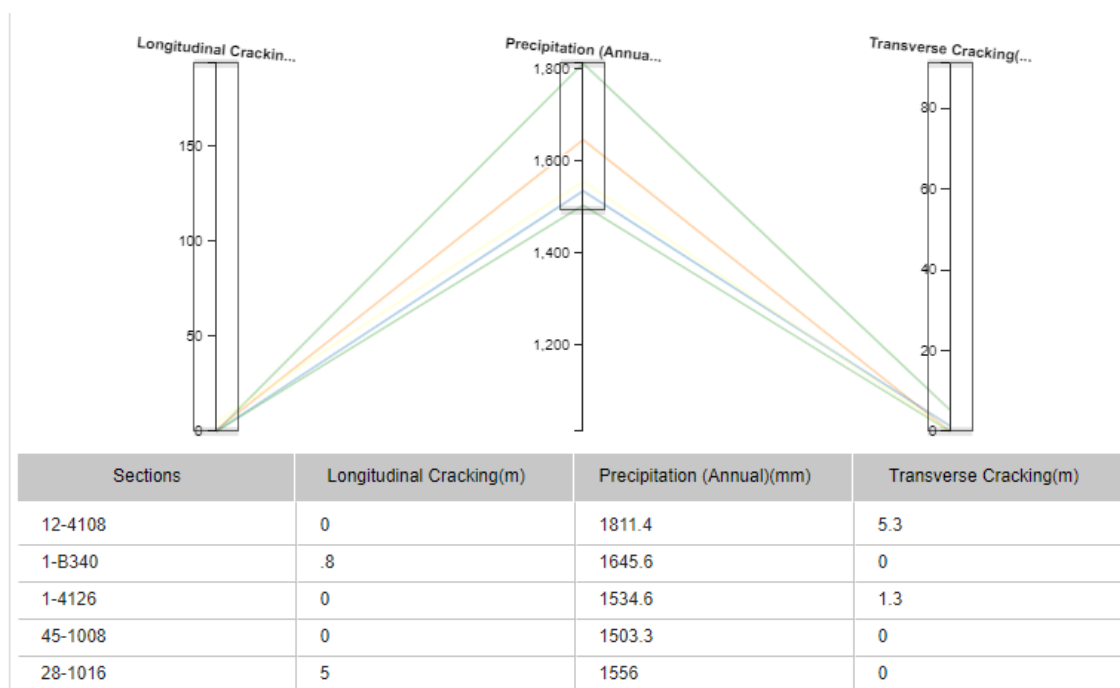


Figura 76. Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y precipitación con un rango ampliado de Fallas. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

En la Figura 76 puede visualizar claramente que la precipitación en el rango correspondiente a la sección de evaluación NO tiene correlación con los tipos de fallas halladas en la sección, a pesar de haberse ampliado el rango de desempeño (rango de las fallas a ambos lados), se puede ver que las fallas correspondientes a dicha precipitación son mínimos, es decir que a X rango de precipitación corresponde un número mínimo de fracturas longitudinales y Transversales como se ve en el cuadro de la parte inferior de la Figura 76.

4.2. TEMPERATURA.

De igual manera se realizó el análisis para la temperatura con filtros establecidos en la Tabla 11 y rangos establecidos aproximados al desempeño y temperatura de la recolección de datos y se obtuvo:

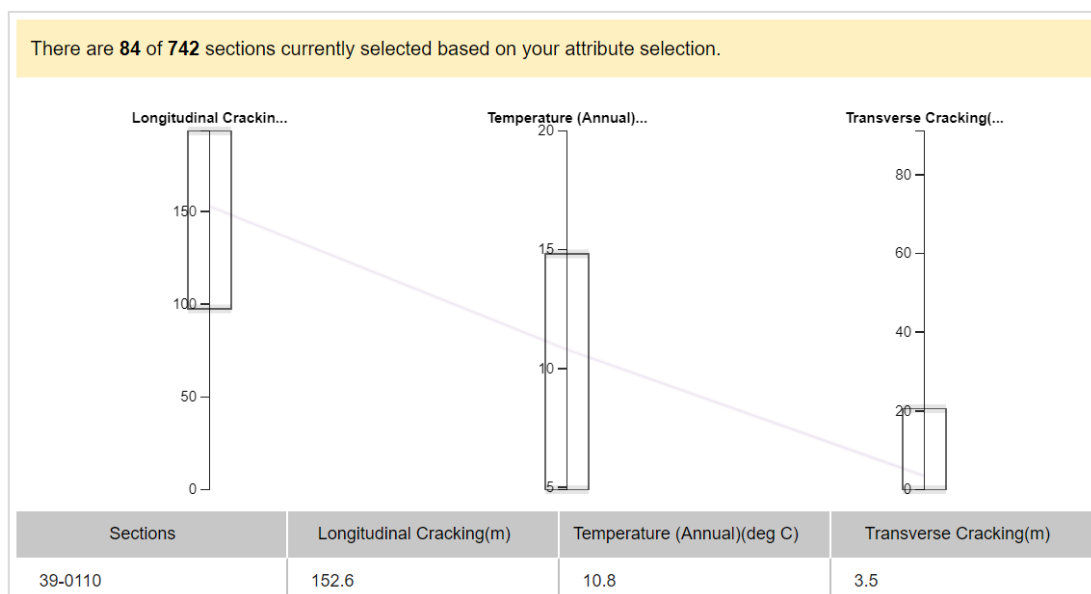


Figura 77. Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y temperatura.
Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

En la figura 77. se puede visualizar claramente que la temperatura en el rango correspondiente a la sección de evaluación tiene poca correlación o no la tiene con los tipos de fallas halladas en la sección.

Al ampliarse el rango de desempeño, se puede ver que las fallas correspondientes a dicha temperatura guardan cierta correlación:

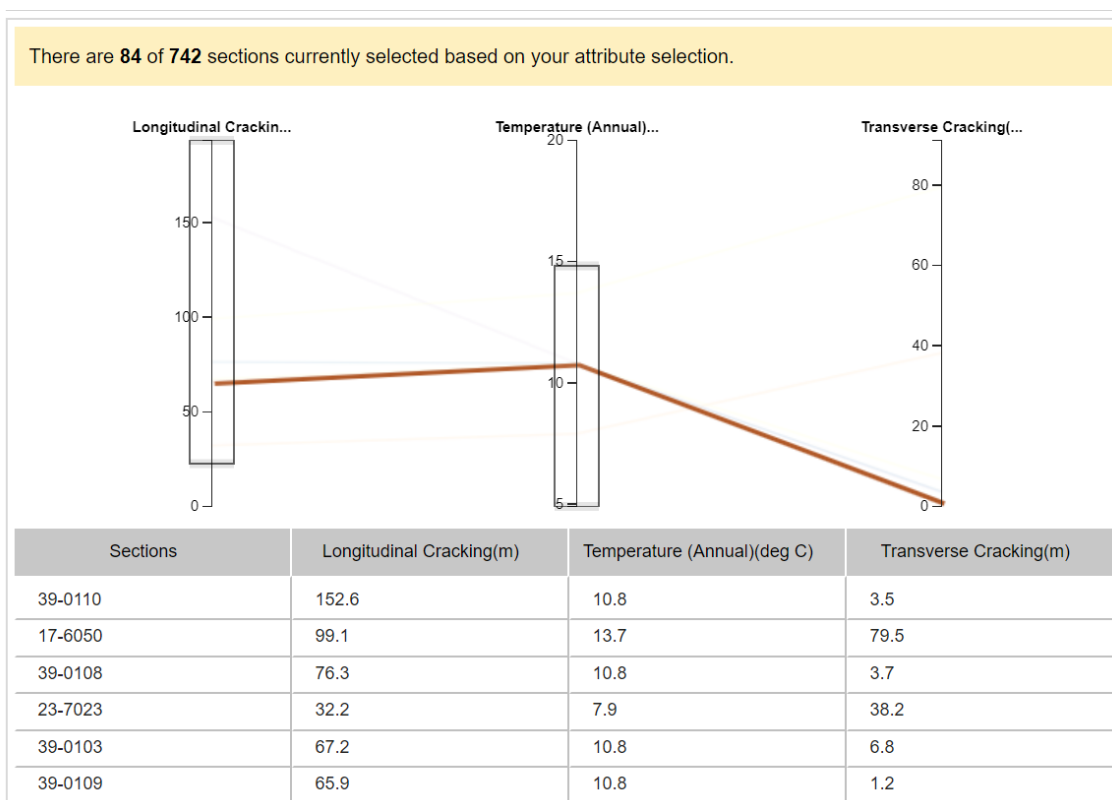


Figura 78. Análisis de correlación de InfoPave, entre el desempeño (fallas) y temperatura. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De donde se puede hallar los siguientes valores acorde a la tabla de la figura 78:

Tabla 23. Valores de Fractura Longitudinal y Fractura transversal en secciones con temperaturas similares.

Sección	Temperatura	Fractura longitudinal	Fractura Transversal
39-0110	10.8	152.6	3.5
39-0108	10.8	76.3	3.7
23-7023	7.9	32.2	38.2
39-0103	10.8	67.2	6.8
39-0109	10.8	65.9	1.2
80817	8.9	186	16.7

Nota. Fuente elaboración propia a partir de datos de Correlation Analysis de LTPP.

Para el análisis de correlación se usó el programa STATA 14 en el cual se realiza la comprobación de supuestos, en especial la distribución normal se tiene:

Tabla 24
 Resultado de la prueba de normalidad Shapiro – Wilk, para la temperatura.

Sección	Temperatura	Fractura longitudinal	Fractura Transversal
W	0.94145	0.87932	0.77675

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Correlation Analysis de LTPP y el uso del programa STATA 14.

Como se puede observar todos los valores tienen una distribución normal, por lo que se puede continuar con el análisis, respecto a la Temperatura vs Fractura Transversal se tiene:

A partir de la tabla 12, se puede realizar la siguiente regresión:

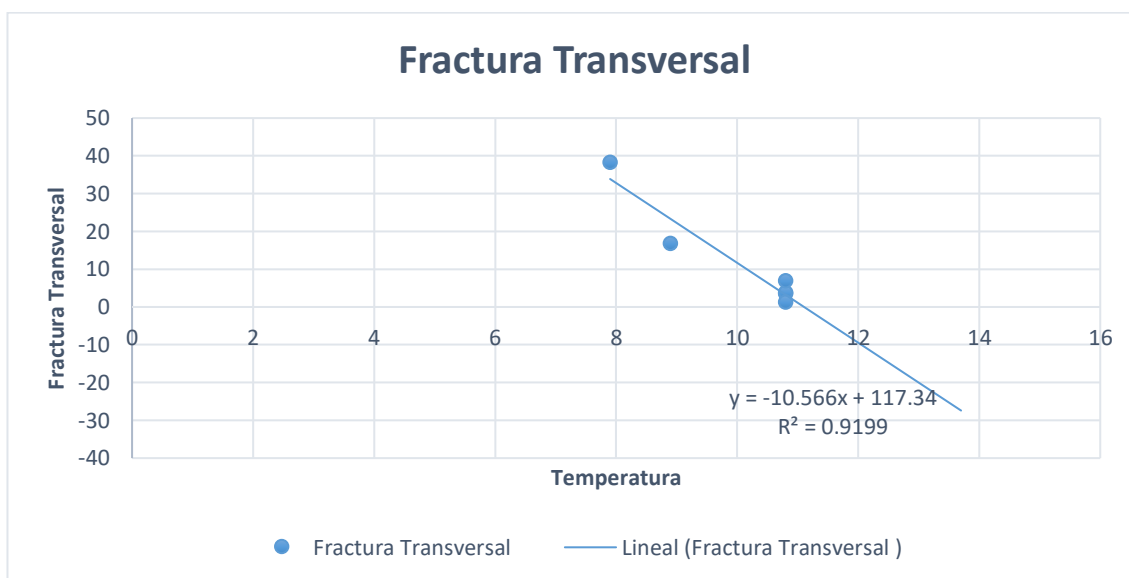


Figura 79. Valores de temperatura vs Fractura transversal con su respectiva regresión.
 Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos

De donde se puede observar que $R^2 = 0.9199$, de donde $r = -0.95911$, valor que, de acuerdo a la valoración de coeficiente de correlación, nos indica que: puede existir correlación inversa fuerte entre la temperatura anual media y la fractura transversal, así mismo de la prueba de hipótesis obtenemos que se tiene una significancia del 0.0025.

En lo que respecta a la fractura Longitudinal:

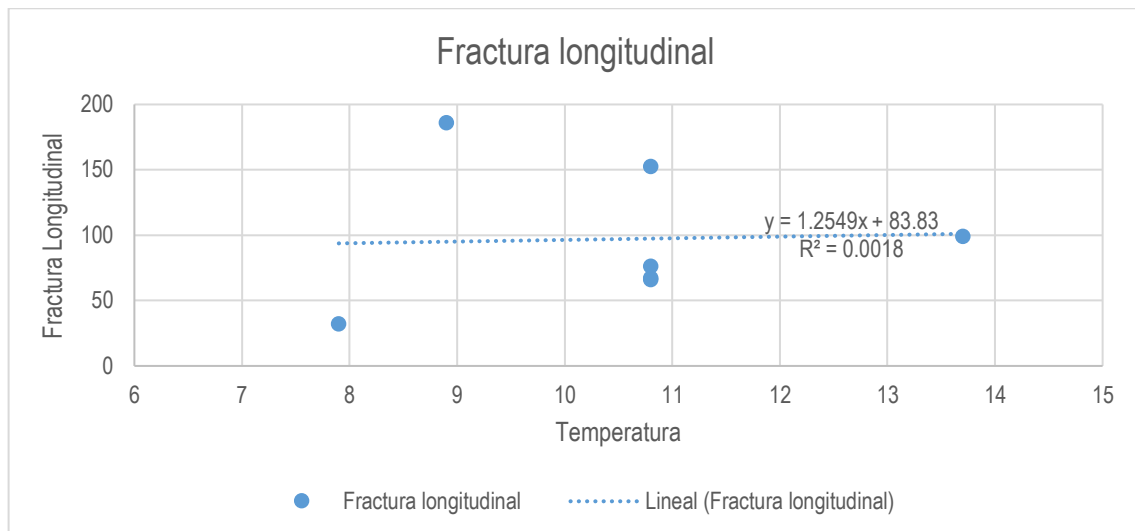


Figura 80. Valores de temperatura vs Fractura longitudinal con su respectiva regresión.
Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De donde se puede observar que $R^2 = 0.0018$, de donde $r = 0.0424$, valor que, de acuerdo a la valoración de coeficiente de correlación, nos indica que: No Existe correlación entre la temperatura anual media y la fractura longitudinal, asimismo no es necesario hacer una prueba de hipótesis para esta correlación lineal. En lo que respecta a otras líneas de tendencia, ninguna tiene un coeficiente de determinación significativo como para ser considerado en el análisis.

Cabe aclarar que estos datos fueron tomados estableciendo un rango más amplio a los atributos relacionados con el desempeño (fractura transversal y fractura longitudinal) por lo que se entiende que se está asumiendo mayores valores para los mismos como similares, por lo que los datos a partir de este supuesto tienen que ser comprobados con mayores análisis.

4.3. VIENTO

Como el programa de análisis de Correlación no tiene en sus atributos para la mejor visualización, se usarán los datos correspondientes a las secciones cuales llevan relación con el desempeño de la sección estudiada en este trabajo, es decir con:

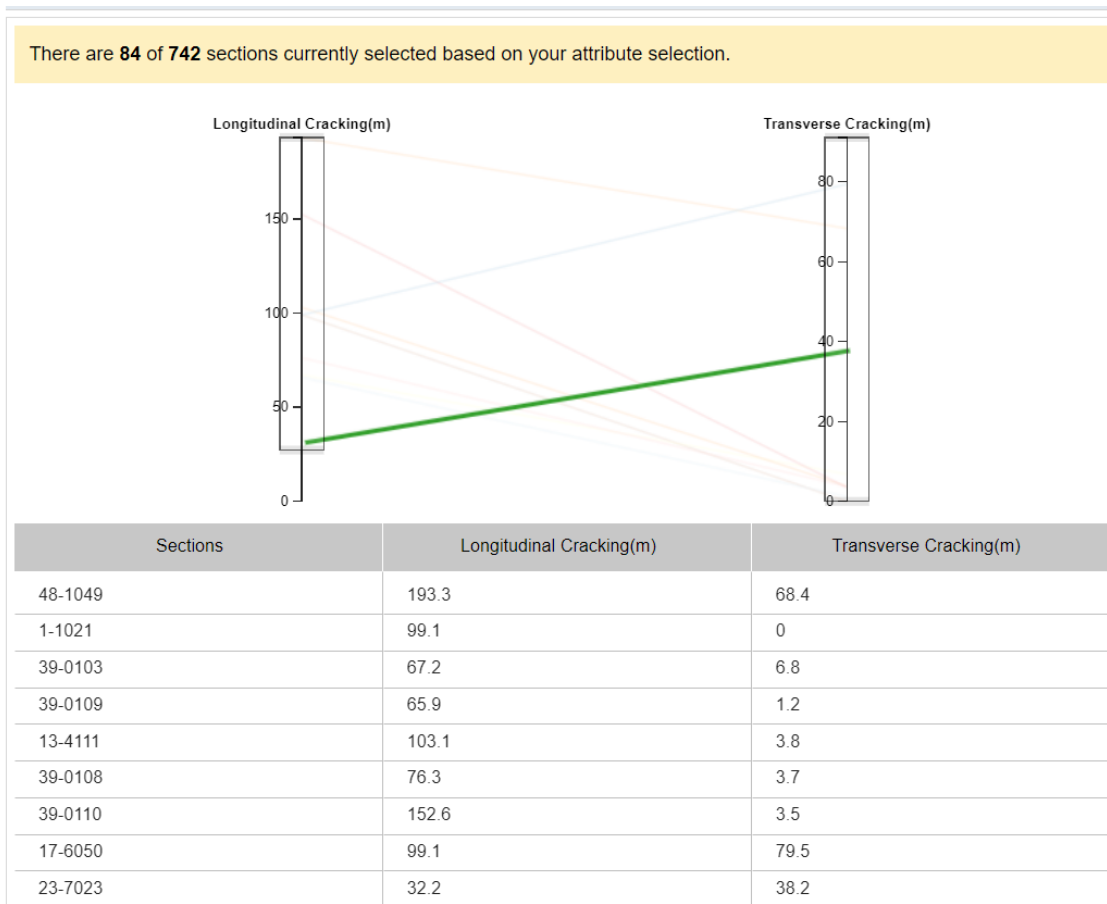


Figura 81. Análisis de correlación de InfoPave, entre fracturas longitudinales y fracturas Transversales. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De donde se puede observar las secciones que llevan relación, las cuales al pertenecer a LTPP, se puede obtener su información fácilmente:

Tabla 25.
Datos de MERRA de las secciones similares a la sección de evaluación.

Sección	Fractura Longitudinal	Fractura Transversal	CODIGO MERRA	Viento	% Nublado	Superficie Onda corta	Humedad promedio
1-1021	99.1	0	135511	2	0.45	151041	79
39-0103	67.2	6.8	144732	3	0.54	134256.6	76
39-0109	65.9	1.2	144732	3	0.54	134256.6	76
13-4111	103.1	3.8	137243	3	0.44	152024.7	76
39-0108	76.3	3.7	144732	3	0.54	134256.6	76
39-0110	152.6	3.5	144732	3	0.54	134256.6	76
17-6050	13.7	99.1	142417	2	0.45	142757	71
39-0107	10.8	76.3	144732	3	0.54	134256.6	76
23-7023	7.9	32.2	149939	0	0.55	120417.2	81
34000	186	16.7	80817	2	0.63	194187.1	64

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos MERRA y Análisis de correlación de LTPP.

De igual forma para continuar con el análisis se tiene que comprobar la normalidad de los datos, para lo cual se usó el método de Shapiro-Wilk mediante el programa STATA, de lo que se obtuvo:

Tabla 26
Resultado de la prueba de normalidad Shapiro – Wilk, para Viento Nublado Superficie de Onda corta Humedad.

Variable	W
Fractura longitudinal	0.92526
Fractura transversal	0.71877
Viento	0.62636
Nublado	0.89419
Superficie de Onda corta	0.80187
Humedad	0.95887

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Correlation Analysis de LTPP y el uso del programa STATA 14.

Al igual que el caso anterior, se tiene que todas las variables presentan distribuciones normales, por lo que se puede continuar con el análisis.

Entonces ya teniendo los valores de viento se puede obtener la relación entre Viento y Fractura Longitudinal:

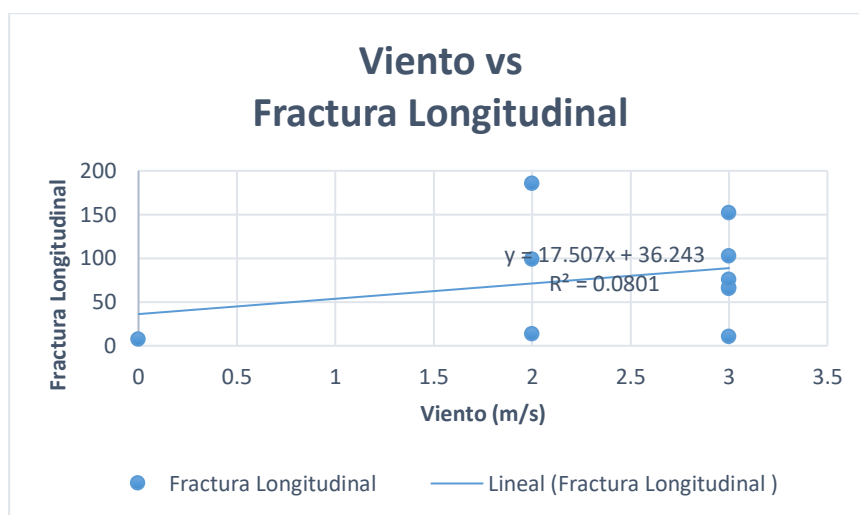


Figura 82. Valores de Viento vs Fractura longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De la Figura 82, se puede observar que $R^2 = 0.0801$, por lo que $r = 0.2830$, lo que indica que puede existir una correlación débil entre los datos de Viento de MERRA para la sección de evaluación y la fractura longitudinal, pero debido a la prueba de hipótesis realizada y la significancia de 0.4281, se rechaza la hipótesis, por lo que No existe correlación.

Igualmente, para la relación entre el viento y la Fractura Transversal.

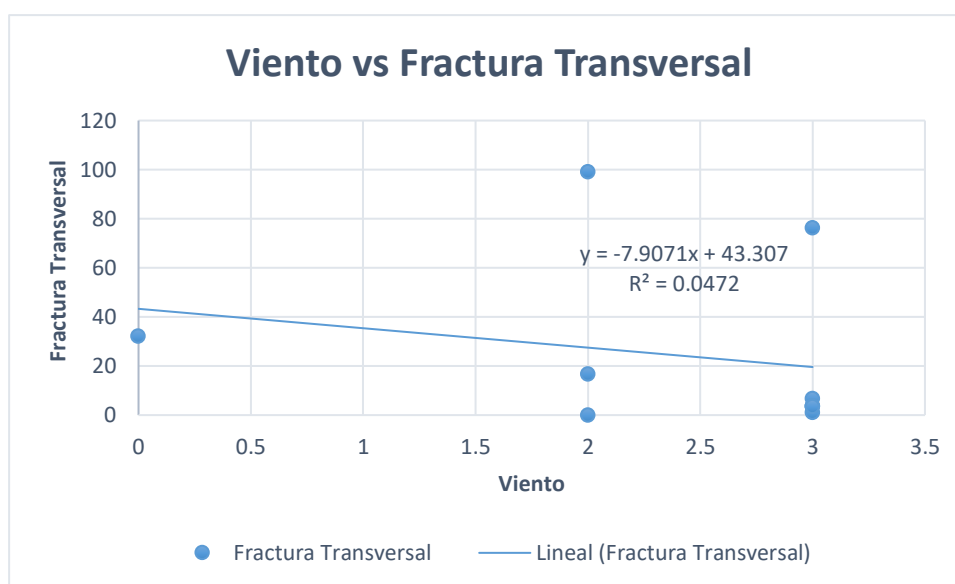


Figura 83. Valores de Viento vs Fractura transversal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos

De la Figura 83, se puede observar que $R^2 = 0.0472$, por lo que $r = -0.21725$, lo que indica que puede existir una correlación débil entre los datos de Viento de MERRA para la sección de evaluación y la fractura Transversal, pero debido a la prueba de hipótesis realizada y la significancia de 0.5466, se rechaza la hipótesis, por lo que No existe correlación.

4.4. HUMEDAD

De igual forma, al no encontrar datos para poder realizar el análisis de correlación de LTPP, se procedió a usar los datos ya mencionados en la Tabla 13 de donde se obtiene para la relación entre la Fractura Longitudinal y Humedad del Aire:

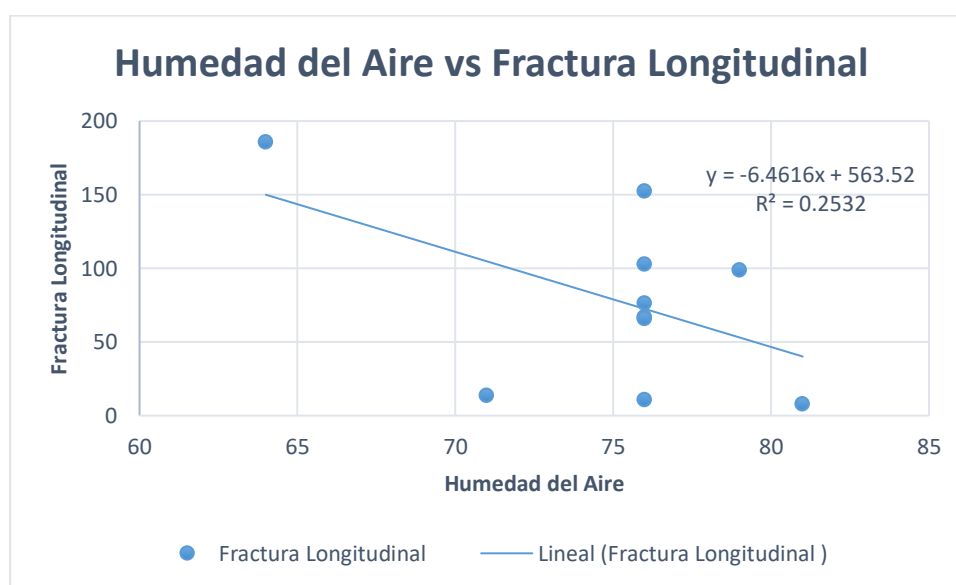


Figura 84. Valores de Humedad del aire vs Fractura Longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De la Figura 84, se puede observar que $R^2 = 0.2532$, por lo que $r = 0.503189$, lo que indica que puede existir una correlación débil entre los datos de Humedad de MERRA para la sección de evaluación y la fractura Longitudinal. pero debido a la prueba de hipótesis realizada y la significancia de 0.1382, se rechaza la hipótesis, por lo que No existe correlación.

También para la relación entre la Humedad de Aire y Fractura transversal:

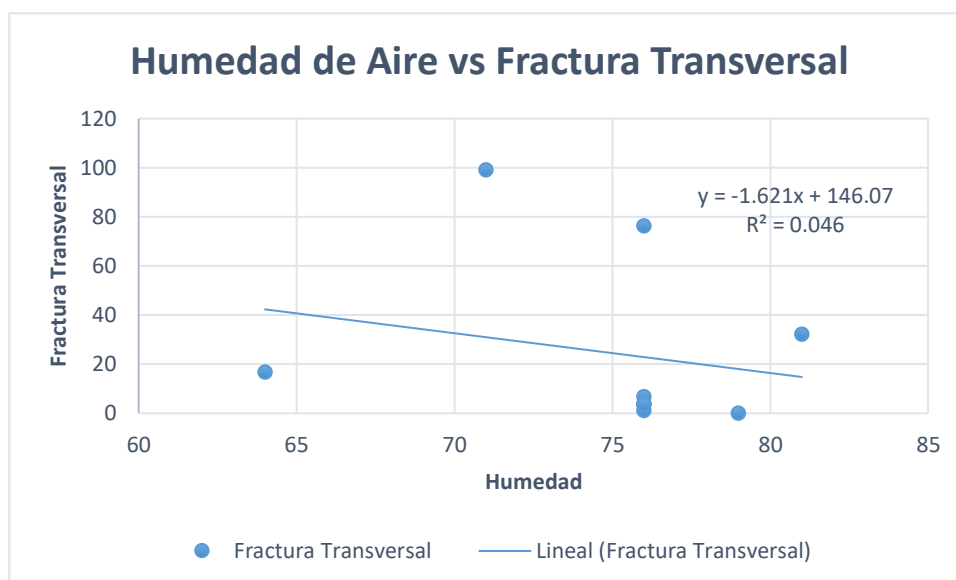


Figura 85. Valores de Humedad del aire vs Fractura transversal con su respectiva regresión.
Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De la Figura 85, se puede observar que $R^2 = 0.046$, por lo que $r = 0.21$, lo que indica que existe una correlación débil. Lo que indica que puede existir una correlación débil entre los datos de Humedad de MERRA para la sección de evaluación y la fractura Transversal. pero debido a la prueba de hipótesis realizada y la significancia de 0.5517, se rechaza la hipótesis, por lo que No existe correlación.

4.5. SOLAR

De igual forma, al no encontrar datos para poder realizar el análisis de correlación de LTPP, se procedió a usar los datos ya mencionados en la Tabla 13, de donde se obtiene para la relación entre la Fractura Longitudinal y Superficie de Onda corta.

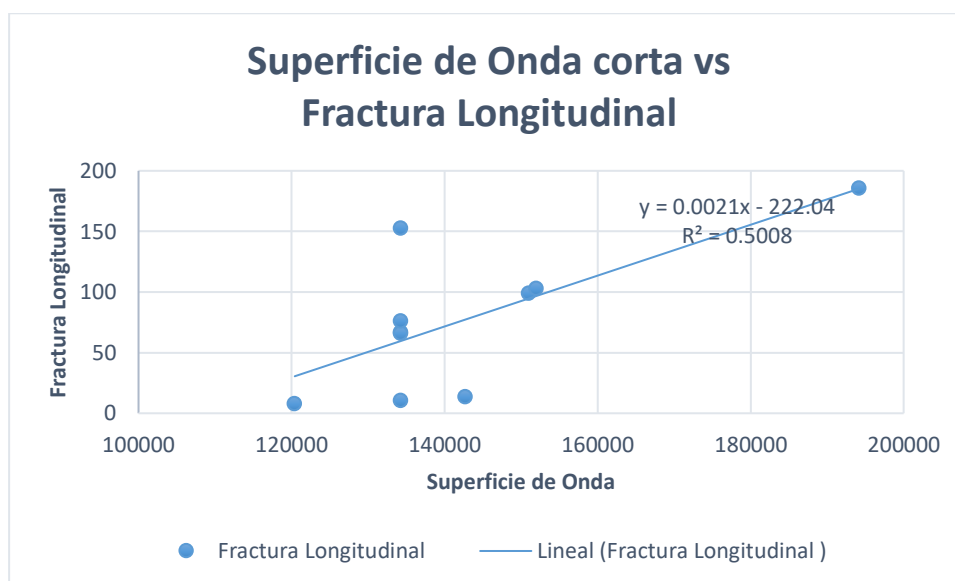


Figura 86. Valores de Superficie de Onda corta vs Fractura longitudinal con su respectiva regresión. Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De la Figura 86, se puede observar que $R^2 = 0.5008$, por lo que $r = 0.70$, lo que indica que puede existir una correlación media entre los datos de Superficie de Onda corta de MERRA para la sección de evaluación y la fractura Transversal, hipótesis que es aceptada debido a que la significancia calculada mediante la prueba de hipótesis es de 0.022.

También para la relación entre la Superficie de Onda corta y la Fractura Transversal.

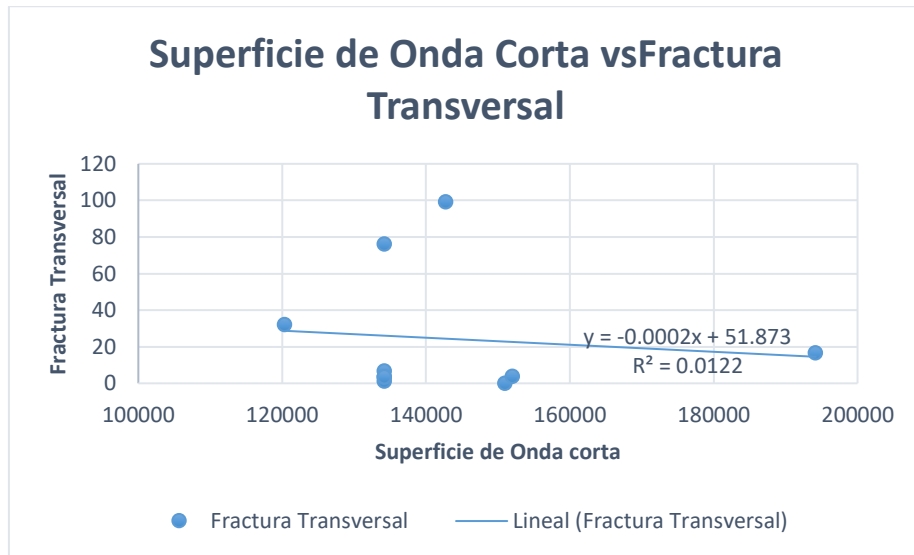


Figura 87. Valores de Humedad del aire vs Fractura transversal con su respectiva regresión Fuente: elaboración propia a partir de la recolección de datos.

De la Figura 87, se puede observar que $R^2 = 0.0122$, por lo que $r = 0.078$, lo que indica que no existe correlación entre la superficie de Onda corta y la Fractura transversal en la sección de evaluación.

En resumen, se tiene que:

Tabla 27
Resumen del resultado de correlación y su respectiva significancia.

	Fractura Transversal	Fractura Longitudinal
Precipitación	No existe correlación lineal	No existe correlación lineal
Temperatura	Si existe una correlación inversa lineal fuerte $r = -0.95911$ con significancia $p = 0.0025$	No existe correlación lineal.
Viento	No existe correlación lineal	No existe correlación lineal
Humedad	No existe correlación lineal	No existe correlación lineal
Superficie de Onda Corta	No existe correlación lineal	Si existe correlación lineal media con $r = 0.7077$ con significancia $p = 0.0220$

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

En Concordancia de los resultados obtenidos y del análisis realizado en la presente investigación se puede mencionar las siguientes conclusiones

-No existe correlación evidente entre los Datos climáticos de LTPP de precipitación con las fallas (fractura longitudinal y fractura transversal) de la sección de evaluación en la carretera Juliaca Azángaro, sector Mataro – Azángaro.

-Existe correlación negativa fuerte entre los datos climáticos de LTPP correspondientes a la temperatura promedio anual y las fracturas transversales de la sección de evaluación en la carretera Juliaca Azángaro, sector Mataro – Azángaro. Sin embargo, existe correlación evidente entre los Datos climáticos de LTPP de Temperatura con la fractura longitudinal de la sección de evaluación en la carretera Juliaca Azángaro, sector Mataro – Azángaro.

-No existe correlación entre los Datos climáticos de LTPP de viento con las fallas (fractura longitudinal y fractura Transversal) de la sección de evaluación en la carretera Juliaca Azángaro, sector Mataro – Azángaro.

-No existe correlación entre los Datos climáticos de LTPP de Humedad con las fallas (fractura longitudinal y fractura Transversal) de la sección de evaluación en la carretera Juliaca Azángaro, sector Mataro – Azángaro.

-Existe correlación lineal media entre los Datos climáticos de LTPP de superficie de onda corta con la fractura longitudinal de la sección de evaluación en la carretera Juliaca Azángaro, sector Mataro – Azángaro. Sin

embargo, No existe una correlación entre los Datos climáticos de LTPP de superficie de onda cota con la fractura transversal

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

A los siguientes usuarios de InfoPave de LTPP, se le sugiere hacer uso de los datos de clima solo como registro de datos de años anteriores puesto que la actualización de datos tarda en ser llevada a cabo, por lo que, a pesar de ser datos confiables, no tienen característica oportuna.

A las investigaciones posteriores que hagan uso del relevamiento de datos realizado en este trabajo, se les sugiere realizar un reconocimiento del terreno previo a la ubicación del sector de evaluación, además de caracterizar el sector (ancho de carril, huella de llanta, berma, etc.) para tener facilidad al llenado, o inclusive, tener las encuestas preparadas con estas características.

A los centros de formación, se les sugiere promover el uso de herramientas innovadoras como las del programa LTPP, que permiten el crecimiento del conocimiento de manera firme y fiable, siendo este trabajo solo una pequeña muestra del gran potencial de análisis que se puede lograr con el uso de toda la información a disposición y de manera gratuita.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho Garita , E., Quirós, M., & Aguiar M, J. (2016). *Informe de Avance LTPP - CR 2016*. Universidad de Costa Rica, San José.
- Cerron Meza, D. A. (2011). *Proyectos de Microemprendimiento y su influencia en el bienestar de las personas adultas mayores en Lima metropolitana*. Lima, Peru.
- Congreso de la Republica del Perú. (14 de diciembre de 1984). Ley n.º 24031 Ley del Servicio Nacional de Metereología e Hidrología. Lima, Lima, Peru: El Peruano.
- Consortio San Juan. (2006). *Carretera Puno - Desaguadero; tramo Puno - Ilave*. Puno, Puno, Peru .
- Elkins, G., Thompson, T., Ostrom, B., & Visintine, B. (2018). *Information Management System User Guide*. Washington DC: Federal Highway Administration.
- Espinoza Juro, P., & Vildoso Flores, J. (2014). *Estudio de la Técnica de Reciclado con Asfalto espumado en las carreteras la Oroya - Chicrin - huánuco - Tingo María - Dv Tocache y Conococha - Yanacancha*. Univerisdad Ricardo Palma, Lima - Peru.
- Fallas, J. (2012). *Prueba de Hipótesis*.
- Federal Highway Administration. (2015). *The Long-Term Pavement Performance Program*. Washington DC: Federal Highway Administration.

- Federal Highway Administration. (2017). Product Brief LTPP Climate Tool. *FHWA-HRTM*, 4.
- Federal Highway Administration. (2018). *Long-Term Pavement Performance Climate Tool User Guide*. Washington DC: Federal Highway Administration.
- Restrepo B, L. F., & González L, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.*, 185-186.
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (1 de julio de 2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 1-26.
- SENAMHI. (14 de setiembre de 2018). Texto Único de Servicios No Exclusivos. Lima, Lima, Perú.
- Sotil Chávez, A. (2009). *Sistematización de Información sobre Diseño, Gestión, Construcción y reparación de Pavimentos Urbanos*. Lima, Lima, Peru : SENCICO.



ANEXOS

Revised Dec 1992; Jan 1999; Feb 2002; Jul 2010

SHEET 1

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP SECTION ID _____

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) _____/_____/_____

SURVEYORS: CJP, _____ PHOTOS, VIDEO, OR BOTH WITH SURVEY (P,V,B) _____

PAVEMENT SURFACE TEMP - BEFORE _____°C; AFTER _____°C

----- SEVERITY LEVEL -----

DISTRESS TYPE	LOW	MODERATE	HIGH
CRACKING			
1. FATIGUE CRACKING (SQUARE METERS)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
2. BLOCK CRACKING (SQUARE METERS)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
3. EDGE CRACKING (METERS)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
4. LONGITUDINAL CRACKING			
4a. Wheelpath (Meters)	<u>186.0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>186.0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
4b. Non-Wheelpath (Meters)	<u>4.1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>4.1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
5. REFLECTION CRACKING AT JOINTS	Not Recorded		
6. TRANSVERSE CRACKING			
Number of Cracks	<u>4</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Length (Meters)	<u>16.7</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Length Sealed	<u>16.7</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
PATCHING AND POTHOLES			
7. PATCH/ PATCH DETERIORATION			
(Number)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
(Square Meters)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
8. POTHOLES			
(Number)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
(Square Meters)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>



Revised April 23, 1993; September 1998; June 1999

SHEET 2

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP ID _____

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) ___/___/___

SURVEYORS: ___/___

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES
(CONTINUED)

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
SURFACE DEFORMATION			
9. RUTTING - REFER TO SHEET 3 FOR SPS - 3 FOR FORM S1 SEE DIPSTICK MANUAL			
10. SHOVING (Number) (Square Meters)			_____ _____
SURFACE DEFECTS			
11. BLEEDING (Square Meters)			_____ _____
12. POLISHED AGGREGATE (Square Meters)			_____ _____
13. RAVELING (Square Meters)			_____ _____
MISCELLANEOUS DISTRESSES			
14. LANE-TO-SHOULDER DROPOFF - NOT RECORDED			
15. WATER BLEEDING AND PUMPING (Number) Length of Affected Pavement (Meters)			_____ _____
16. OTHER (Describe)			_____ _____ _____

Revised May 29, 1992: September 1998

SHEET 3
 DISTRESS SURVEY
 LTPP PROGRAM

STATE CODE _____
 SHRP ID _____

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) ___/___/___

SURVEYORS: ___/___

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES
(CONTINUED)

9. RUTTING (FOR SPS-3 SURVEYS)

INNER WHEEL PATH			OUTER WHEEL PATH		
Point No.	Point Distance ¹ (Meters)	Rut Depth (mm)	Point No.	Point Distance ¹ (Meters)	Rut Depth (mm)
1	0.0	___	1	0.0	___
2	15.25	___	2	15.25	___
3	30.5	___	3	30.5	___
4	45.75	___	4	45.75	___
5	61.0	___	5	61.0	___
6	76.25	___	6	76.25	___
7	91.5	___	7	91.5	___
8	106.75	___	8	106.75	___
9	122.0	___	9	122.0	___
10	137.25	___	10	137.25	___
11	152.5	___	11	152.5	___

14. LANE-TO-SHOULDER DROPOFF -- Not Recorded

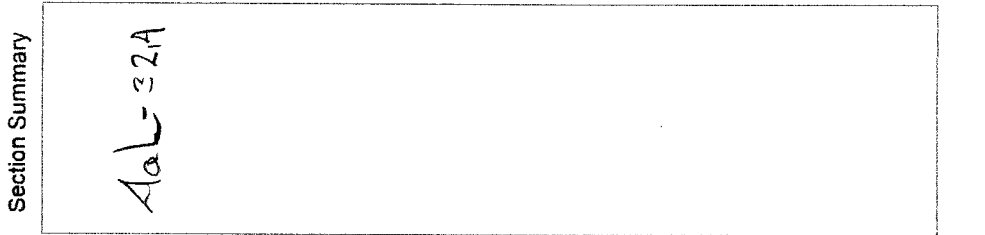
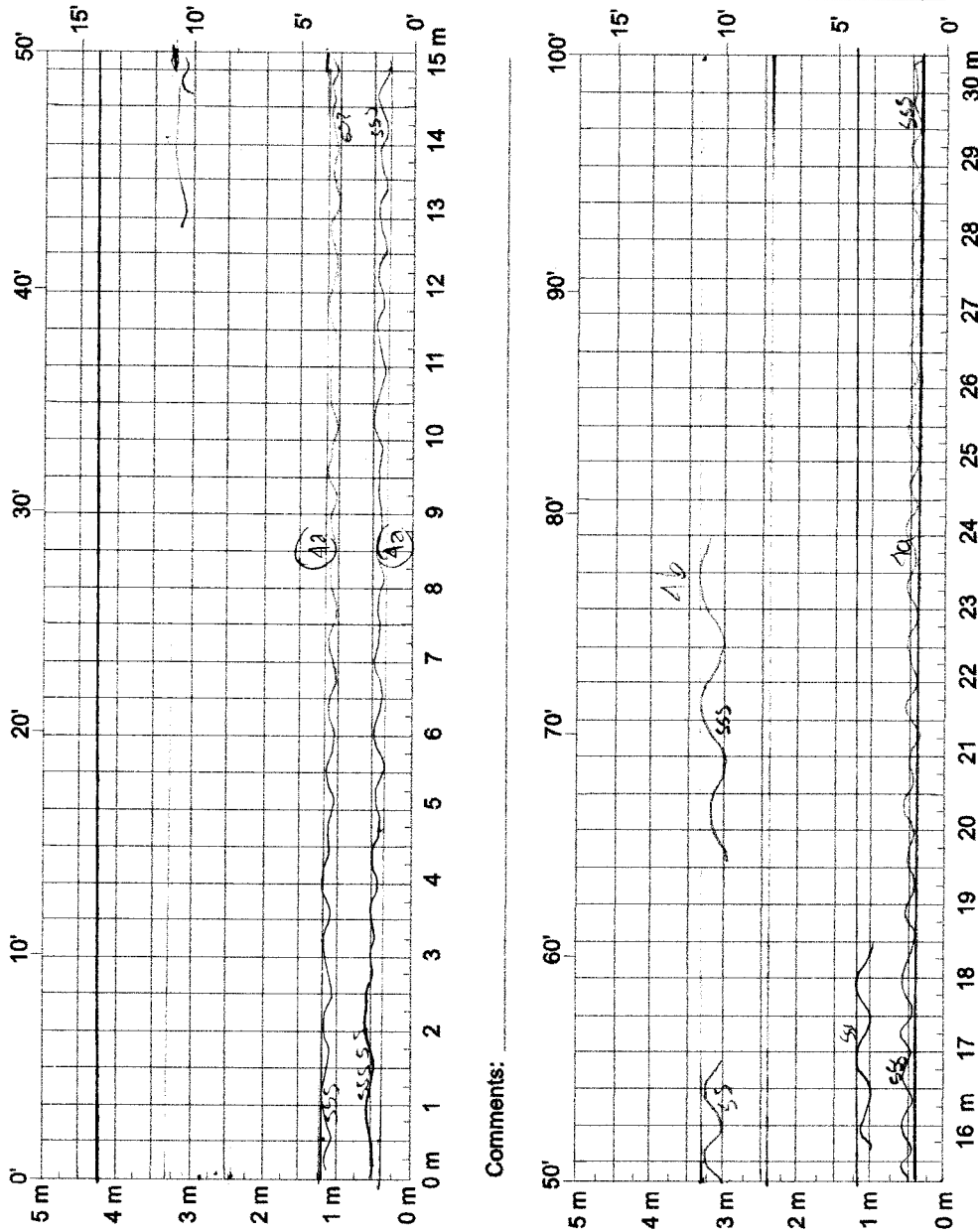
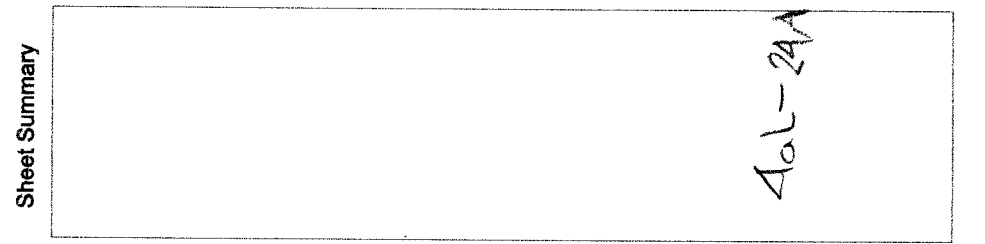
Note 1: "Point Distance" is the distance in meters for the start of the test section to the point where the measurement was made. The values shown are approximate S1 equivalents of the 50 ft spacing used in previous surveys.

OWP _____
IWP _____
LW = _____

State Code _____
SHRP Section ID _____

Pavement Temp: _____
Before _____ After _____

Reviewer: CITB Surveyors: CITB
Date: 24/11/2018 Date: 24/11/2018

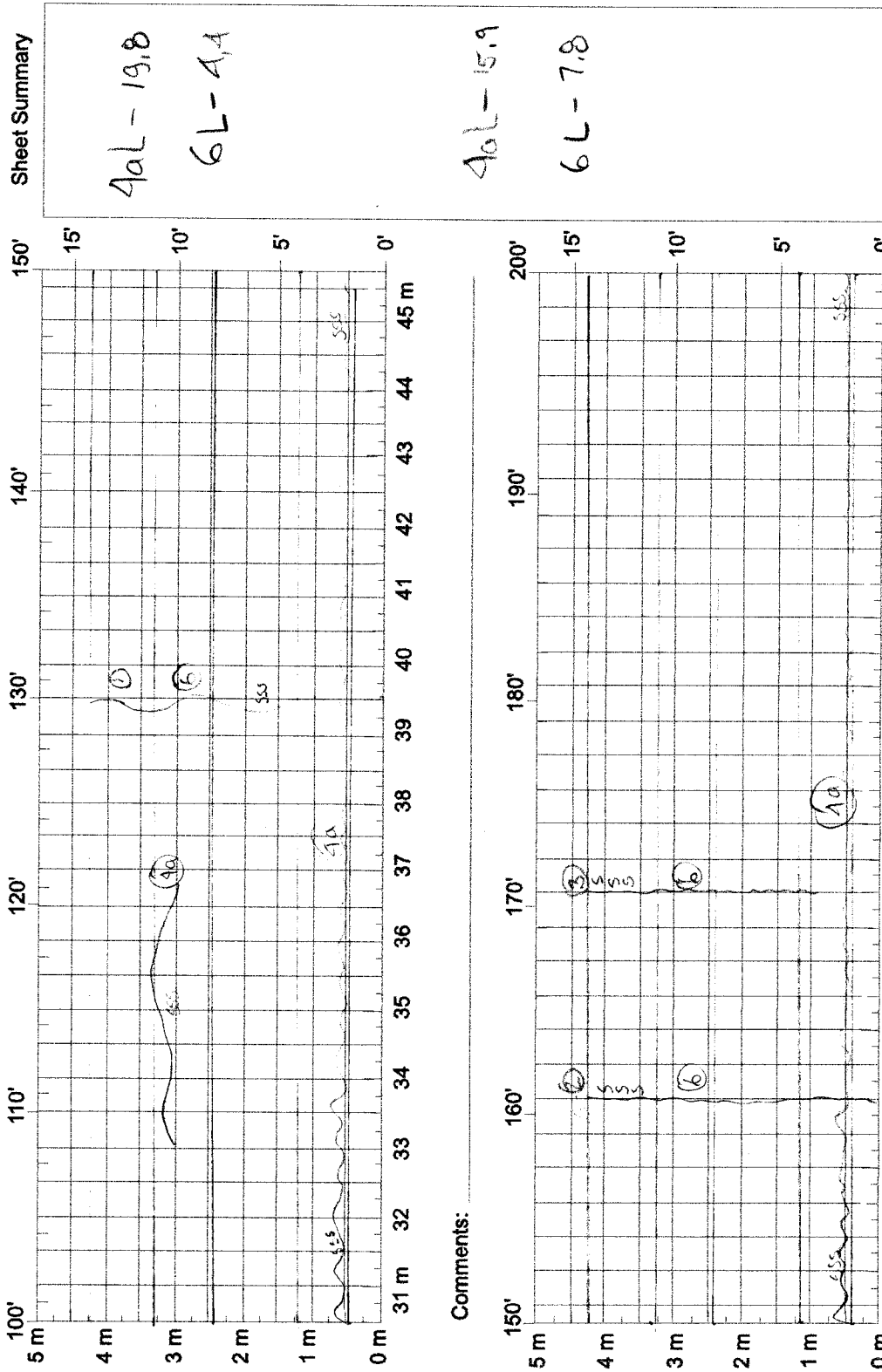


Comments:

Comments:

Reviewer: CJIB Surveyors: CJIB
 Date: 24/11/2018 Date: 24/11/20

State Code _____
 SHRP Section ID _____



Comments:

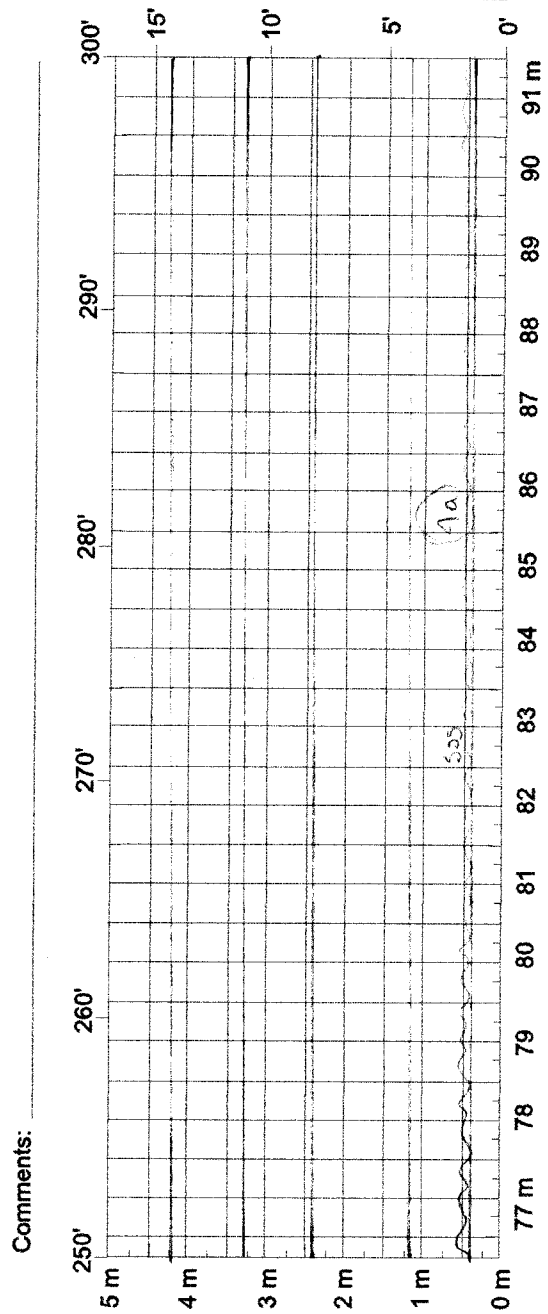
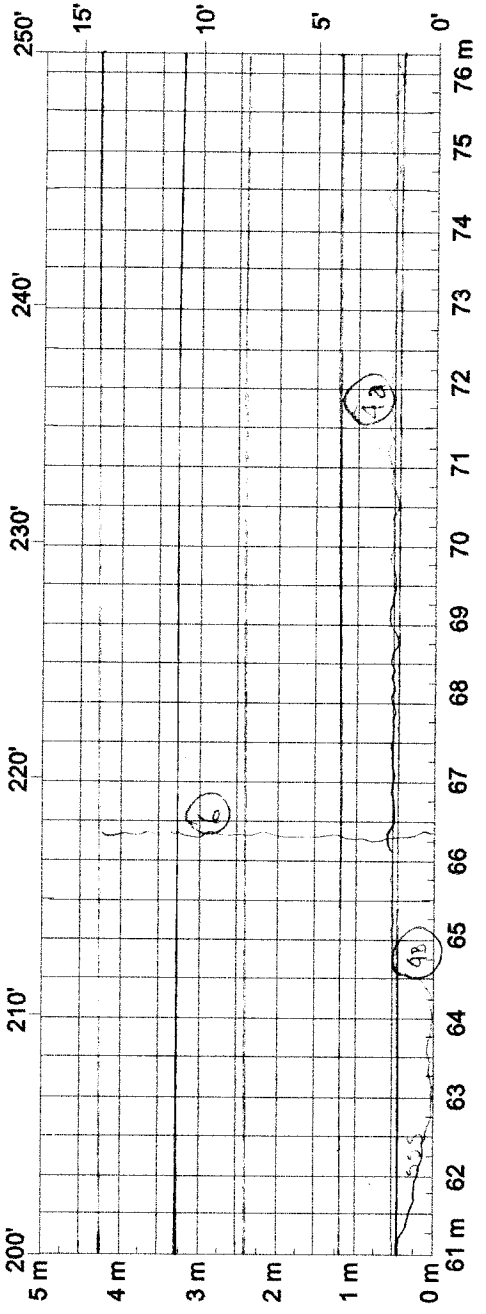
Comments:

Reviewer: CJT Surveyors: CJT
 Date: 24/11/2018 Date: 24/11/2018
 State Code: _____
 SHRP Section ID: _____

Sheet Summary

4aL-11.7
 4bL-4.1
 6L-4.5

4aL-15.7



Comments:

Comments:

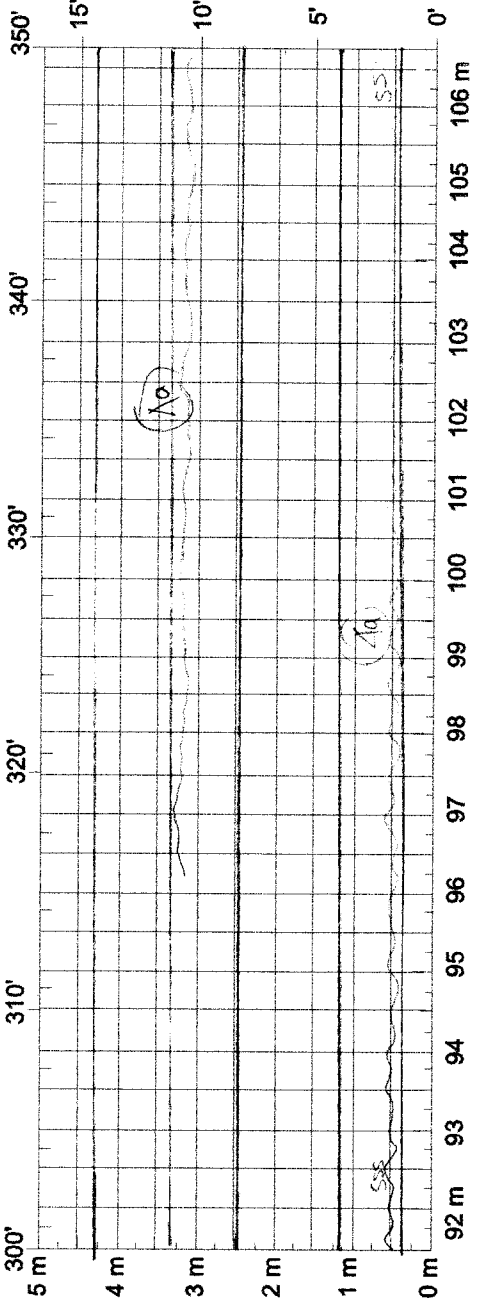
Reviewer: _____ State Code _____

Date: ___/___/20___ SHRP Section ID _____

Surveyors: _____

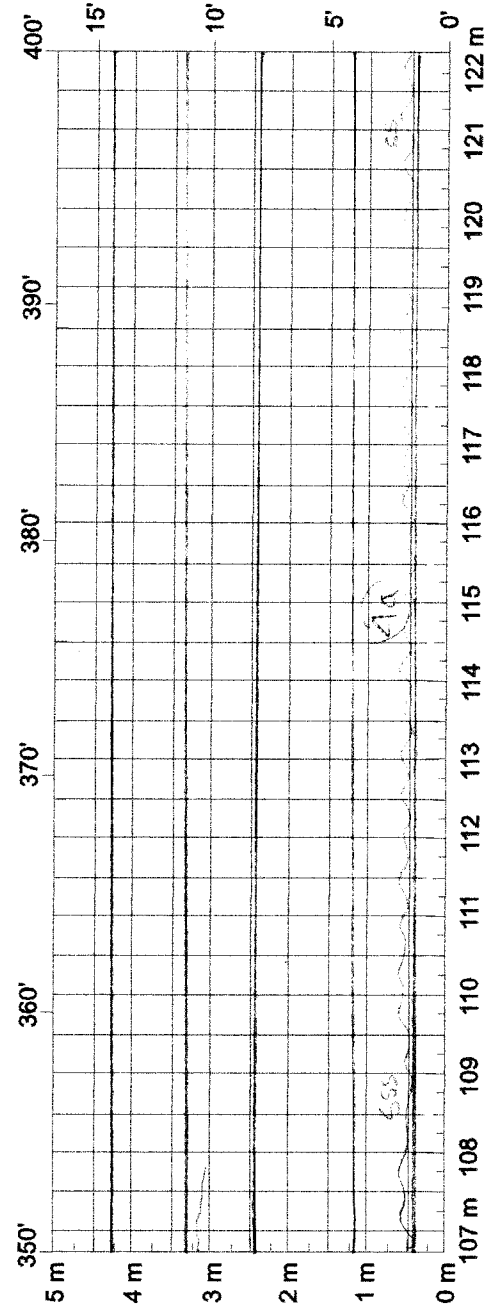
Date: ___/___/20___

Sheet Summary
4aL-26,6



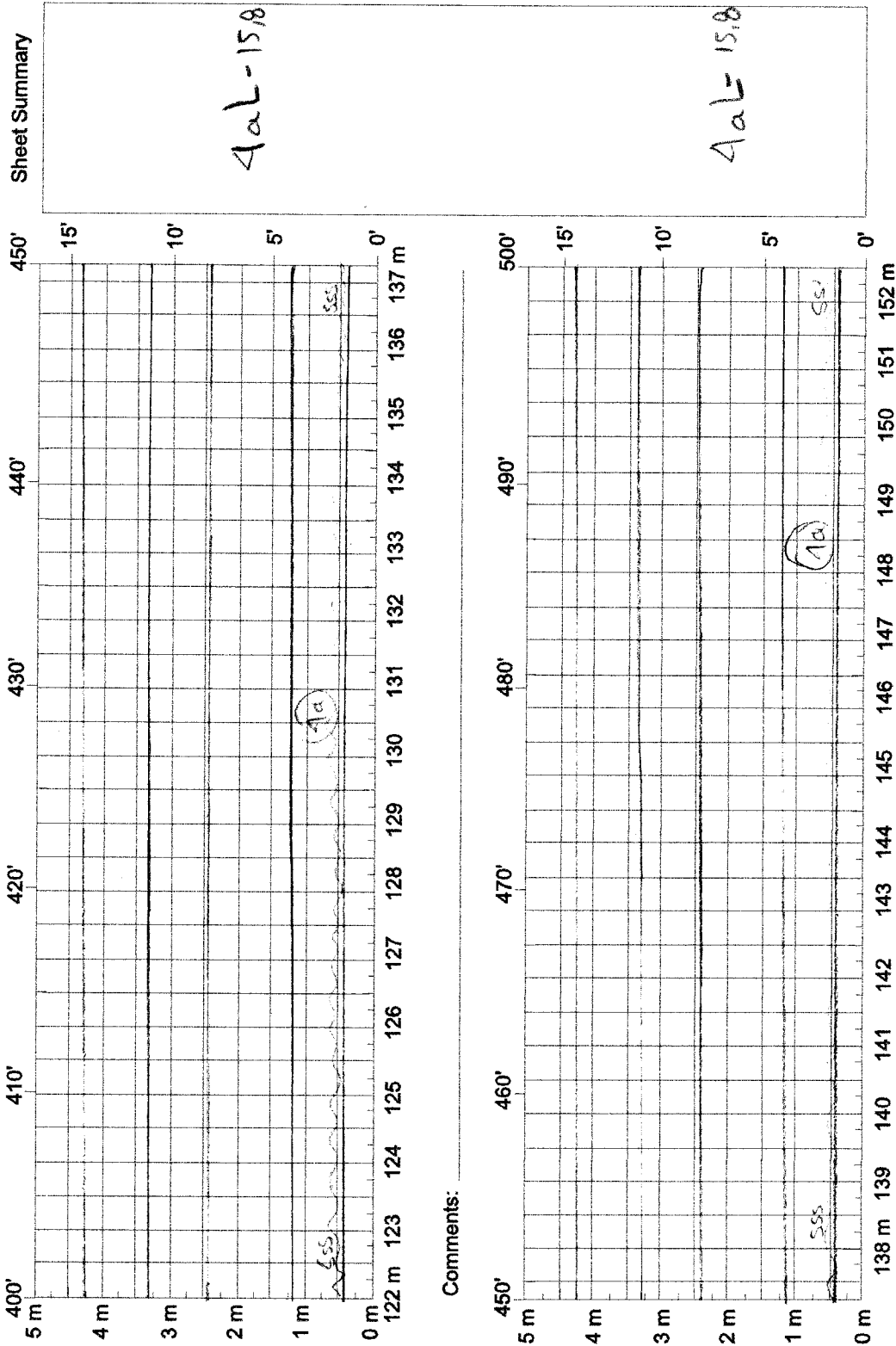
Comments: _____

Sheet Summary
4aL-16,9



Comments: _____

Reviewer: _____ Surveyors: _____ State Code _____
 Date: ___/___/20___ Date: ___/___/20___ After _____
 Pavement Temp: _____
 SHRP Section ID _____



4al-15.8

4al-15.8

Sheet Summary

Comments: _____

Comments: _____

Revised Dec 1992; Jan 1999; Feb 2002; Jul 2010

SHEET 1

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP SECTION ID _____

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) _____

SURVEYORS: _____ PHOTOS, VIDEO, OR BOTH WITH SURVEY (P,V,B) _____

PAVEMENT SURFACE TEMP - BEFORE _____ °C; AFTER _____ °C

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
CRACKING			
1. FATIGUE CRACKING (SQUARE METERS)	0	0	0
2. BLOCK CRACKING (SQUARE METERS)	0	0	0
3. EDGE CRACKING (METERS)	0	0	0
4. LONGITUDINAL CRACKING			
4a. Wheelpath (Meters)	197.6	0	0
Length Sealed (Meters)	197.4	0	0
4b. Non-Wheelpath (Meters)	0	0	0
Length Sealed (Meters)	0	0	0
5. REFLECTION CRACKING AT JOINTS	Not Recorded		
6. TRANSVERSE CRACKING			
Number of Cracks	6	0	2
Length (Meters)	11.2	0	5.6
Length Sealed	2.5	0	6.6
PATCHING AND POTHOLES			
7. PATCH/ PATCH DETERIORATION (Number)	0	0	0
(Square Meters)	0	0	0
8. POTHOLES (Number)	0	0	0
(Square Meters)	0	0	0



Revised April 23, 1993; September 1998; June 1999

SHEET 2

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP ID _____

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) ____/____/____

SURVEYORS: _____/_____

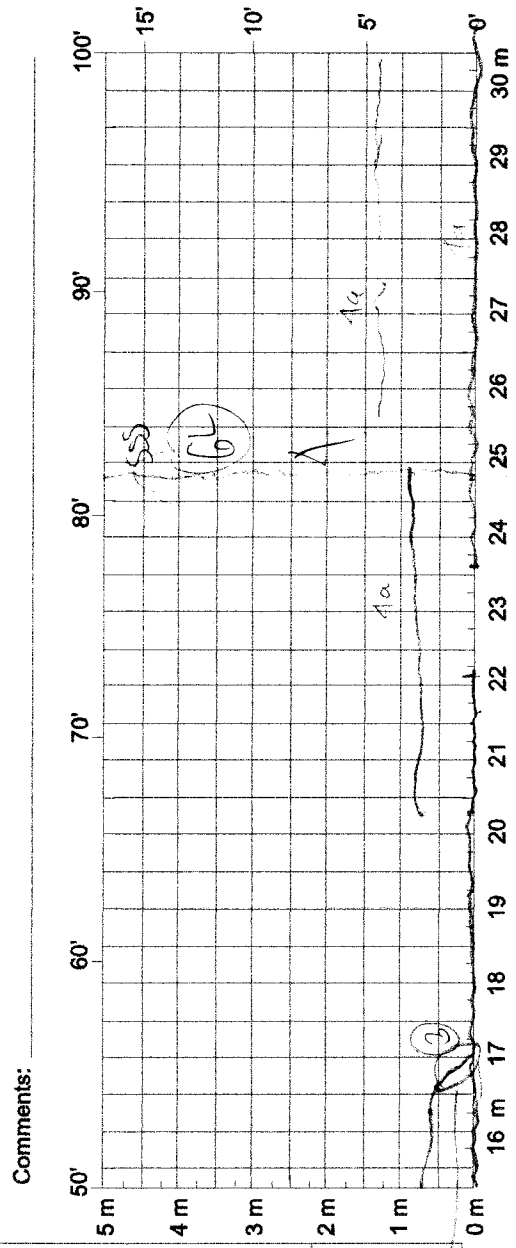
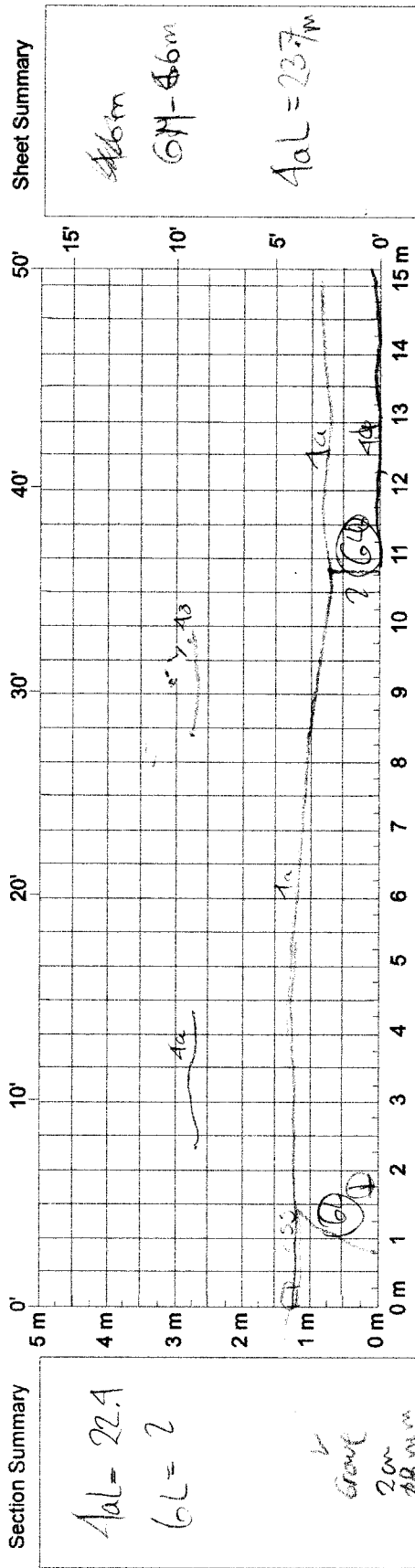
DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES
(CONTINUED)

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
SURFACE DEFORMATION			
9. RUTTING - REFER TO SHEET 3 FOR SPS - 3 FOR FORM S1 SEE DIPSTICK MANUAL			
10. SHOVING (Number) (Square Meters)			____
SURFACE DEFECTS			
11. BLEEDING (Square Meters)			____
12. POLISHED AGGREGATE (Square Meters)			____
13. RAVELING (Square Meters)			____
MISCELLANEOUS DISTRESSES			
14. LANE-TO-SHOULDER DROPOFF - NOT RECORDED			
15. WATER BLEEDING AND PUMPING (Number) Length of Affected Pavement (Meters)			____
16. OTHER (Describe)			____

33 1700

OWP _____
IWP _____
LW = _____

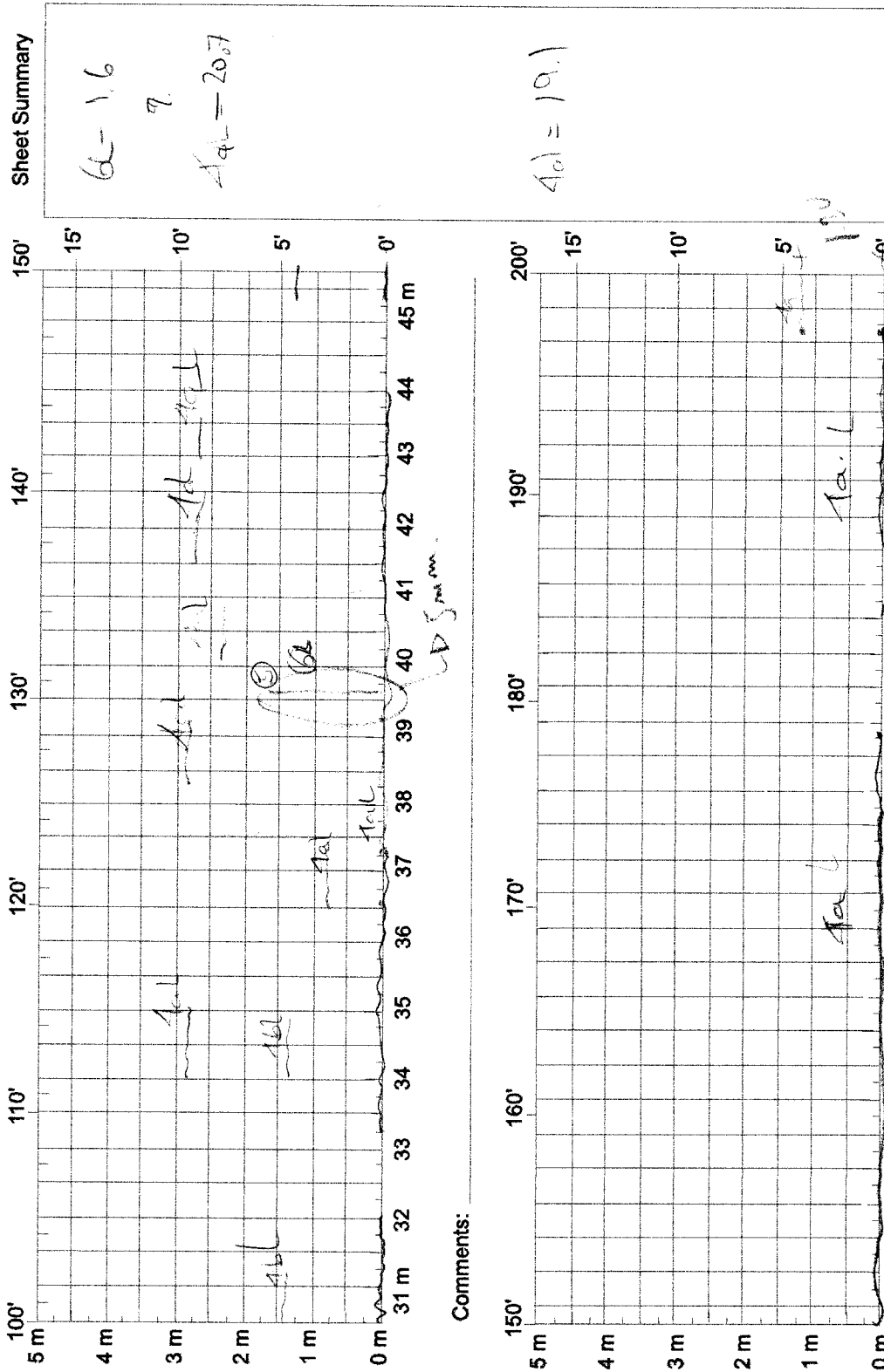
Reviewer: CJPB Surveyors: CTIB State Code _____
 Date: 05/01/2019 Date: 05/07/2019 SHRP Section ID _____
 Pavement Temp: 11°C Before 11P After 11P



Handwritten notes:
 0.9914
 20000

Reviewer: CSTB Surveyors: CSTB
 Date: 05/07/2019 Date: 05/07/2019

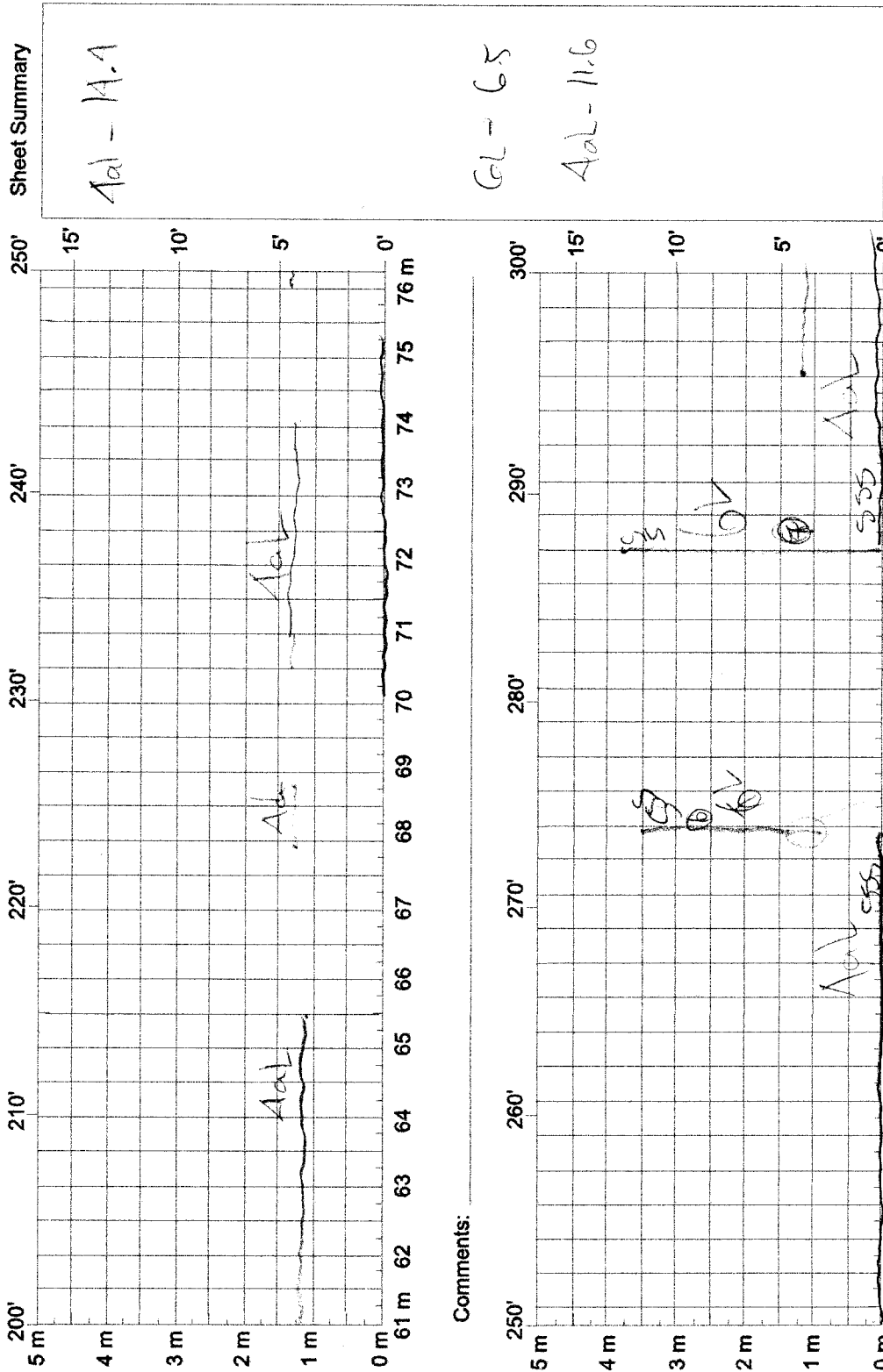
State Code _____
 SHRP Section ID _____



Comments:

Comments:

Reviewer: CJTG Surveyors: CJTG State Code _____
 Date: 05/07/2019 Date: 03/07/2019 SHRP Section ID _____

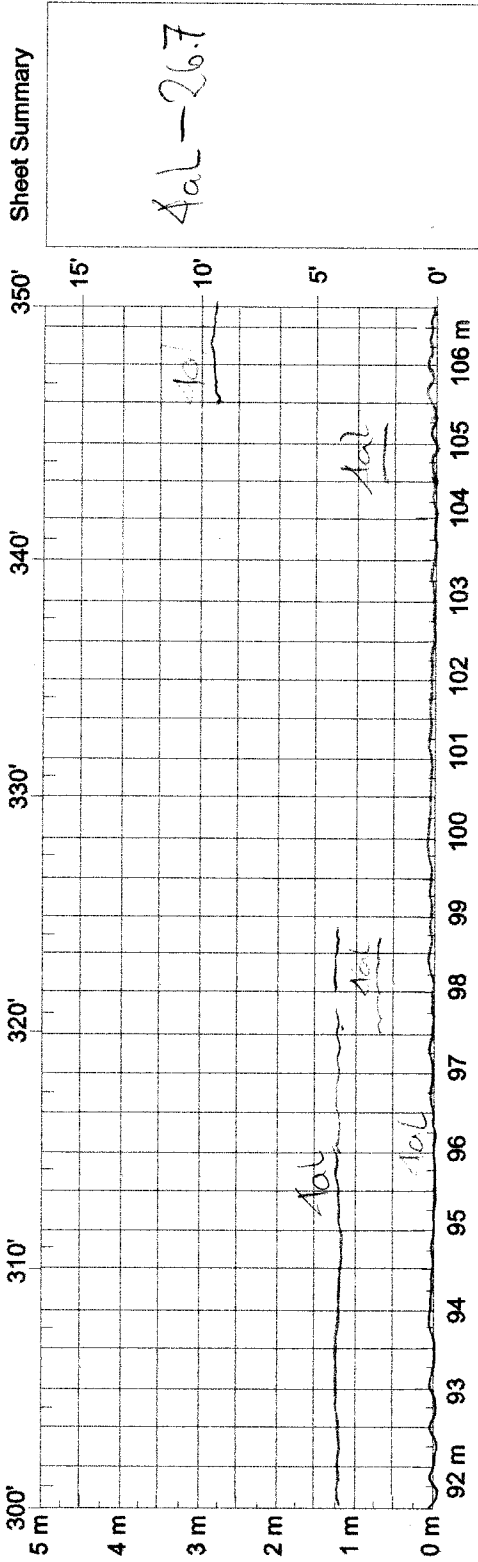


Comments:

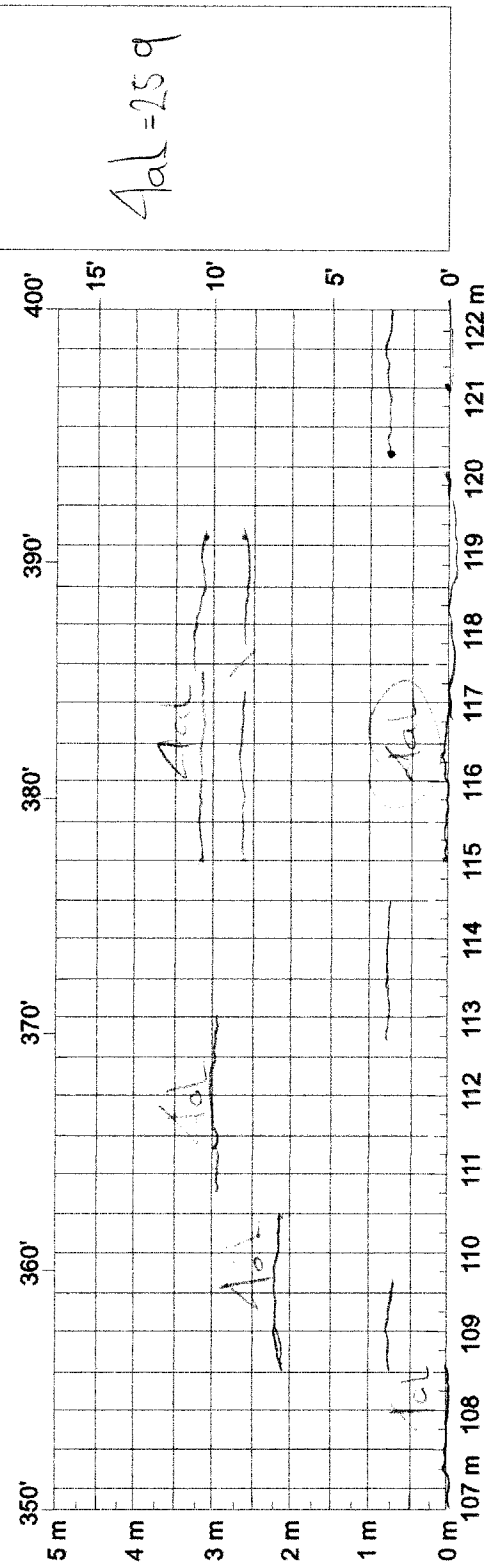
Comments:

Reviewer: CS70 Surveyors: CS70
 Date: 05/07/2019 Date: 05/07/2019

State Code _____
 SHRP Section ID _____

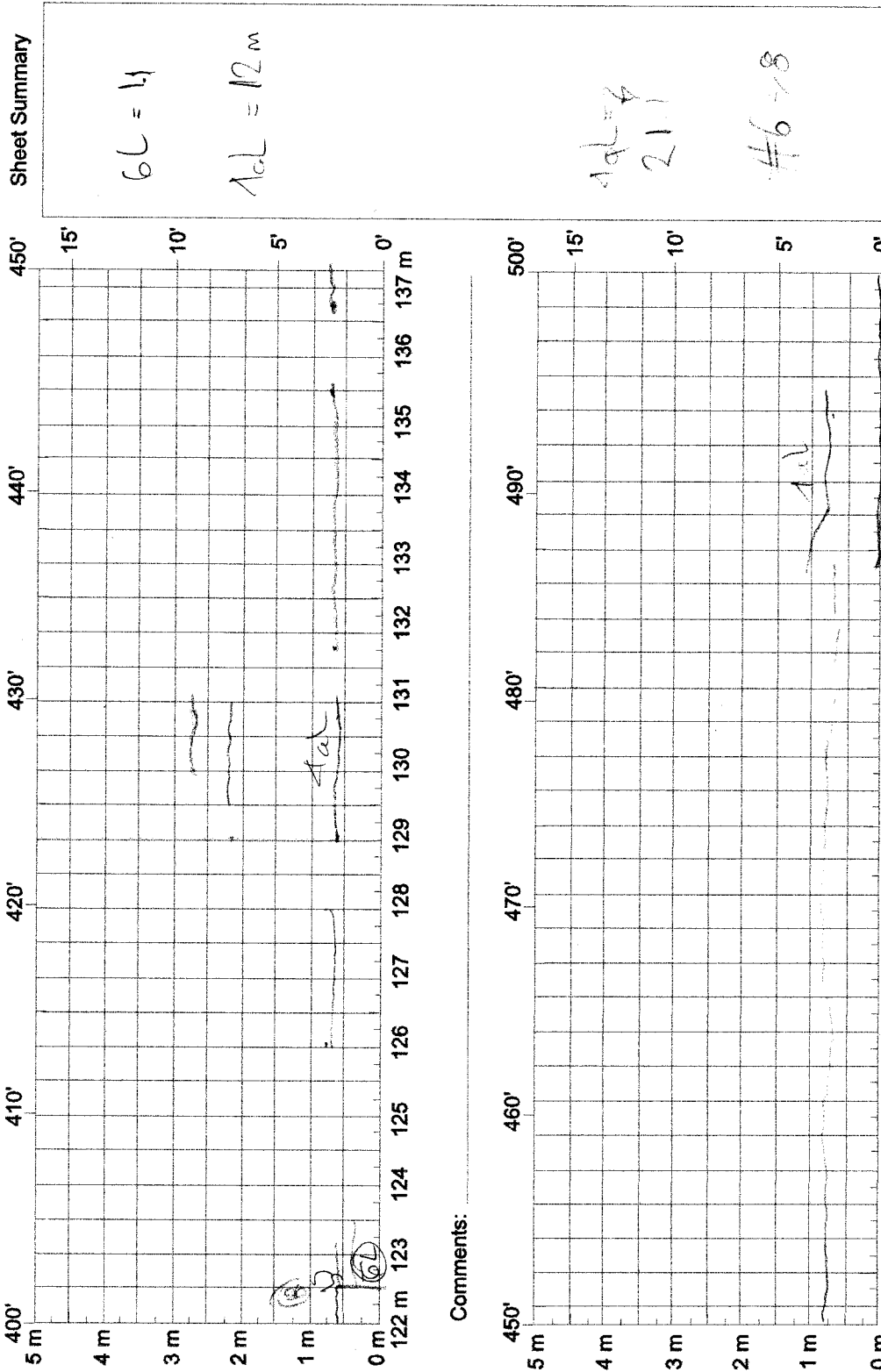


Comments: _____



Comments: _____

Reviewer: CTB Surveyors: CTB State Code _____
 Pavement Temp: 11.70 SHRP Section ID _____
 Date: 05/07/2019 After _____



Revised Dec 1992; Jan 1999; Feb 2002; Jul 2010

SHEET 1

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP SECTION ID _____

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR)

14, 07, 19

SURVEYORS: C T B, _____ PHOTOS, VIDEO, OR BOTH WITH SURVEY (P,V,B) P

PAVEMENT SURFACE TEMP - BEFORE 32, 1 °C; AFTER 33, 3 °C

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
CRACKING			
1. FATIGUE CRACKING (SQUARE METERS)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
2. BLOCK CRACKING (SQUARE METERS)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
3. EDGE CRACKING (METERS)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
4. LONGITUDINAL CRACKING			
4a. Wheelpath (Meters)	<u>213.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>179.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
4b. Non-Wheelpath (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
5. REFLECTION CRACKING AT JOINTS	Not Recorded		
6. TRANSVERSE CRACKING			
Number of Cracks	<u>16</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Length (Meters)	<u>40.6</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
Length Sealed	<u>21.3</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
PATCHING AND POTHoles			
7. PATCH/ PATCH DETERIORATION			
(Number)	<u>10</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
(Square Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
8. POTHOLES			
(Number)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
(Square Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>



Revised April 23, 1993; September 1998; June 1999

SHEET 2

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP ID _____

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) ___/___/___

SURVEYORS: ___/___

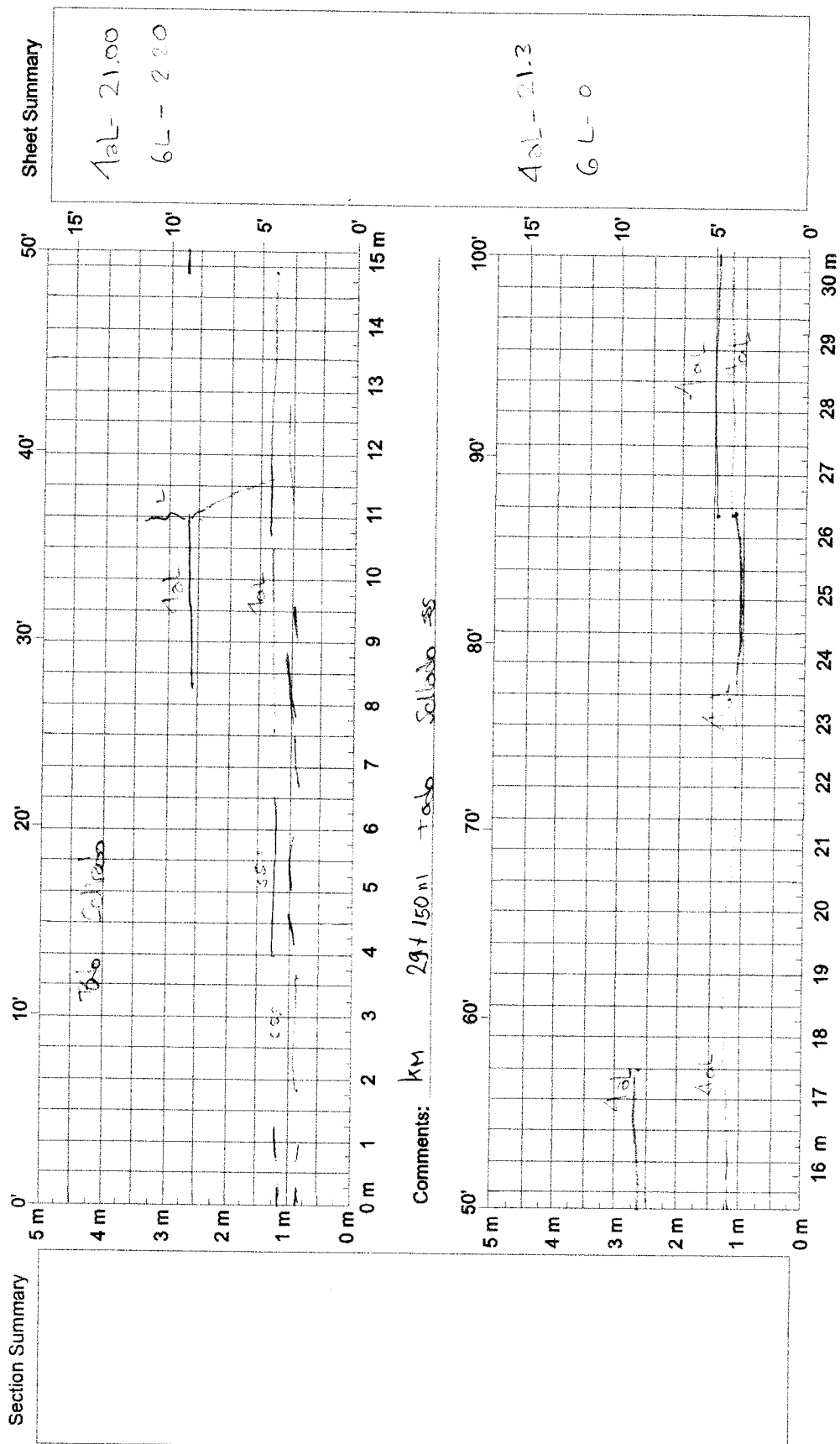
DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES
(CONTINUED)

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
SURFACE DEFORMATION			
9. RUTTING - REFER TO SHEET 3 FOR SPS - 3 FOR FORM S1 SEE DIPSTICK MANUAL			
10. SHOVING (Number) (Square Meters)			0 0.0
SURFACE DEFECTS			
11. BLEEDING (Square Meters)			0.0
12. POLISHED AGGREGATE (Square Meters)			0.0
13. RAVELING (Square Meters)			0.0
MISCELLANEOUS DISTRESSES			
14. LANE-TO-SHOULDER DROPOFF - NOT RECORDED			
15. WATER BLEEDING AND PUMPING (Number) Length of Affected Pavement (Meters)			0 0.0
16. OTHER (Describe)			

KM. 29+150 m

OWP
 IWP
 LW =

Reviewer: CSB Surveyors: CSB State Code _____
 Date: 10/07/2019 Pavement Temp: Before 32.1 After 33.9
 SHRP Section ID _____

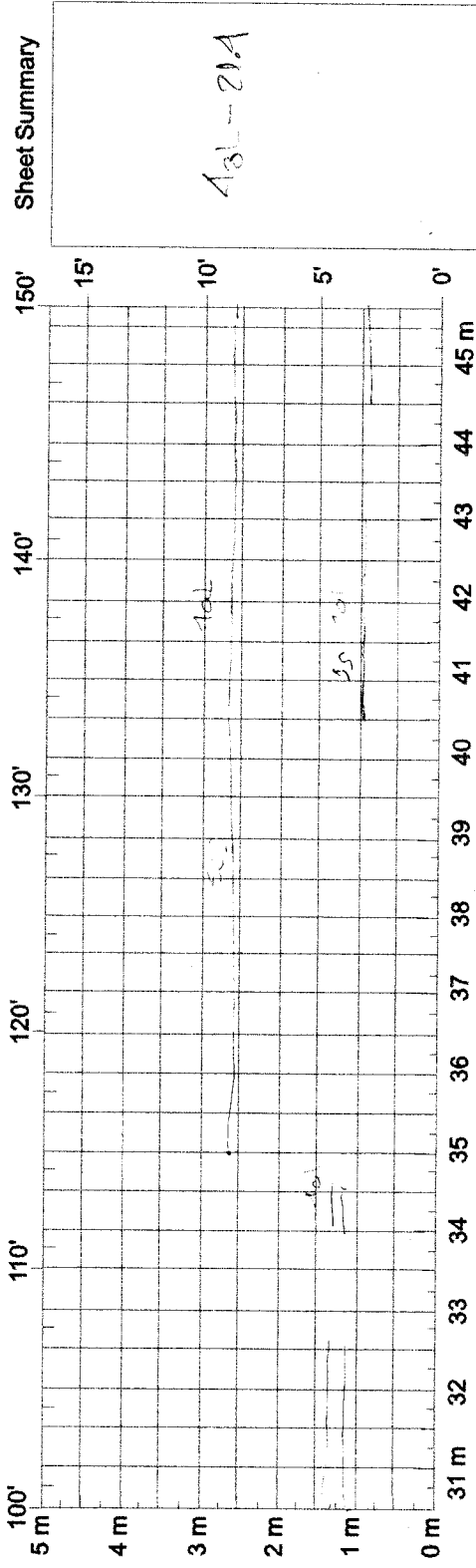


Comments: KM 29+150 m tubo Salicobo ss

Comments:

Reviewer: CSTE Surveyors: CJTC
Date: 11/07/2019 Date: 14/07/2019

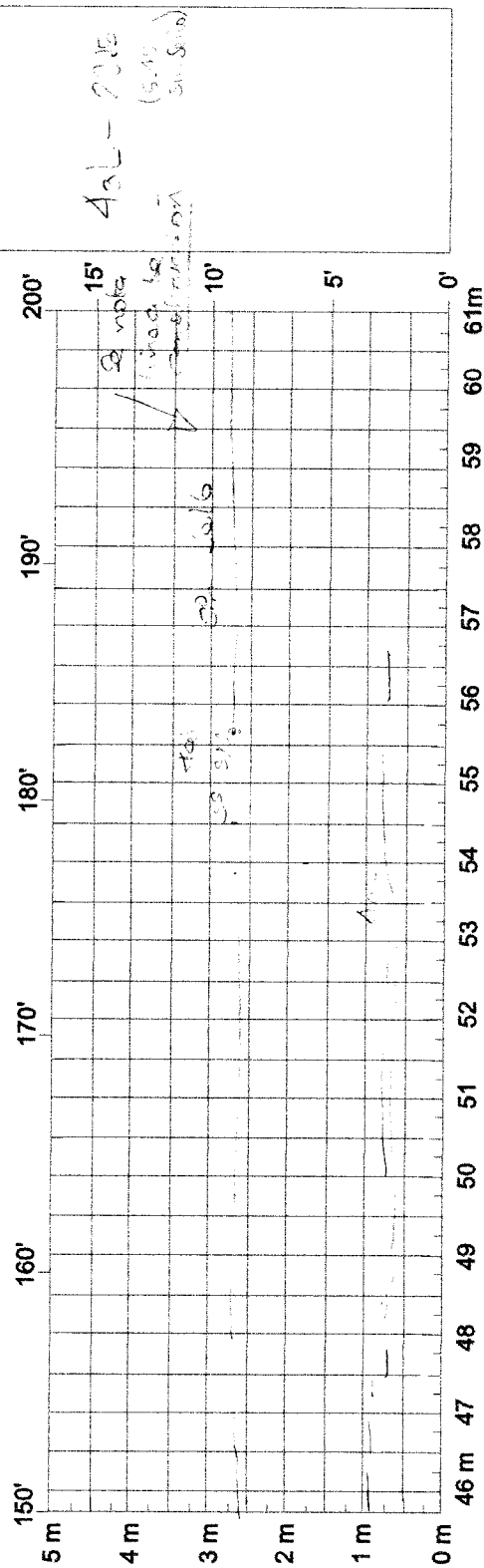
State Code _____
SHRP Section ID _____



Sheet Summary

13L-21A

Comments: _____

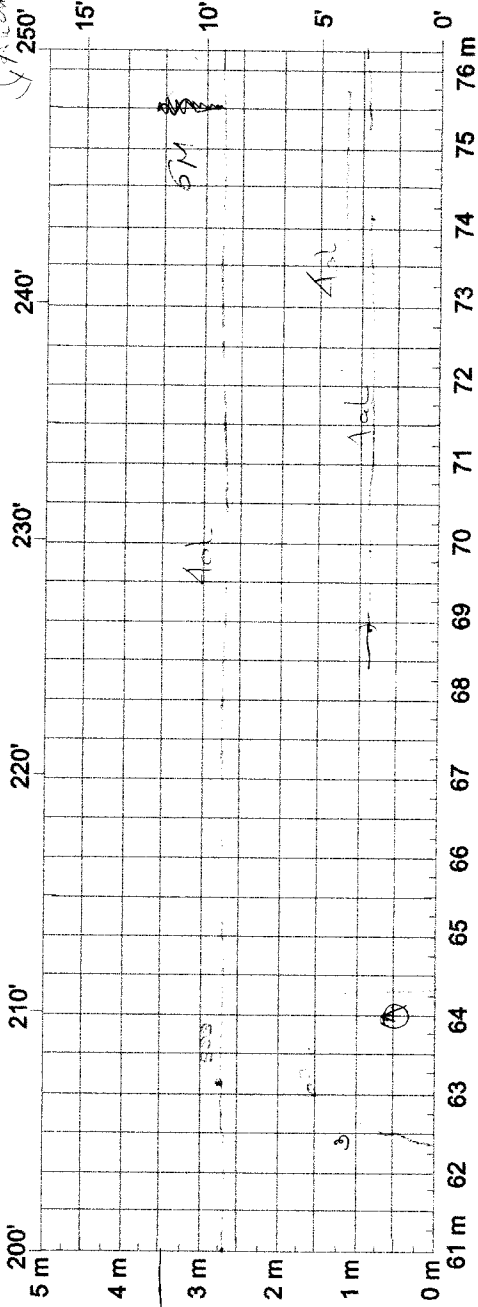


Comments: _____

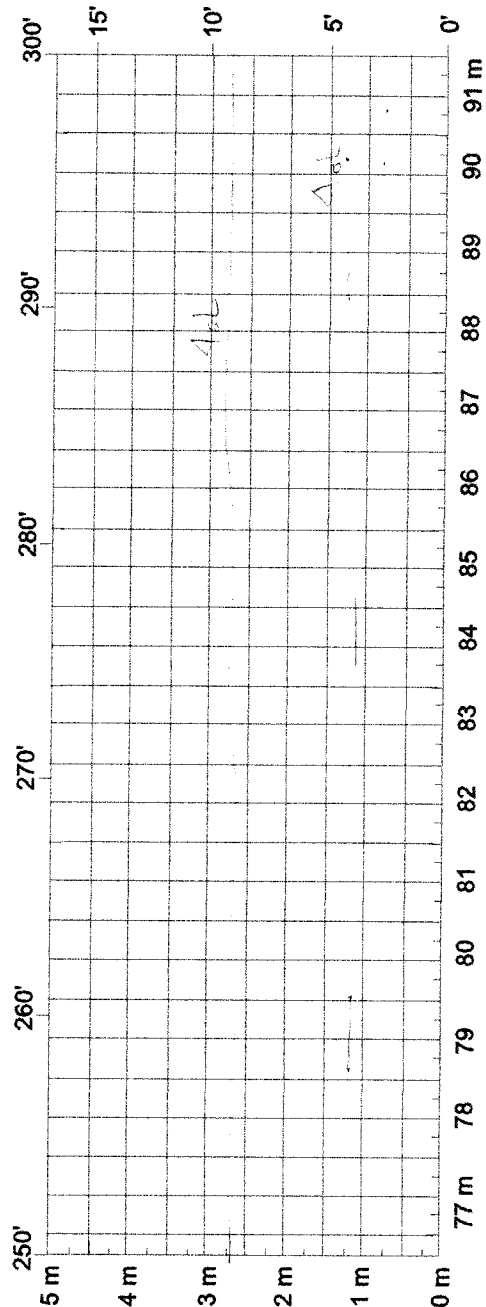
Reviewer: CJIG Surveyors: CSTE
 Date: 14/07/2019

State Code _____
 SHRP Section ID Alconfortillo
 Sheet Summary

62-900
 AdL-250
 0.65m/sk
 AdL-10.0



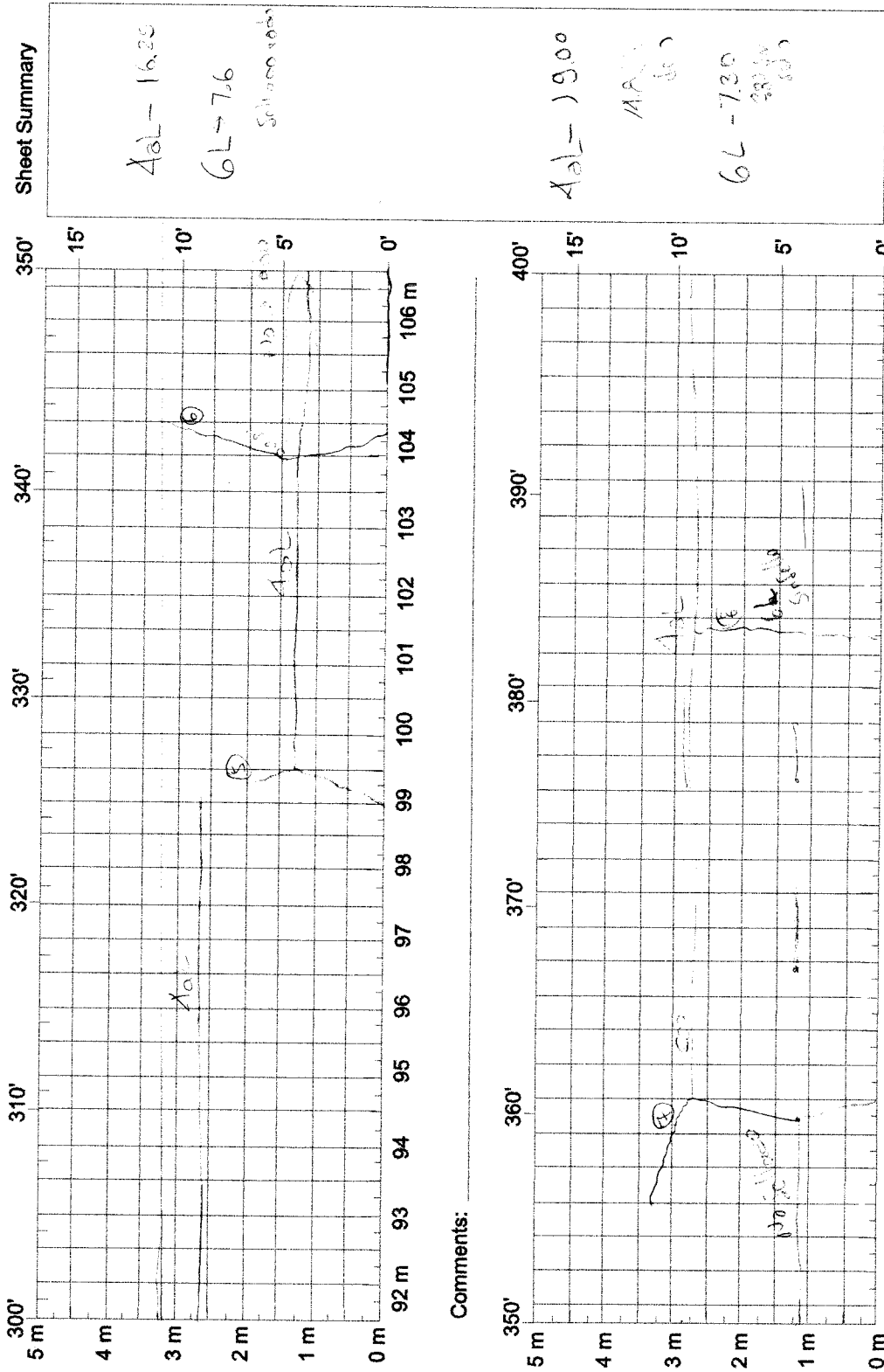
Comments:



Comments:

Reviewer: _____ Surveyors: _____
 Date: ___/___/20___ Date: ___/___/20___

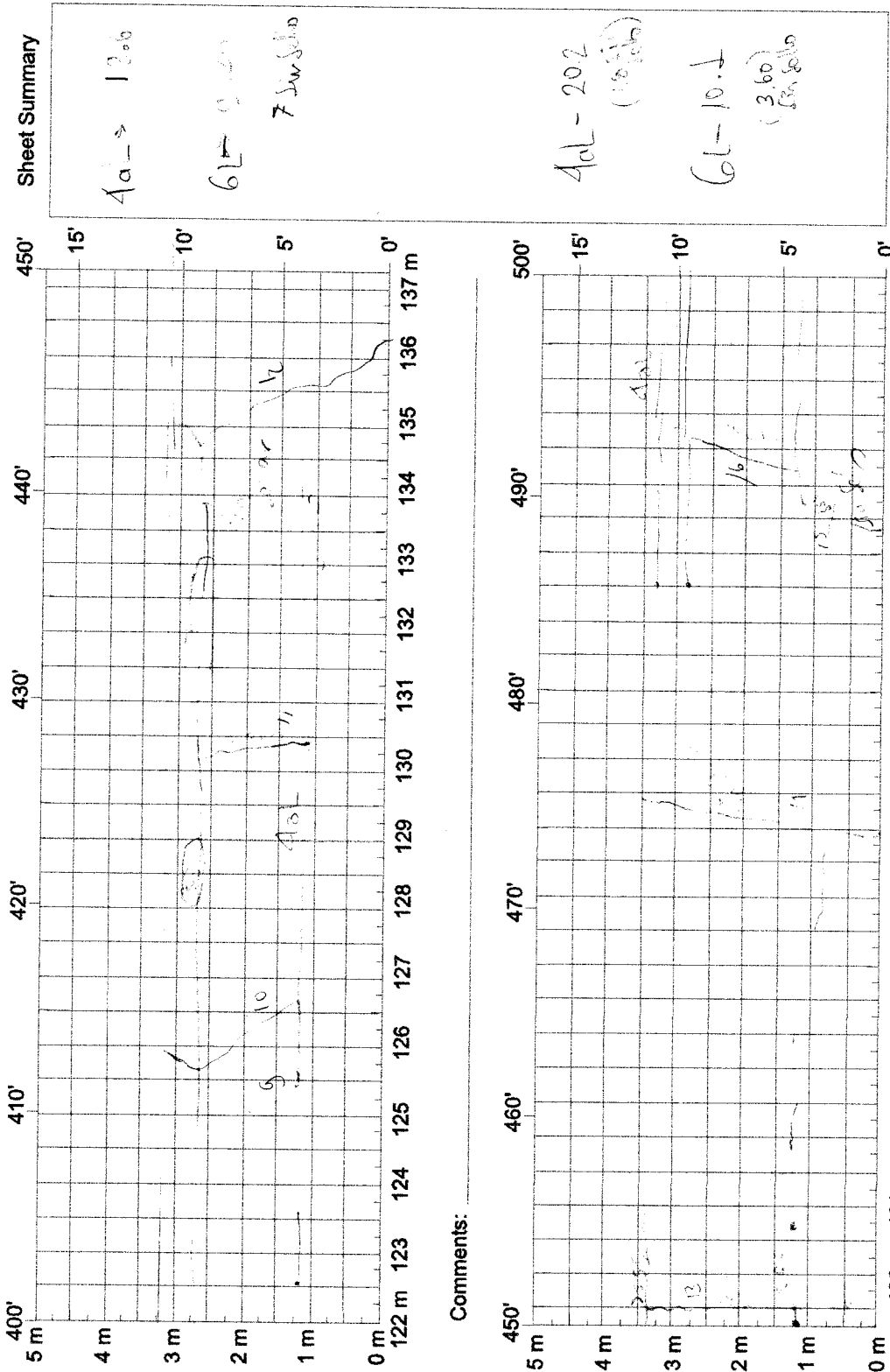
State Code _____
 SHRP Section ID _____



Comments: _____

Comments: _____

Reviewer: _____ Surveyors: _____ State Code _____
 Date: ___/___/20___ Date: ___/___/20___ After _____
 Pavement Temp: _____
 SHRP Section ID _____



Sheet Summary

4a -> 12.6
 6L - 9.20
 7 Sur. Sudo
 4aL - 20.2 (16.50)
 6L - 10.1 (3.60)
 Sur. Sudo

Revised Dec 1992; Jan 1999; Feb 2002; Jul 2010

SHEET 1

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP SECTION ID _____

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) 14, 07, 19

SURVEYORS: C T E, _____ PHOTOS, VIDEO, OR BOTH WITH SURVEY (P,V,B) P

PAVEMENT SURFACE TEMP - BEFORE 38 °C; AFTER 30.8 °C

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
CRACKING			
1. FATIGUE CRACKING (SQUARE METERS)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>201.4</u>
2. BLOCK CRACKING (SQUARE METERS)	<u>4.0</u>	<u>2.0</u>	<u>22.0</u>
3. EDGE CRACKING (METERS)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>7.7</u>
4. LONGITUDINAL CRACKING			
4a. Wheelpath (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>1.1</u>
Length Sealed (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
4b. Non-Wheelpath (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
5. REFLECTION CRACKING AT JOINTS	Not Recorded		
6. TRANSVERSE CRACKING			
Number of Cracks	<u>22</u>	<u>27</u>	<u>17</u>
Length (Meters)	<u>23.5</u>	<u>28.05</u>	<u>18.7</u>
Length Sealed	<u>18.25</u>	<u>15.2</u>	<u>19.5</u>
PATCHING AND POTHoles			
7. PATCH/ PATCH DETERIORATION (Number)	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>1</u>
(Square Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>78.5</u>
8. POTHOLES (Number)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>
(Square Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>

Revised April 23, 1993; September 1998; June 1999

SHEET 2

DISTRESS SURVEY

STATE CODE

LTPP PROGRAM

SHRP ID

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) ___/___/___

SURVEYORS: ___/___

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES
(CONTINUED)

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
SURFACE DEFORMATION			
9. RUTTING - REFER TO SHEET 3 FOR SPS - 3 FOR FORM S1 SEE DIPSTICK MANUAL			
10. SHOVING (Number) (Square Meters)			___
SURFACE DEFECTS			
11. BLEEDING (Square Meters)			___
12. POLISHED AGGREGATE (Square Meters)			___
13. RAVELING (Square Meters)			___
MISCELLANEOUS DISTRESSES			
14. LANE-TO-SHOULDER DROPOFF - NOT RECORDED			
15. WATER BLEEDING AND PUMPING (Number) Length of Affected Pavement (Meters)			___
16. OTHER (Describe)			___

KM 18+000

0M - 1000000

Reviewer: CJFB

Surveyors: CSTP

Pavement Temp:

State Code

OWP

IWP

Date: 11/01/2019

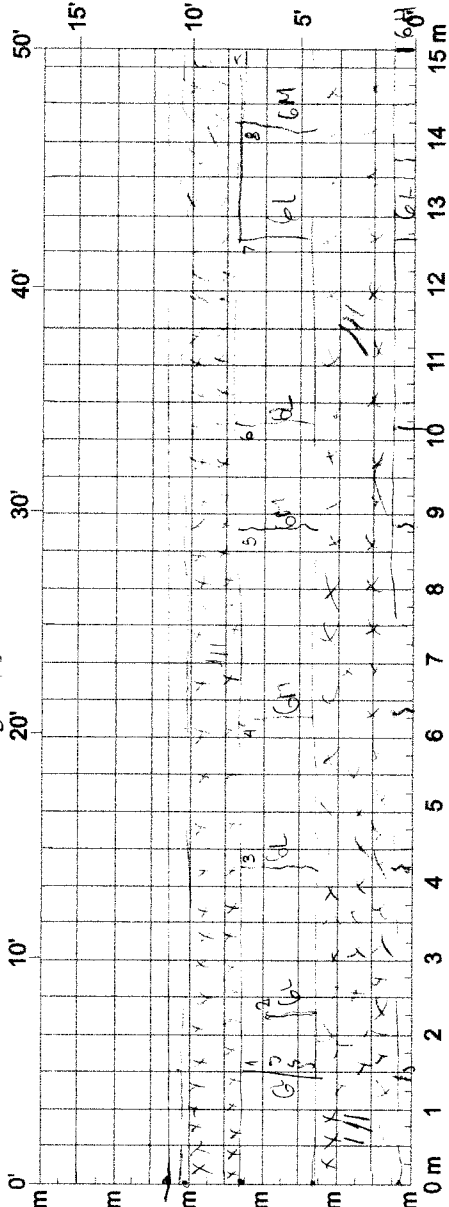
Before 38.9 After 20.8

SHRP Section ID

LW = 200

60.2

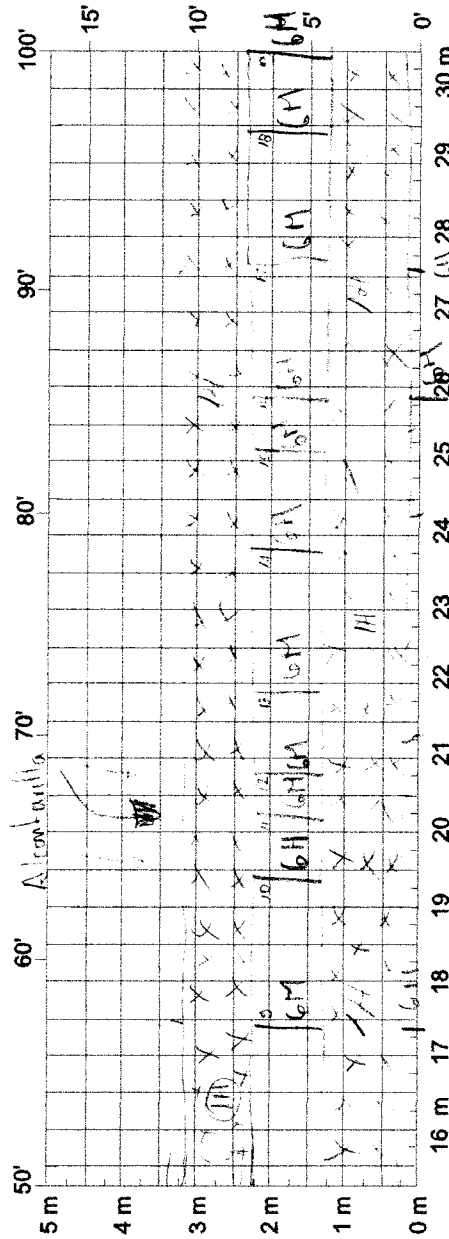
Section Summary



Sheet Summary

1M - 25.215
6L - 5.55
6M - 3.60
1M - 28.215
6M - 7.2
6H - 3.05

Comments: KM 18+000 Altimetria Ardo 3.20

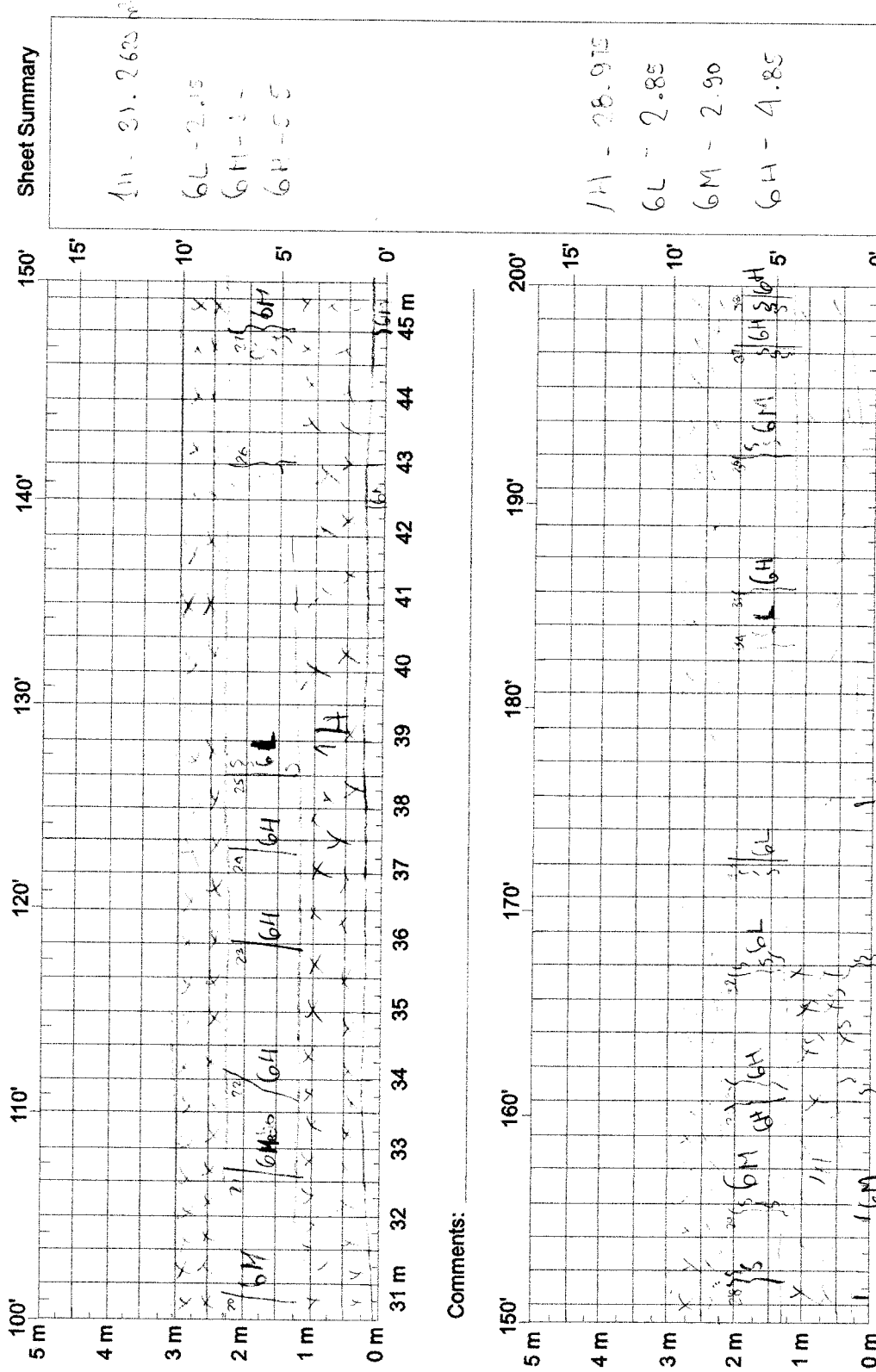


Comments:



Reviewer: CSTB Surveyors: CSTB
 Date: 11/07/2019 Date: 11/07/2019

State Code _____
 SHRP Section ID _____



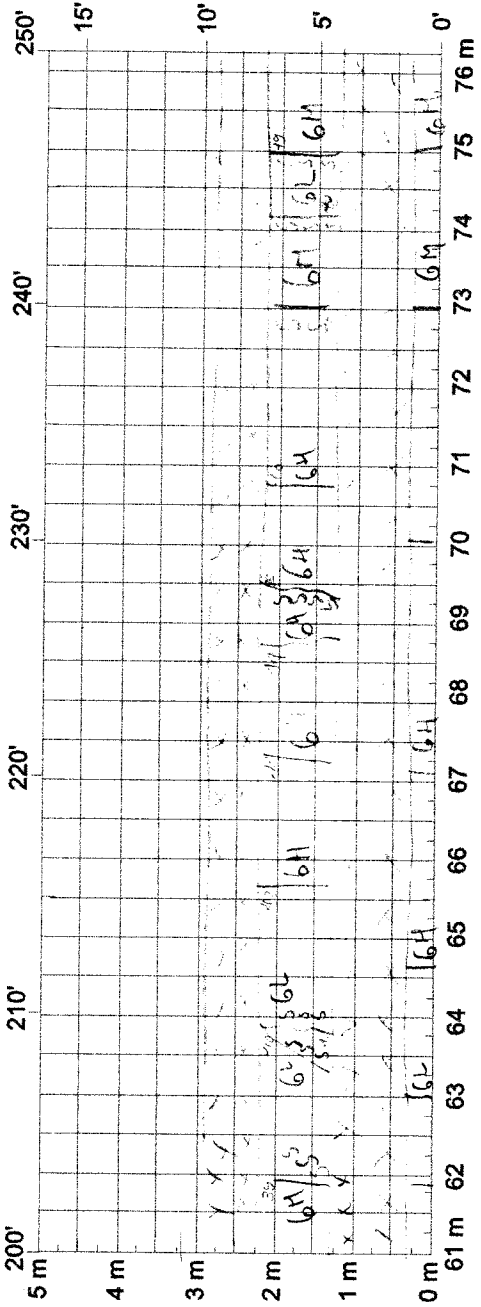
Comments:

Comments:

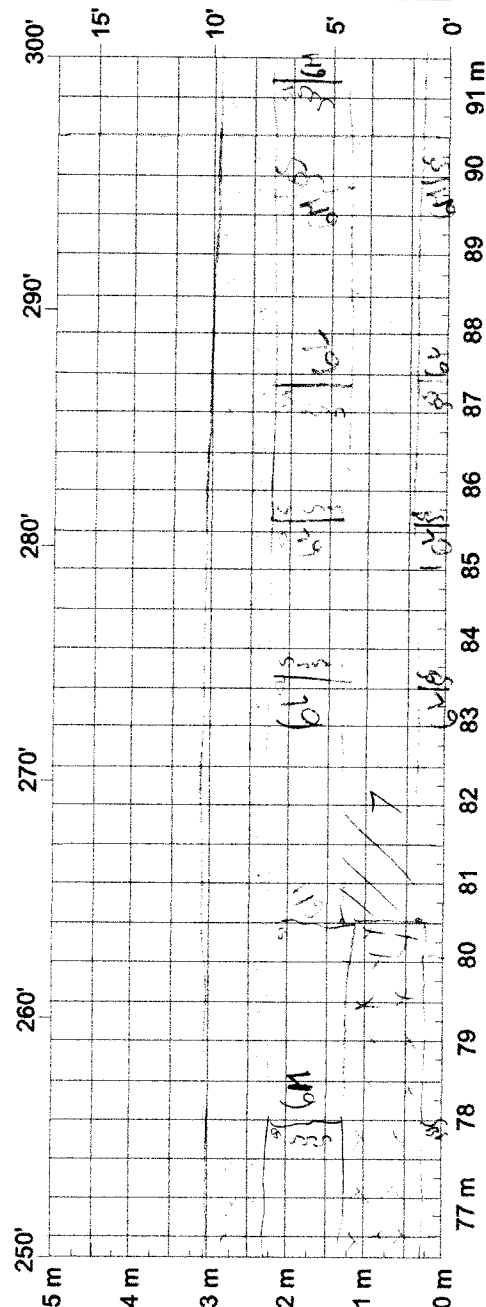
Reviewer: _____ Surveyors: _____
 Date: ___/___/20___ Date: ___/___/20___

State Code _____
 SHRP Section ID _____

Sheet Summary	
4H - 06.687	
6L - 31	
6M - 26	
6H - 3.2	
4H - 16.88	
7L - 10.29	
6L - 2.95	
6M - 2.95	
6H - 6.75	



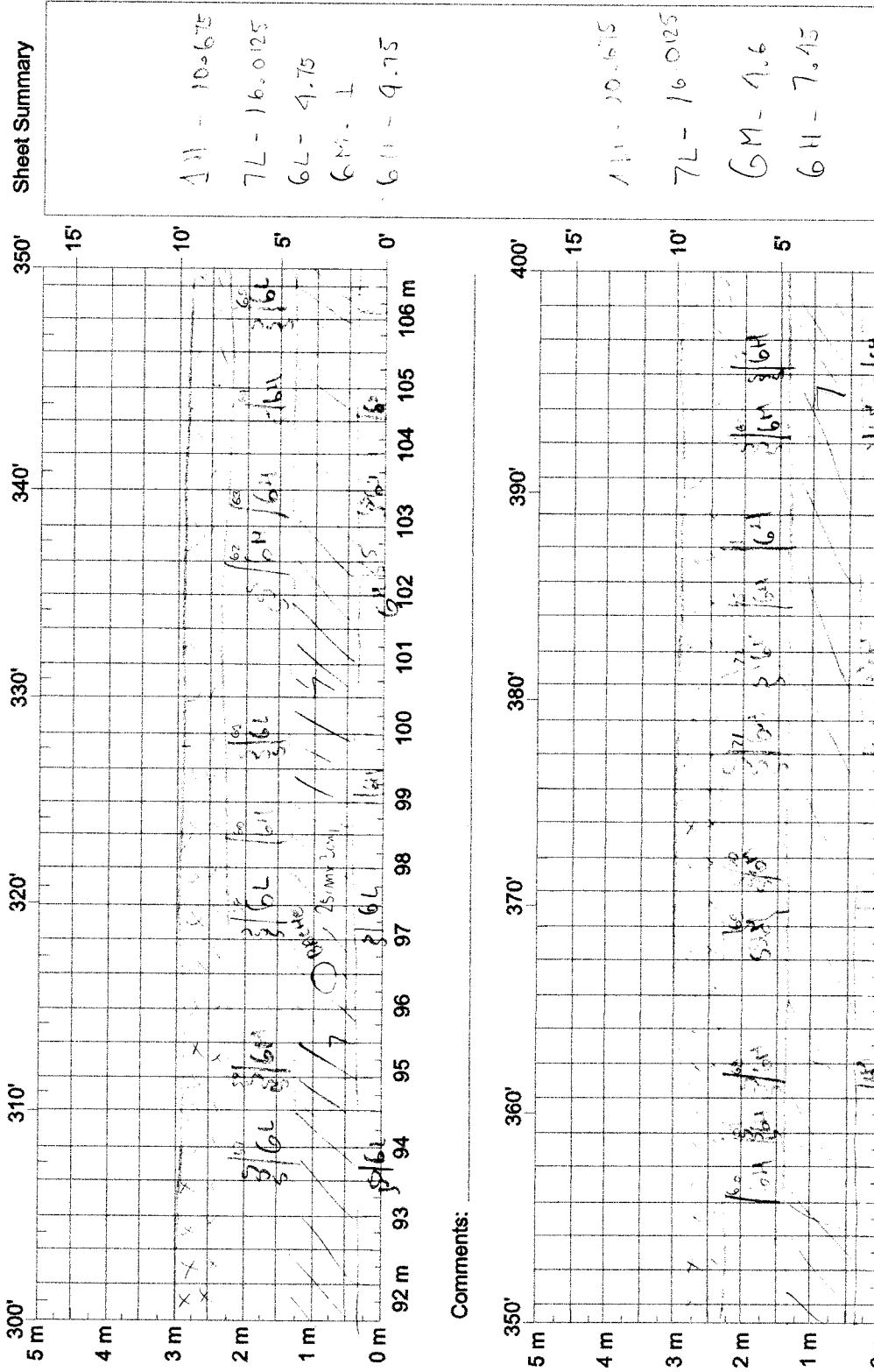
Comments:



Comments:

Reviewer: _____ State Code _____
 Date: ___/___/20___ Surveyors: _____
 Date: ___/___/20___

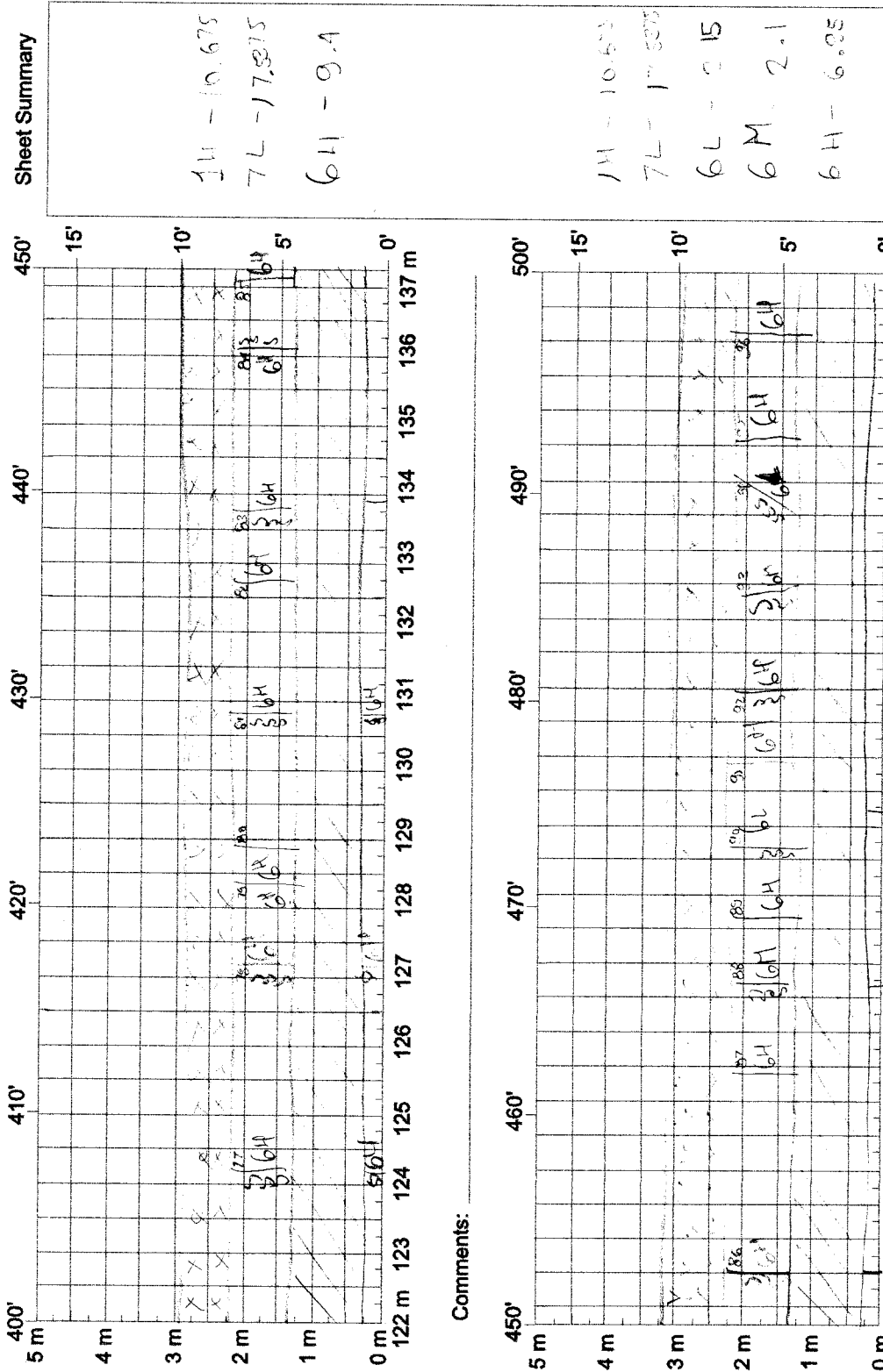
SHRP Section ID _____



Comments: _____

Comments: _____

Reviewer: CSTB Surveyors: CSTB State Code _____
 Date: 11/07/2019 Date: 11/07/2019 SHRP Section ID _____
 Pavement Temp: _____
 After _____



Comments:

Comments:

Revised Dec 1992; Jan 1999; Feb 2002; Jul 2010

SHEET 1

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP SECTION ID _____

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) 12, 07, 19

SURVEYORS: C T E, _____ PHOTOS, VIDEO, OR BOTH WITH SURVEY (P,V,B) P

PAVEMENT SURFACE TEMP - BEFORE 15.5°C; AFTER 12.9°C

DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
CRACKING			
1. FATIGUE CRACKING (SQUARE METERS)	<u>7.0</u>	<u>93.3</u>	<u>0.0</u>
2. BLOCK CRACKING (SQUARE METERS)	<u>4.0</u>	<u>6.0</u>	<u>7.0</u>
3. EDGE CRACKING (METERS)	<u>4.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
4. LONGITUDINAL CRACKING			
4a. Wheelpath (Meters)	<u>3.7</u>	<u>17.3</u>	<u>0.0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>4.4</u>	<u>8.0</u>	<u>4.0</u>
4b. Non-Wheelpath (Meters)	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
Length Sealed (Meters)	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>0.0</u>
5. REFLECTION CRACKING AT JOINTS	Not Recorded		
6. TRANSVERSE CRACKING			
Number of Cracks	<u>20</u>	<u>12</u>	<u>14</u>
Length (Meters)	<u>23.5</u>	<u>14.6</u>	<u>16.3</u>
Length Sealed	<u>3.3</u>	<u>4.3</u>	<u>1.9</u>
PATCHING AND POTHoles			
7. PATCH/ PATCH DETERIORATION			
(Number)	<u>28</u>	<u>1</u>	<u>7</u>
(Square Meters)	<u>128.1</u>	<u>3.7</u>	<u>. . .</u>
8. POTHoles			
(Number)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
(Square Meters)	<u>. . .</u>	<u>. . .</u>	<u>. . .</u>



Revised April 23, 1993; September 1998; June 1999

SHEET 2

DISTRESS SURVEY

STATE CODE _____

LTPP PROGRAM

SHRP ID _____

DATE OF DISTRESS SURVEY (MONTH/DAY/YEAR) ___/___/___

SURVEYORS: ___/___

DISTRESS SURVEY FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES
(CONTINUED)

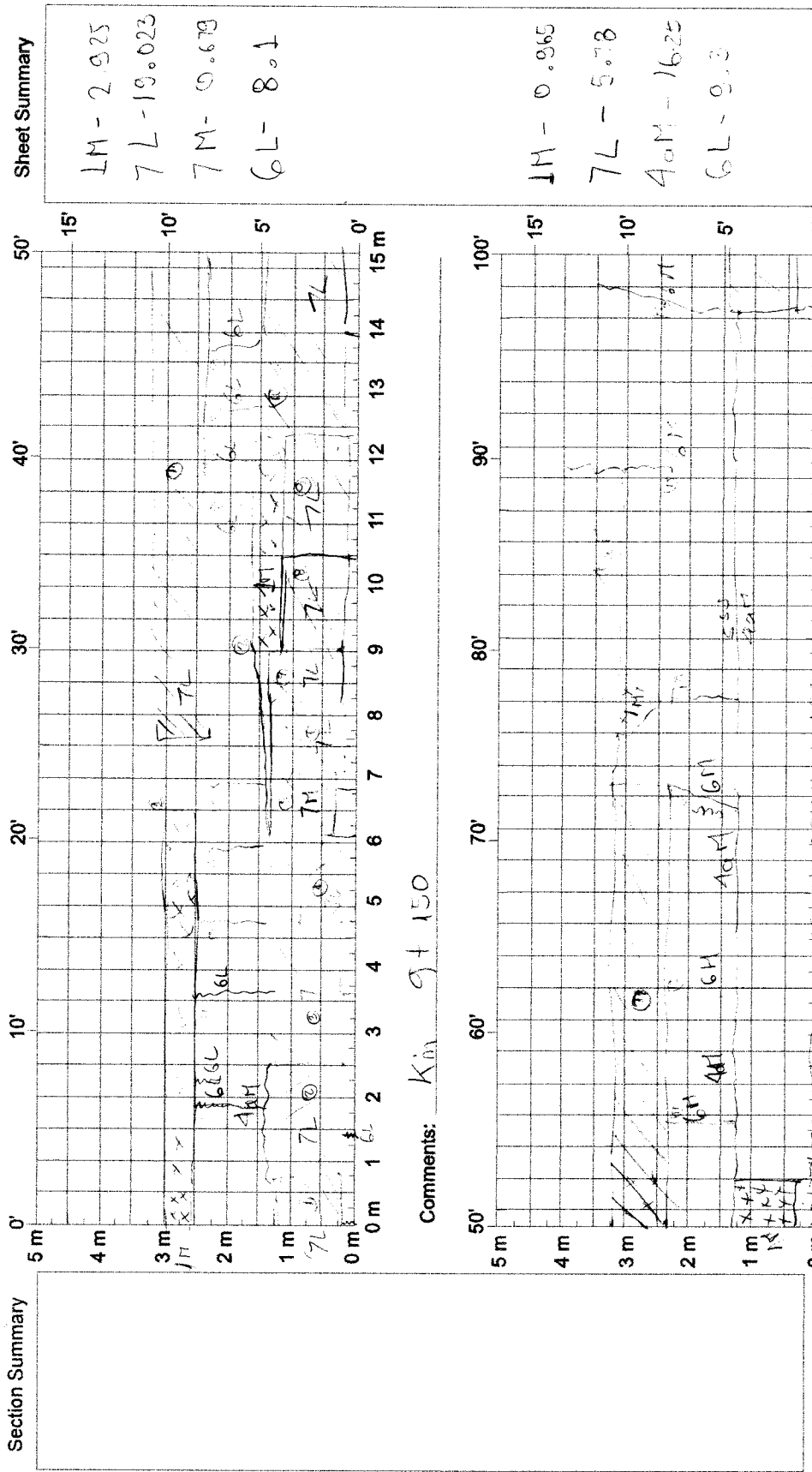
DISTRESS TYPE	SEVERITY LEVEL		
	LOW	MODERATE	HIGH
SURFACE DEFORMATION			
9. RUTTING - REFER TO SHEET 3 FOR SPS - 3 FOR FORM S1 SEE DIPSTICK MANUAL			
10. SHOVING (Number) (Square Meters)			_____.____
SURFACE DEFECTS			
11. BLEEDING (Square Meters)			_____.____
12. POLISHED AGGREGATE (Square Meters)			_____.____
13. RAVELING (Square Meters)			_____.____
MISCELLANEOUS DISTRESSES			
14. LANE-TO-SHOULDER DROPOFF - NOT RECORDED			
15. WATER BLEEDING AND PUMPING (Number) Length of Affected Pavement (Meters)			_____.____
16. OTHER (Describe)			

OWP _____
IWP _____
LW = _____

State Code _____
SHRP Section ID _____

Pavement Temp: _____
Before 15.5° After 12.9°

Reviewer: CSH Surveyors: CJB
Date: 12/07/2019 Date: 12/07/2019

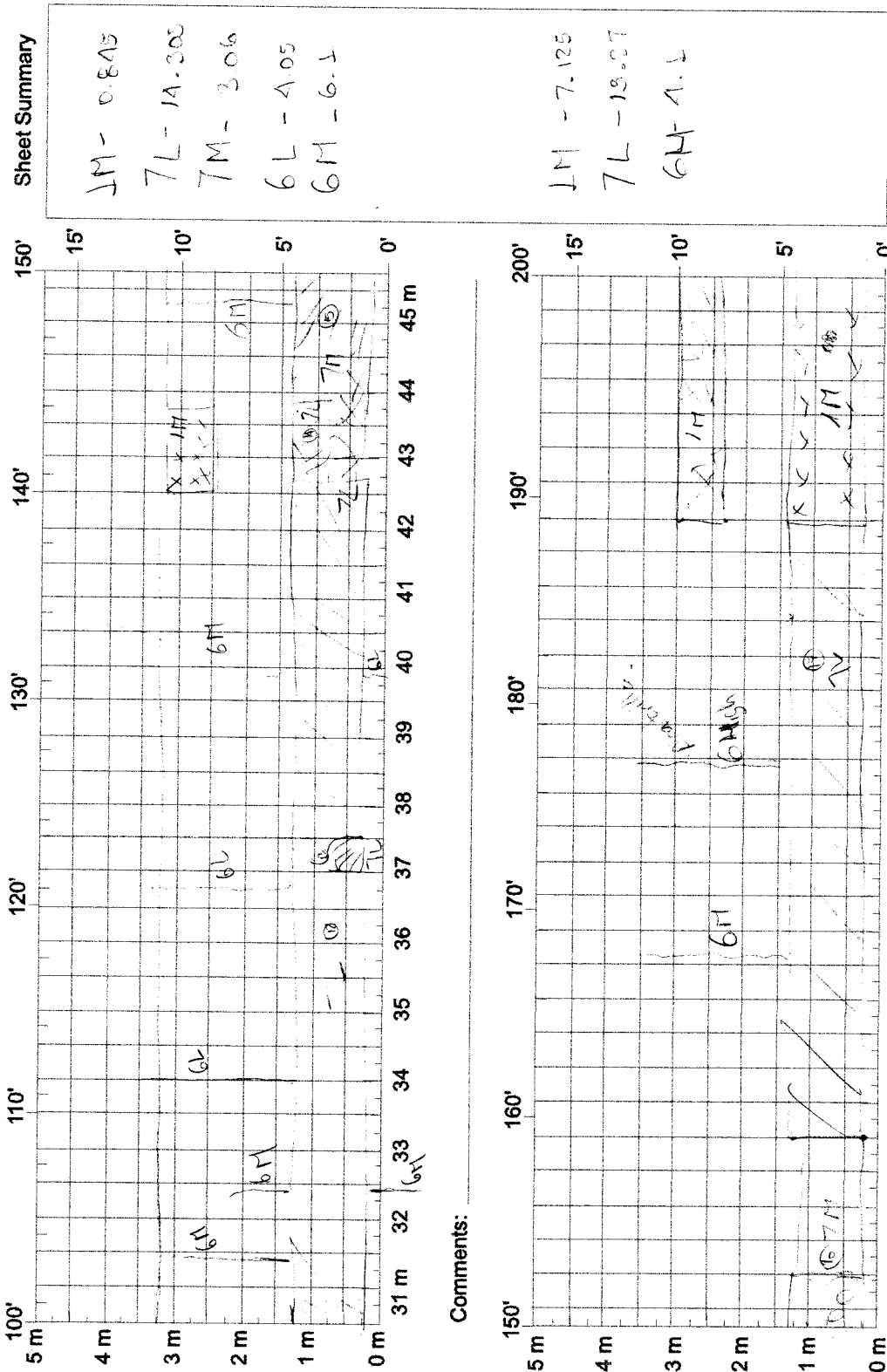


K9 + 150 m

Reviewer: CJB Surveyors: CJB

Date: 12/07/2019 Date: 12/07/2019

State Code _____
SHRP Section ID _____



Sheet Summary	
JM - 0.845	
7L - 1A.300	
7M - 3.06	
6L - 4.05	
6M - 6.1	
JM - 7.125	
7L - 13.07	
6M - 4.1	

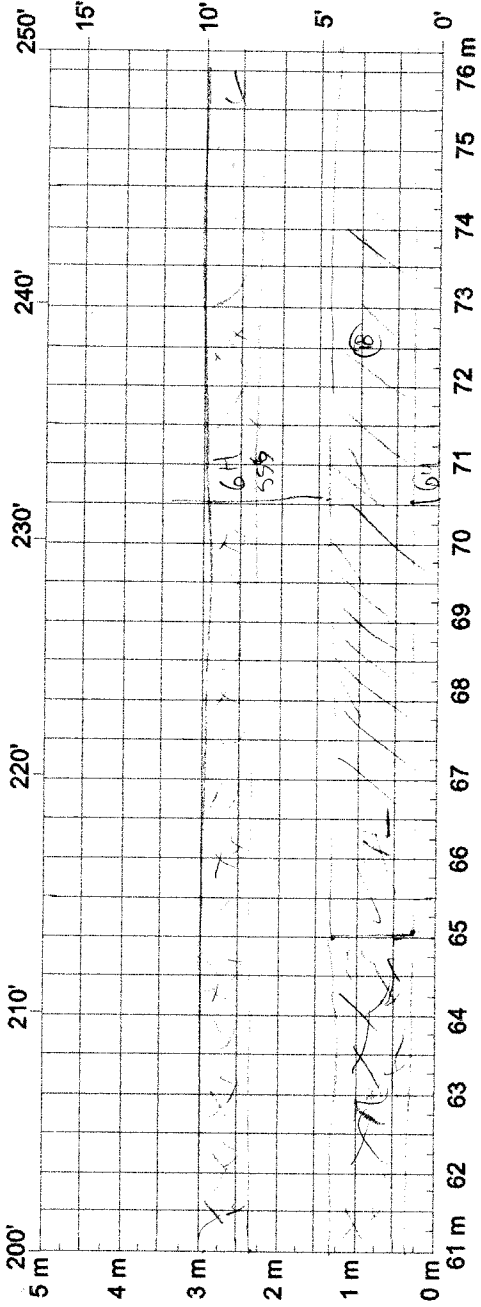
Comments:

Comments:

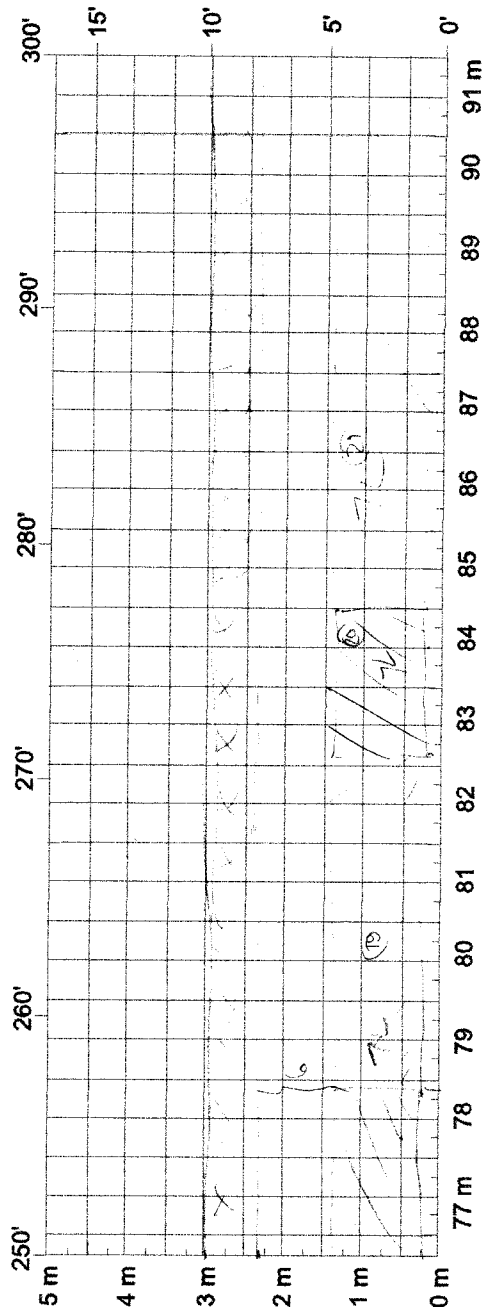
Reviewer: CSTB Surveyors: CSTB
 Date: 12/07/2018 Date: 12/01/2019

State Code _____
 SHRP Section ID _____

Sheet Summary	
MM - 13.56	
7L - 12.27	
6M - 0.25	
MM - 10.675	
7L - 18.28	
6M - 1.00	



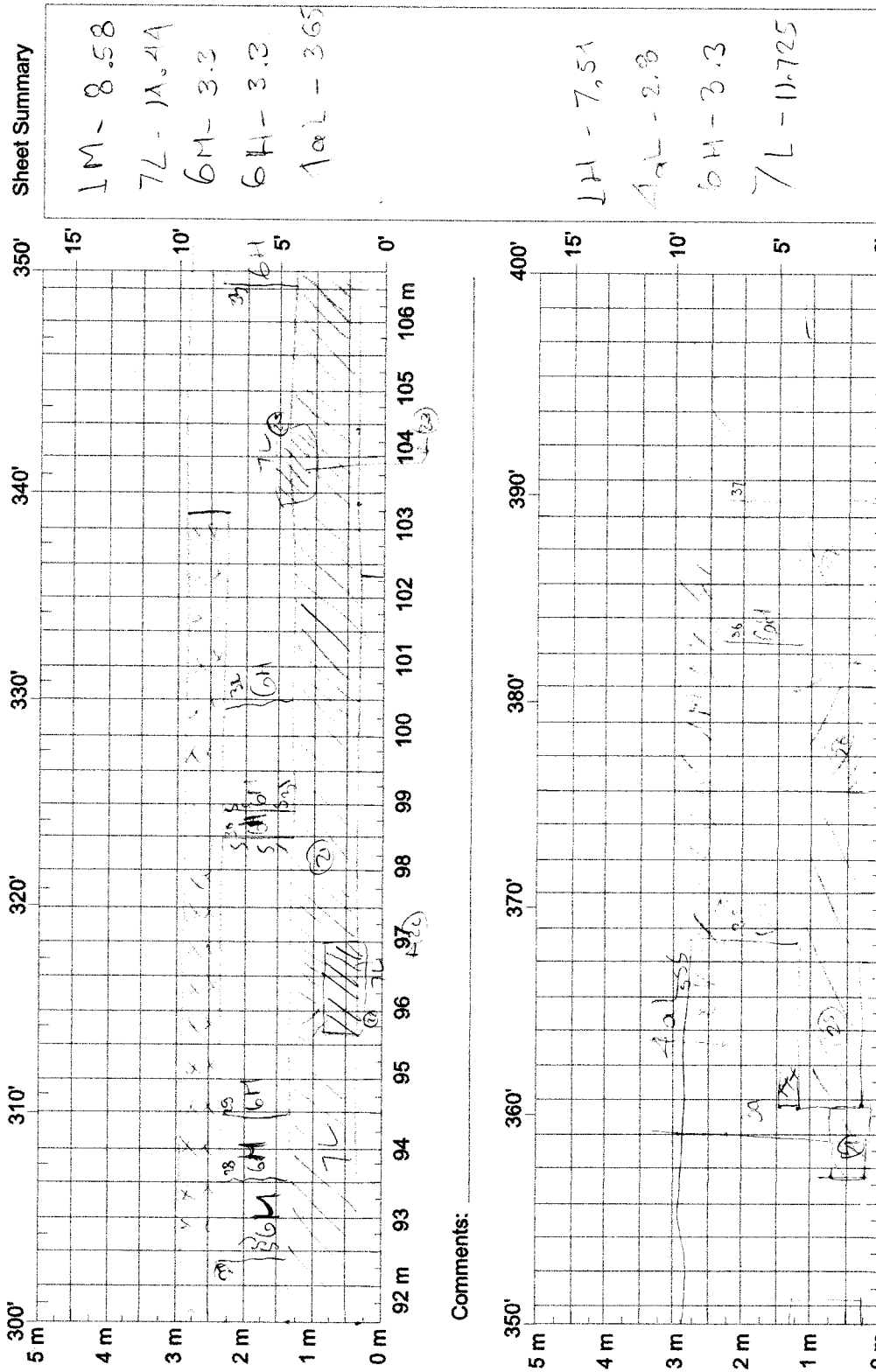
Comments:



Comments:

Reviewer: CITE Surveyors: CITE
 Date: 12/07/2019 Date: 12/07/2019

State Code _____
 SHRP Section ID _____

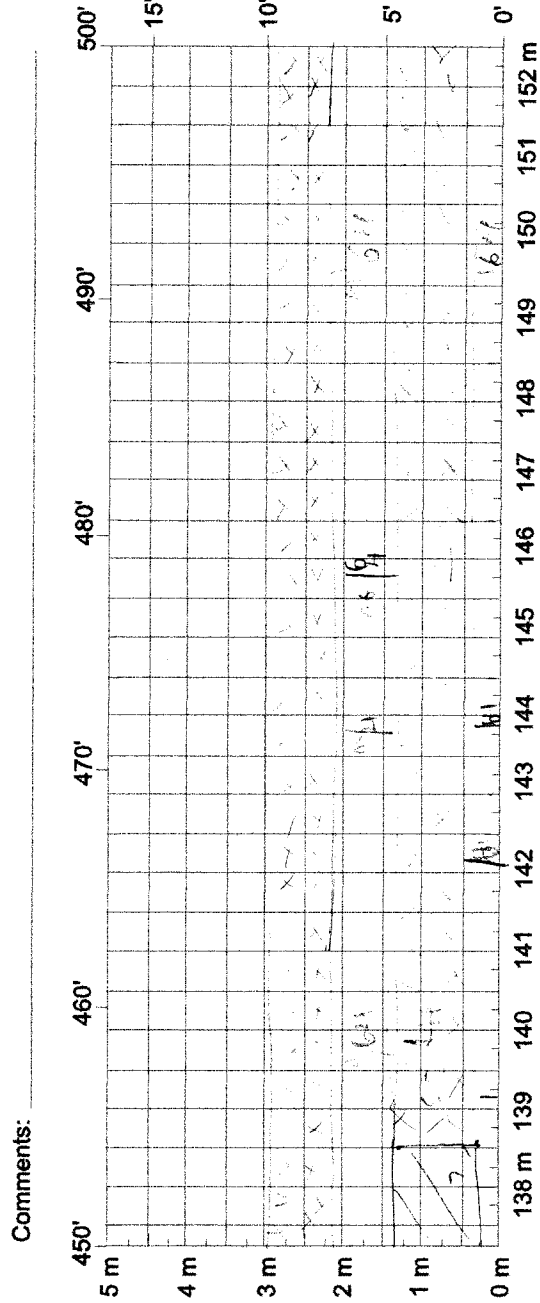
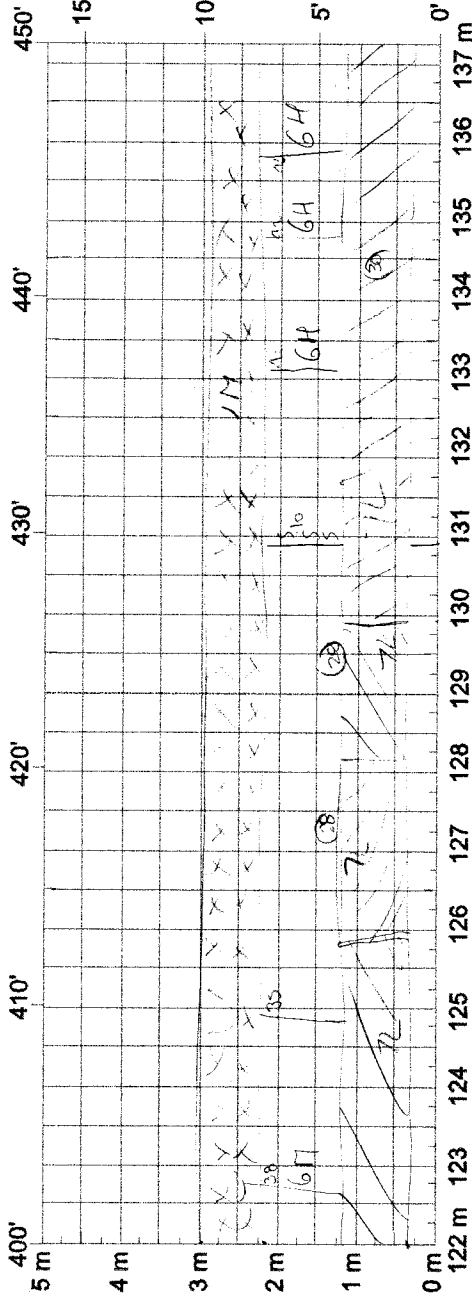


Comments: _____

Comments: _____

Reviewer: GTS Surveyors: GTE Pavement Temp: _____
 Date: 21/07/2019 Date: 21/07/2019 After _____
 State Code _____
 SHRP Section ID _____

Sheet Summary	
LM	- 12.66
GL	- 1.1
GH	- 2.05
GM	- 2.05
GL	- 10.00
LM	- 28.125
GL	- 1.313
GH	- 2.65
GM	- 0.95



Comments:

Comments:

Distress Type	Symbol	Distress Type	Symbol
1. Fatigue Cracking (Square Meters) L, M, H*		8. Potholes (Square Meters) L, M, H*	
2. Block Cracking (Square Meters) L, M, H* S - Sealed		9. Rutting**	
3. Edge Cracking (Meters) L, M, H*		10. Shoving (Square Meters) No severity levels	
4. Longitudinal Cracking (Meters) L, M, H* S - Sealed		11. Bleeding (Square Meters) No Severity Levels	
5. Reflection Cracking at Joints Not measured in LTPP Surveys		12. Polished Aggregate (Square Meters) No severity levels	
6. Transverse Cracking (Number of Cracks and Length (Meters)) L, M, H* S - Sealed		13. Ravelling (Square Meters) No Severity Levels	
7. Patch/Patch Deterioration (Square Meters and Number) L, M, H*		14. Lane - to - Shoulder Dropoff** Not measured in LTPP Surveys	
		15. Water Bleeding and Pumping (Number of Occurrences and Length of Affected Pavement (Meters)) No severity levels	

*Low, Moderate, and High severity levels.
**Not drawn on distress maps.

FIGURE 137
Distress Map Symbols for ACPs.

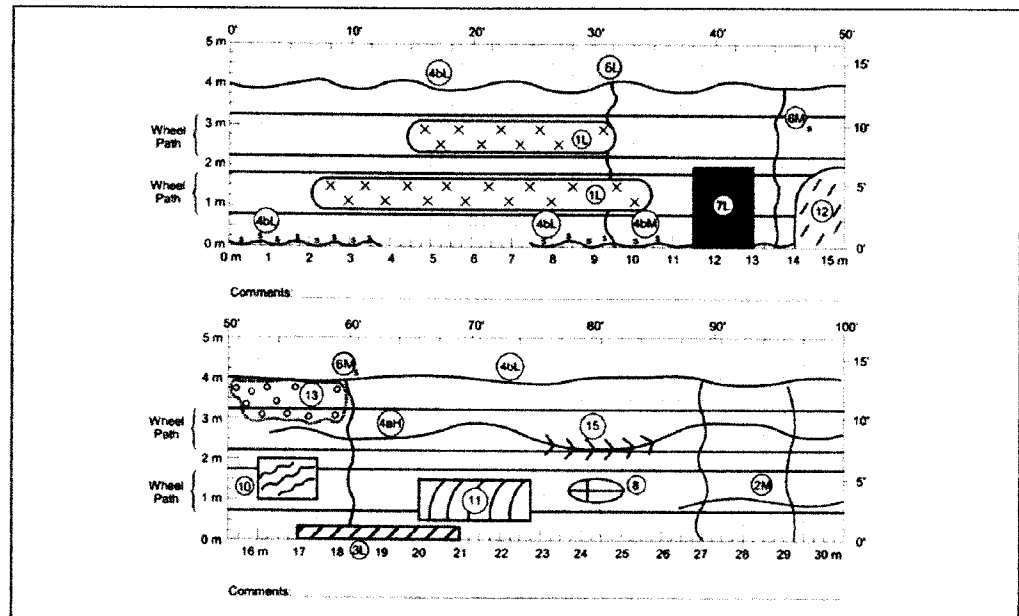


FIGURE 138
Example Map of First 30.5 m of ACP Section.

DISTRESS SURVEYS

ANEXO 7

Aplicación a la gestión de pavimentos

Los datos obtenidos del análisis del trabajo:

Tabla 1.
Resumen de Análisis de Correlación para la sección de evaluación n.º 1.

	Fractura Transversal	Fractura Longitudinal
Precipitación	No existe correlación lineal	No existe correlación lineal
Temperatura	Si existe una correlación inversa lineal fuerte $r = -0.95911$ con significancia $p = 0.0025$	No existe correlación lineal.
Viento	No existe correlación lineal	No existe correlación lineal
Humedad	No existe correlación lineal	No existe correlación lineal
Superficie de Onda Corta	No existe correlación lineal	Si existe correlación lineal media con $r = 0.7077$ con significancia $p = 0.0220$

pueden ser aplicadas solucionando los problemas identificados :

Ausencia de base de Datos Climatológicos para el Análisis.

Como se demostró se tiene acceso libre a los factores climatológico de toda la región y del país mediante la plataforma InfoPave y brindados por MERRA.

Así por Ejemplo de los datos obtenidos se entiende que a menor Temperatura se incrementan las fallas transversales, y también que a mayor superficie de incidencia de Onda corta mayores fracturas longitudinales y además que caso particular mediante el análisis se entiende que las fallas longitudinales se producen debido a deficiencias en la construcción y el tráfico, así que se puede optar por las siguientes decisiones:

En la etapa de Diseño:

En caso se vaya a diseñar un nuevo pavimento mediante métodos empíricos, se opta por diseñar la carpeta asfáltica con un PG acorde a las necesidades y de ser necesario mediante asfaltos modificados para poder evitar las fallas transversales.

Como antecedente se tiene el tramo experimental a cargo del ing. Delmar Salomón Arica – Parinacota km 136-137 en el cual se utilizó asfalto modificado con PPA al 1% del peso mejorando el índice de temperatura útil, produciendo a su vez incremento de la resistencia a la fatiga y agrietamiento de origen térmico (fractura transversal y en bloque), incrementando la resistencia a la deformación.

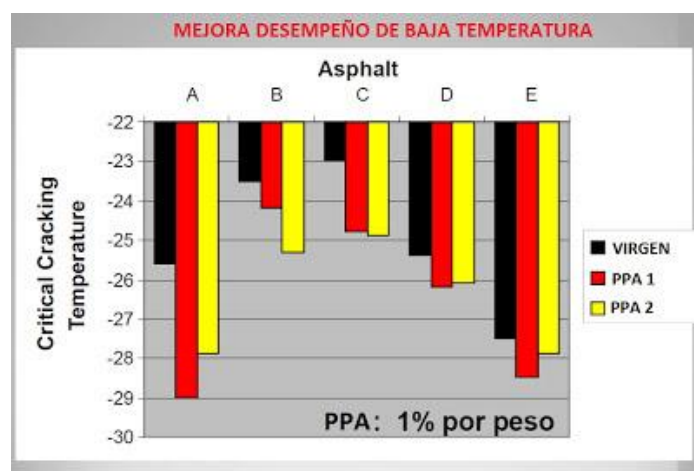


Figura 1. Mejora del desempeño en los asfaltos modificados químicamente por polifosfatos.

A su vez se observa la deficiencia del espesor de la carpeta lo que produce falla por fatiga, esto debido posiblemente al tráfico pesado atraído por la construcción, hecho a tomar en consideración.



Figura 2. Trafico pesado que pasa sobre la huella de la rueda, produciendo fatigamiento.

En la etapa de construcción:

La compactación debe uniforme y tener especial cuidado en la huella de la rueda, ya que es aquí donde se desarrolla la mayor cantidad de fallas relacionadas a la fatiga. Igualmente, al realizar las curvas considerar la huella en su ejecución, debido a que este esta recorrida.



Figura 3. Huella de la rueda en curva recorrida.



Figura 4. Marca de construcción en la carpeta, que posteriormente se convierte en falla longitudinal.

En la etapa de Mantenimiento

Por el tipo de falla y el tiempo en que se produjo se puede prever el sellado de las fallas transversales previo a los meses críticos para evitar su avance. Respecto a las fallas longitudinales ya que son relacionadas a la fatiga, se tiene que tener en cuenta los niveles de severidad para poder intervenir, ya que a mayor severidad el costo de intervención es más alto, dependiendo si se realizara un tratamiento de grietas, superficies o bases.

Para el caso particular de la sección de evaluación n.º 1 2 y 3 se tiene que las fallas en su mayoría son fallas de severidad leve por lo que se opta por un Tratamiento en frío para grietas (sellado).

Para el caso de las secciones de evaluación n.º 4 y 5 se observa la alta cantidad de fatiga por lo que el tratamiento correspondiente es un reciclado de toda la carpeta a una profundidad de 50mm a 10mm (recapado) con un mejor espesor para evitar las fallas longitudinales ya mencionadas y reincidir en la falla por fatiga.

ANEXO 8

Análisis de correlación de factores climatológicos con fallas por fatiga

Se puede observar para la sección de evaluación n.º 4 en la cual predomina la falla por fatiga se observa en el análisis de correlación de LTPP lo siguiente:

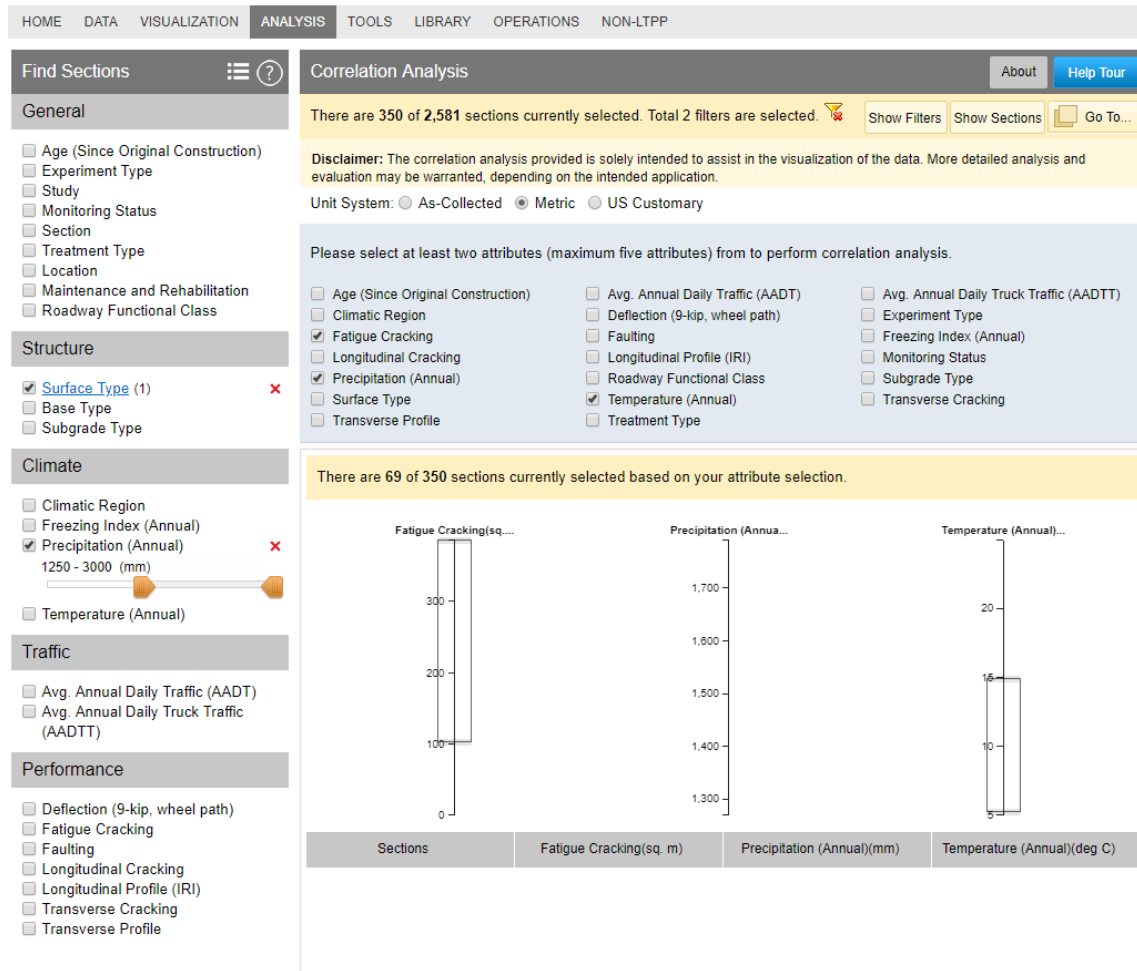


Figura 5. Análisis de correlación mediante la herramienta Correlation Analysis de LTPP para la sección 4

Como se puede observar para la cantidad de fatiga, precipitación y temperatura NO existe correlación con secciones similares de la base de datos, considerando los valores de la zona.

De igual forma para la fatiga encontrada en la sección n.º 5 referentes a los factores climatológicos se tienen:

HOME DATA VISUALIZATION ANALYSIS TOOLS LIBRARY OPERATIONS NON-LTPP

Find Sections ☰ ?

General

- Age (Since Original Construction)
- Experiment Type
- Study
- Monitoring Status
- Section
- Treatment Type
- Location
- Maintenance and Rehabilitation
- Roadway Functional Class

Structure

- Surface Type (1) ✘
- Base Type
- Subgrade Type

Climate

- Climatic Region
- Freezing Index (Annual)
- Precipitation (Annual) ✘
- 1250 - 3000 (mm)
- Temperature (Annual)

Traffic

- Avg. Annual Daily Traffic (AADT)
- Avg. Annual Daily Truck Traffic (AADTT)

Performance

- Deflection (9-kip, wheel path)
- Fatigue Cracking
- Faulting
- Longitudinal Cracking
- Longitudinal Profile (IRI)
- Transverse Cracking
- Transverse Profile

Correlation Analysis About Help Tour

There are 350 of 2,581 sections currently selected. Total 2 filters are selected. Show Filters Show Sections Go To...

Disclaimer: The correlation analysis provided is solely intended to assist in the visualization of the data. More detailed analysis and evaluation may be warranted, depending on the intended application.

Unit System: As-Collected Metric US Customary

Please select at least two attributes (maximum five attributes) from to perform correlation analysis.

- Age (Since Original Construction)
- Climatic Region
- Fatigue Cracking
- Longitudinal Cracking
- Precipitation (Annual)
- Surface Type
- Transverse Profile

- Avg. Annual Daily Traffic (AADT)
- Deflection (9-kip, wheel path)
- Faulting
- Longitudinal Profile (IRI)
- Roadway Functional Class
- Temperature (Annual)
- Treatment Type

- Avg. Annual Daily Truck Traffic (AADTT)
- Experiment Type
- Freezing Index (Annual)
- Monitoring Status
- Subgrade Type
- Transverse Cracking

There are 69 of 350 sections currently selected based on your attribute selection.

Fatigue Cracking(sq....)

Precipitation (Annua...)

Temperature (Annual...)

Sections	Fatigue Cracking(sq. m)	Precipitation (Annual)(mm)	Temperature (Annual)(deg C)
85-1801	25.5	1382.1	5.3

Figura 6 Figura 7. Análisis de correlación mediante la herramienta Correlation Análisis de LTPP para la sección 5

Igualmente se observa que no existe correlación entre los factores climatológicos y las fallas por fatiga correspondientes a la sección 5.