



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN
PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO
CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA,
AYMARAES-2024

**Línea de investigación:
Seguridad vial e infraestructura de transporte**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Fanola Vega, Yann Haaser

Asesor

Pomachagua Basualdo, Yuri Arturo

ORCID: 0000-0002-6698-3076

Jurado

Benites Zuñiga, Jose Luis

Balbin Lazo, Widmar

Ariza Flores, Victor Andre

Lima - Perú

2026



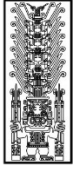
EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA, AYMARAES-2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	3%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	<1%
10	María Fernanda Cárdenas Peláez, Guido Olivier Erazo Álvarez, Daniel Andrade	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN
PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO
CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA,
AYMARAES-2024

Línea de Investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Fanola Vega, Yann Haaser

Asesor:

Pomachagua Basualdo, Yuri Arturo

ORCID: 0000-0002-6698-3076

Jurado:

Benites Zuñiga, Jose Luis

Balbin Lazo, Widmar

Ariza Flores, Victor Andre

Lima – Perú

2026

DEDICATORIA

A mi madre, a mi padre y a mi hermano, por ser mi mayor inspiración y fortaleza. Por su amor, esfuerzo y confianza, que me impulsaron a seguir adelante y culminar esta etapa importante de mi vida.

Este logro es también de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre, por su amor, paciencia y fortaleza, que me impulsaron a culminar esta etapa.

A mi padre, por su esfuerzo, consejos y ejemplo de responsabilidad y perseverancia.

También a mi hermano, por su compañía y palabras de aliento durante este camino.

Finalmente, a la Universidad Nacional Federico Villarreal y a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por las enseñanzas brindadas durante mi formación profesional.

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Descripción y formulación del problema.....	15
<i>1.1.1. Problema general.....</i>	<i>19</i>
<i>1.1.2. Problemas específicos.....</i>	<i>20</i>
1.2. Antecedentes.....	20
<i>1.2.1. Antecedentes nacionales.....</i>	<i>20</i>
<i>1.2.2. Antecedentes internacionales.....</i>	<i>23</i>
1.3. Objetivos.....	25
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>25</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>25</i>
1.4. Justificación.....	26
<i>1.4.1. Justificación práctica.....</i>	<i>27</i>
<i>1.4.2. Justificación social.....</i>	<i>28</i>
1.5. Hipótesis.....	28
<i>1.5.1. Hipótesis general.....</i>	<i>28</i>
<i>1.5.2. Hipótesis específicas.....</i>	<i>29</i>
II. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	30
<i>2.1.1. Pavimento.....</i>	<i>30</i>
<i>2.1.2. Evaluación superficial metodología VIZIR.....</i>	<i>31</i>
<i>2.1.2.1. Antecedentes del método VIZIR.....</i>	<i>31</i>
<i>2.1.3. Evaluación superficial metodología PCI.....</i>	<i>38</i>

2.1.4. <i>La fotogrametría como técnica de levantamiento</i>	47
2.1.5. <i>Estadística descriptiva</i>	51
2.1.6. <i>Análisis estadístico de correlación y concordancia</i>	51
2.1.7. <i>Diferencia porcentual (Δ %) y razón de incidencias (R)</i>	54
2.1.8. <i>Análisis de componentes principales (PCA)</i>	55
III. MÉTODO	57
3.1. Tipo de investigación.....	57
3.2. <i>Ámbito temporal y espacial</i>	58
3.2.1. <i>Ámbito temporal</i>	58
3.2.2. <i>Ámbito espacial</i>	58
3.3. Variables	58
3.3.1. <i>Variable independiente - metodología de evaluación superficial aplicada</i>	58
3.3.2. <i>Variable dependiente - estado superficial del pavimento</i>	59
3.4. Población y muestra.....	59
3.4.1. <i>Población</i>	59
3.4.2. <i>Muestra y muestreo</i>	60
3.5. Instrumentos.....	61
3.5.1. <i>Formatos de registro de deterioros</i>	61
3.5.2. <i>Ortoimágenes y verificación en campo</i>	61
3.5.3. <i>Instrumentos de medición directa</i>	62
3.5.4. <i>Instrumentos de procesamiento y análisis</i>	62
3.6. Procedimientos.....	62
3.6.1. <i>Delimitación de estudio</i>	62
3.6.2. <i>Levantamiento fotogramétrico</i>	64
3.6.3. <i>Procedimiento específico para VIZIR</i>	68

3.6.4. Procedimiento específico para PCI	76
3.6.5. Verificación en campo.....	84
3.6.6. Procedimiento para la comparación metodológica entre VIZIR y PCI: <i>normalización y análisis de correlación</i>	85
3.6.7. Índice Kappa ponderado	90
3.6.8. Consolidación de carriles, incidencia y comparación estadística VIZIR–PCI.....	93
3.6.9. Integración PCI–VIZIR mediante índice híbrido de condición (HCI) y priorización <i>de intervenciones</i>	99
3.7. Análisis de datos	101
IV. RESULTADOS.....	102
4.1. Resultados del método PCI.....	102
4.2. Resultados del método VIZIR	105
4.2.1. Resultados carril izquierdo	105
4.2.2. Resultados Carril Derecho.....	109
4.3. Análisis comparativo de los índices de condición superficial según VIZIR y PCI.....	114
4.3.1. Normalización y asignación PCI–VIZIR.....	114
4.3.2. Coeficientes de correlación aplicados	115
4.3.3. Coeficiente de concordancia intraclase (ICC).....	116
4.3.4. Índice Kappa ponderado.....	118
4.4. Consolidación de carriles, incidencia y comparación estadística VIZIR–PCI.....	119
4.5. Aplicación del índice híbrido de condición (HCI) y priorización de intervenciones	121
4.5.1. Clasificación cualitativa del HCI y propuesta de intervención.	122
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	125
VI. CONCLUSIONES	131
VII. RECOMENDACIONES.....	133

VIII. REFERENCIAS	135
IX. ANEXOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Fallas tipo A: Deterioros superficiales</i>	34
Tabla 2. <i>Fallas tipo B: Deterioros estructurales</i>	35
Tabla 3. <i>Interpretación de condición de pavimento PCI</i>	40
Tabla 4. <i>Patologías en pavimentos flexibles según el método PCI</i>	43
Tabla 5. <i>Inventario de deterioros registrados</i>	68
Tabla 6. <i>Recolección de datos carril izquierdo</i>	70
Tabla 7. <i>Recolección de datos carril derecho</i>	70
Tabla 8. <i>Grado de severidad carril izquierdo</i>	72
Tabla 9. <i>Grado de severidad carril derecho</i>	72
Tabla 10. <i>Índice de fisuración carril izquierdo</i>	73
Tabla 11. <i>Índice de fisuración carril derecho</i>	73
Tabla 12. <i>Índice de deformación carril izquierdo</i>	74
Tabla 13. <i>Índice de deformación carril derecho</i>	74
Tabla 14. <i>Deterioro superficial carril izquierdo</i>	75
Tabla 15. <i>Deterioro superficial carril derecho</i>	75
Tabla 16. <i>Clasificación del estado del pavimento</i>	75
Tabla 17. <i>Clasificación del estado del pavimento carril izquierdo</i>	76
Tabla 18. <i>Clasificación del estado del pavimento carril derecho</i>	76
Tabla 19. <i>Longitudes de unidades de muestreo en pavimentos asfálticos según el ancho de calzada</i>	76
Tabla 20. <i>Parámetros de muestreo</i>	77
Tabla 21. <i>Cálculo del tamaño de muestra para la evaluación</i>	77
Tabla 22. <i>Tipos de falla en pavimentos flexibles considerados en la metodología PCI</i>	78
Tabla 23. <i>Correspondencia entre unidades de muestreo VIZIR y PCI</i>	86

Tabla 24. Consolidación del índice VIZIR (Isprom).....	87
Tabla 25. Comparación entre el índice VIZIR normalizado (0–100) y el PCI.....	88
Tabla 26. Comparación consolidada entre los resultados homologados de VIZIR y PCI.....	91
Tabla 27. Matriz de contingencia entre PCI y VIZIR con categorías homologadas.....	91
Tabla 28. Matriz de proporciones observadas (O_{ij}) entre PCI y VIZIR	92
Tabla 29. Matriz de proporciones esperadas (E_{ij}) entre PCI y VIZIR	92
Tabla 30. Matriz de ponderaciones cuadráticas (w_{ij}) para tres categorías.....	92
Tabla 31. Daño predominante consolidado por unidad de muestreo.....	94
Tabla 32. Porcentaje de incidencia consolidado y daño predominante	95
Tabla 33. Área afectada, porcentaje de incidencia y daño predominante	96
Tabla 34. Razón de incidencias (R) entre VIZIR y PCI.....	97
Tabla 35. Índice Híbrido de Condición (HCI) y ranking de priorización de intervenciones ..	99
Tabla 36. Clasificación cualitativa del Índice Híbrido de Condición (HCI) y propuesta de intervención.....	101
Tabla 37. Resumen de clasificación del PCI	103
Tabla 38. Daño predominante, porcentaje afectado y clasificación en el carril izquierdo ..	106
Tabla 39. Daño predominante, porcentaje afectado y clasificación en el carril derecho.....	110
Tabla 40. Comparación de índices PCI y VIZIR normalizados en tramos representativos ..	115
Tabla 41. Coeficientes de correlación entre los métodos PCI y VIZIR.....	116
Tabla 42. Valores de VIZIR normalizado, PCI y media de tramo empleados en el cálculo del ICC.....	116
Tabla 43. Parámetros estadísticos del cálculo del coeficiente de correlación intraclass (ICC)	117
Tabla 44. Homologación de categorías entre PCI y VIZIR en los tramos evaluados	118
Tabla 45. Comparación consolidada de incidencia entre VIZIR y PCI	119

Tabla 46. <i>Resumen estadístico de $\Delta\%$ y R en la comparación VIZIR-PCI</i>	120
Tabla 47. <i>Índice Híbrido de Condición (HCI) y ranking de tramos evaluados</i>	121
Tabla 48. <i>Clasificación cualitativa del HCI y propuesta de intervención en los tramos evaluados</i>	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación del tramo evaluado en la PE-30A (Puente Huampuchaca – Chalhuanca).</i>	64
Figura 2. <i>Operación del dron durante la toma de imágenes en el tramo de estudio</i>	65
Figura 3. <i>Ortomosaico generado en Agisoft Metashape</i>	67
Figura 4. <i>Ortomosaico del tramo de la PE-30A con progresivas en AutoCAD Civil 3D</i>	67
Figura 5. <i>Recolección de datos VIZIR mediante Agisoft Metashape</i>	71
Figura 6. <i>Progresiva de la muestra (M-01) VIZIR</i>	71
Figura 7. <i>Hoja de inspección del pavimento flexible</i>	79
Figura 8. <i>Recolección de datos PCI mediante Agisoft Metashape</i>	80
Figura 9. <i>Cálculo de la densidad de fallas en la unidad de muestreo</i>	80
Figura 10. <i>Curvas de deducción del PCI en función de la densidad de fallas y nivel de severidad</i>	80
Figura 11. <i>Cálculo del valor deducido (VDT)</i>	82
Figura 12. <i>Cálculo del valor deducido corregido (VDC)</i>	83
Figura 13. <i>Curvas para la obtención del valor deducido corregido (VDC)</i>	83
Figura 14. <i>Resultado del Índice de Condición del Pavimento (PCI)</i>	84
Figura 15. <i>Medición de la profundidad de un deterioro en el tramo de estudio</i>	85
Figura 16. <i>Distribución porcentual de la clasificación PCI en los tramos evaluados</i>	104
Figura 17. <i>Variación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)</i>	105
Figura 18. <i>Distribución porcentual de las muestras del carril izquierdo según su clasificación de condición</i>	107
Figura 19. <i>Incidencia porcentual de patologías superficiales carril izquierdo</i>	108
Figura 20. <i>Variación del Índice de Severidad (IS) en las unidades de muestreo del carril</i>	

<i>izquierdo</i>	109
Figura 21. <i>Distribución porcentual de las muestras del carril derecho según su clasificación de condición</i>	112
Figura 22. <i>Incidencia porcentual de patologías superficiales carril derecho.</i>	113
Figura 23. <i>Variación del Índice de Severidad (IS) en las unidades de muestreo del carril izquierdo</i>	114

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar y comparar el estado superficial del pavimento en el tramo Chalhuanca – Puente Huampuchaca de la Carretera Interoceánica, mediante la aplicación de las metodologías VIZIR y PCI empleando la fotogrametría. Para ello, se utilizó un dron para obtener ortomosaicos georreferenciados, lo que permitió identificar visualmente los deterioros existentes. La metodología VIZIR se aplicó en segmentos de 100 metros, mientras que el PCI se aplicó en 15 muestras representativas de aproximadamente 36.5 metros cada una, cuantificando la incidencia, severidad y área afectada de cada tipo de falla. Además, se realizaron análisis estadísticos de correlación (Pearson, Spearman, Kendall) y de concordancia (índice Kappa ponderado e ICC), y se diseñó un Índice Híbrido de Condición (HCI) para integrar los resultados. Los hallazgos muestran que VIZIR identificó predominantemente fisuración en piel de cocodrilo, clasificando la mayoría del tramo en estado “regular” y algunos sectores como “deficientes”. Por su parte, el PCI mostró una condición general “regular a mala”, siendo más sensible a la severidad de las fallas. Las correlaciones entre ambas metodologías fueron débiles y negativas, con un Kappa ponderado de aproximadamente 0,38, lo cual indica baja concordancia, pero confirma su carácter complementario. Finalmente, el índice híbrido ubicó la mayoría de los tramos en condición “mala”, recomendando una rehabilitación prioritaria. Se concluye que la integración de ambas metodologías, junto con el uso de fotogrametría, permite un diagnóstico más completo, objetivo y eficiente para la planificación de intervenciones en infraestructura vial.

Palabras clave: carretera interoceánica, fotogrametría, VIZIR, PCI, pavimento.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate and compare the surface condition of the pavement along the Chalhuanca – Puente Huampuchaca section of the Interoceanic Highway by applying the VIZIR and PCI methodologies with the support of photogrammetry. A drone was used to generate georeferenced orthomosaics, enabling visual identification of surface distresses. The VIZIR method was applied in 100-meter segments, while PCI was applied to 15 representative samples of approximately 50 meters each, quantifying the incidence, severity, and affected area of each type of distress. Additionally, statistical correlation analyses (Pearson, Spearman, Kendall) and agreement tests (weighted Kappa and ICC) were performed, and a Hybrid Condition Index (HCI) was developed to integrate both methods. The results show that VIZIR mainly detected alligator cracking, classifying most of the section as “fair” and some areas as “poor”. PCI revealed an overall condition ranging from “fair” to “poor” and was more sensitive to distress severity. Correlations between the two methodologies were weak and negative, with a weighted Kappa of approximately 0.38, indicating low agreement but suggesting complementarity. The hybrid index classified the majority of the pavement as “poor”, recommending prioritized rehabilitation. It is concluded that the integration of both methodologies, supported by photogrammetry, enables a more complete, objective, and efficient diagnosis for the planning of maintenance and rehabilitation in road infrastructure.

Keywords: interoceanic highway, photogrammetry, VIZIR, PCI, pavement.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

A nivel internacional, la red vial está distribuida de manera muy desigual entre los distintos niveles de ingreso. De acuerdo con la *World Road Statistics 2025*, los países de ingreso alto concentran el 44.8 % de la longitud total de carreteras del mundo, mientras que los de ingreso medio alto y medio bajo concentran el 29.7 % y 23.8 %, respectivamente. En contraste, los países de ingreso bajo solo disponen del 1.7 % de la red vial mundial, lo que refleja una brecha significativa de infraestructura que limita la conectividad, la accesibilidad y el crecimiento económico en las economías más pobres. (International Road Federation [IRF], 2025)

Esta desigualdad no solo se manifiesta en la cantidad de carreteras, sino también en su estado de conservación. Se reporta que aproximadamente el 42 % de las carreteras pavimentadas y el 85 % de las carreteras de grava se encuentran en condiciones “pobres” o “muy pobres”, lo que evidencia un fuerte atraso en el mantenimiento y la rehabilitación de la infraestructura vial. Esta situación se asocia a limitaciones presupuestales, exposición a eventos climáticos extremos y deficiencias en la gestión de activos viales, problemática que es representativa de muchos países de ingresos bajos y medios. (Government of Lesotho, 2022)

La baja calidad y cobertura de las carreteras se traduce directamente en problemas de accesibilidad para la población rural. En el caso de Laos, el Banco Mundial señala que solo el 15 % de la red vial nacional se encuentra pavimentada, que alrededor del 40 % de las carreteras pavimentadas se halla en condición mala o muy mala, y que cerca del 40 % de las vías no pavimentadas se vuelve intransitable durante la temporada de lluvias. Esta deficiente condición de la infraestructura limita el acceso continuo a mercados, centros de salud y servicios educativos, afectando especialmente a las comunidades rurales y vulnerables. (World Bank,

2024)

La seguridad vial continúa siendo una de las principales consecuencias negativas del sistema de transporte actual. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) estima que las muertes por siniestros de tránsito alcanzan 1,35 millones de personas al año a nivel mundial, y que el riesgo de fallecer en las vías es más de tres veces mayor en países de bajos ingresos respecto de los de altos ingresos. Además, la carga de mortalidad recae de manera desproporcionada sobre los países de ingresos bajos y medios y sobre usuarios vulnerables de la vía, como peatones, ciclistas y motociclistas.

En el Perú, la red vial se organiza en la Red Vial Nacional, la Red Vial Departamental y la Red Vial Vecinal, que en conjunto superan los 175 000 km de carreteras. Un diagnóstico de brechas elaborado por el Gobierno Regional de Puno, utilizando información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, señala que la longitud total de la red vial existente asciende a 175 053,30 km; de este total, 16,5 % corresponde a carreteras nacionales, 15,7 % a carreteras departamentales y 65,0 % a caminos vecinales. Dentro de la Red Vial Nacional, las carreteras pavimentadas suman 21 434 km, lo que equivale al 79,1 % de la RVN existente al 2018, mientras que la mayor parte de la red departamental y vecinal se mantiene con tramos no pavimentados y en condiciones de conservación regulares o malas, revelando una fuerte desigualdad entre la red nacional y las vías a cargo de gobiernos regionales y locales. (Gobierno Regional de Puno, 2023)

Más allá de la extensión de la red, la problemática se evidencia en la brecha de calidad y de implementación. De acuerdo con el “Anexo N.º 1 Reportes de los principales indicadores de las brechas” del Ministerio de Economía y Finanzas, los indicadores vinculados al servicio de transitabilidad vial interurbana muestran que, en el caso de la Red Vial Departamental, la brecha asociada al indicador “Porcentaje de la Red Vial Departamental por implementar” se

mantuvo en 14,27 % en los años 2022 y 2023, sin reducción, pese a la ejecución de aproximadamente S/ 756 millones en inversiones en ese período. De forma similar, para la Red de Caminos de Herradura, la brecha “Porcentaje de la Red de Caminos de Herradura no intervenidos” aún supera el 66 % en 2023, a pesar de recursos ejecutados desde 2019, lo que evidencia que las inversiones realizadas no logran aún cerrar de manera significativa las brechas de acceso y calidad en la infraestructura vial secundaria y terciaria del país. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2024)

El Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV, 2024) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones reporta que, en el año 2023, se registraron 87 083 siniestros de tránsito, con 58 000 lesionados y 3 316 personas fallecidas, según los registros de la Policía Nacional del Perú. Estos datos son retomados asimismo por organismos internacionales, como el Sistema de las Naciones Unidas en el Perú, que advierten que una parte de estos siniestros se relaciona con condiciones deficientes de la infraestructura, especialmente en carreteras con pavimentos deteriorados, ausencia o insuficiencia de señalización y deficiencias en el diseño y mantenimiento de las vías, lo que agrava la vulnerabilidad de los usuarios en el sistema de transporte terrestre.

En este contexto, la realidad problemática nacional se caracteriza por: una alta proporción de vías departamentales y vecinales sin pavimentar, brechas persistentes en la implementación y mejora de la infraestructura vial y un nivel preocupante de siniestralidad vial. Esta combinación de factores justifica la necesidad de estudios que evalúen con mayor precisión el estado superficial de la calzada, identificando fallas, deterioros y condiciones de servicio mediante herramientas modernas (como ortomosaicos y observación sistemática), a fin de priorizar intervenciones de conservación y rehabilitación sobre tramos críticos de la red vial peruana. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2024)

El tramo Puente Huampuchaca – Chalhuanca forma parte de la Carretera Interoceánica Sur – IIRSA Sur, específicamente del Tramo 4: Cotaruse – Chalhuanca – Abancay, uno de los corredores estratégicos que conectan la costa sur peruana con Brasil. De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016), la ruta nacional PE-30A constituye la columna vertebral del corredor Nazca – Puquio – Chalhuanca – Abancay, y es catalogada como vía primaria de integración internacional. En este corredor, Puente Huampuchaca se ubica sobre el eje principal de la Interoceánica, antes de ingresar al área urbana de Chalhuanca, por lo que su conservación y transitabilidad son esenciales para el flujo de transporte interdepartamental.

La provincia de Aymaraes tiene en Chalhuanca su centro administrativo, comercial y logístico, siendo esta ciudad un punto de descanso, abastecimiento y transferencia para el transporte interprovincial proveniente de Ica, Ayacucho y Apurímac. Según el Plan Vial Provincial Participativo de Aymaraes, la carretera Interoceánica constituye la vía de mayor jerarquía en la provincia, registrando un flujo continuo de transporte de pasajeros y carga ligera que se desplaza hacia Abancay y Cusco. Se destaca que el tramo entre Puente Huampuchaca y Chalhuanca es uno de los segmentos críticos porque concentra el ingreso de vehículos a la ciudad, así como la salida hacia Cotaruse, siendo un cuello de tránsito natural dentro del corredor internacional. (Provías Descentralizado, 2019)

Este tramo presenta además alta exposición a eventos hidrometeorológicos, especialmente huaicos y desbordes estacionales del río Chalhuanca, los cuales afectan de manera reiterada a la carretera Interoceánica. Reportes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2025) registran que, durante los periodos de lluvias intensas de 2024 y 2025, se produjeron huaicos que afectaron diferentes sectores de la Interoceánica en Aymaraes, incluyendo interrupción del tránsito, pérdida de plataforma y daño superficial del pavimento

en segmentos cercanos a Chalhuanca. Estos eventos han generado cierres temporales, congestión vehicular y riesgos para la seguridad de los usuarios, evidenciando que la infraestructura requiere intervenciones periódicas de mantenimiento y atención de emergencias.

Pese a la importancia estratégica del tramo Puente Huampuchaca – Chalhuanca dentro de la IIRSA Sur, no existe información pública desagregada reciente sobre el volumen de tránsito (IMD), la clasificación vehicular ni la intensidad de carga en este segmento específico. Los documentos oficiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones identifican la ruta PE-30A como un corredor vial internacional, pero no incluyen reportes actualizados de tránsito a nivel de tramo, lo que limita la caracterización operativa del corredor en esta zona. (MTC, 2016)

Asimismo, no se dispone de un inventario actualizado de fallas superficiales ni de un diagnóstico de conservación para el tramo Puente Huampuchaca – Chalhuanca. El Plan Vial Provincial Participativo de Aymaraes reconoce la Interoceánica como la vía de mayor jerarquía en la provincia, pero no proporciona datos detallados del estado superficial de este tramo específico, dejando un vacío de información técnica que dificulta la gestión de mantenimiento local. (Provías Descentralizado, 2019)

Esta ausencia de información especializada sustenta la necesidad de estudios que evalúen el estado superficial mediante ortomosaicos y observación sistemática, permitiendo identificar el nivel real de deterioro de la vía y aportando elementos técnicos para priorizar intervenciones de conservación en un tramo clave del corredor económico regional. (MTC, 2016)

1.1.1. Problema general

¿Cómo evaluar y comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales

de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca - Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, que permitirá orientar la propuesta de intervención?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cómo se evalúa la metodología PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría?

¿Cómo se evalúa la metodología VIZIR en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca - Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría?

¿Cómo comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca - Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, que permitirá orientar la propuesta de intervención?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Mendoza y Ramos (2025) llevaron a cabo el estudio titulado “Análisis comparativo de las metodologías VIZIR y PCI en la evaluación de la superficie del pavimento flexible de la carretera TA-103 Tarata–Ticaco – Tacna, 2024”. El objetivo principal consistió en contrastar ambas metodologías en la carretera TA-103. Para ello, aplicaron tanto PCI como VIZIR a través de observación directa, registrando y clasificando los deterioros presentes en el pavimento, para posteriormente analizar los resultados obtenidos. Los hallazgos indicaron que el PCI permitió identificar un mayor número de defectos con mayor exactitud, mientras que el VIZIR resultó más ágil en su aplicación, aunque con un nivel de detalle menor. Ambos métodos coincidieron en la clasificación general del estado del pavimento. Los autores concluyeron que ambas herramientas pueden utilizarse de forma complementaria: el PCI para diagnósticos más profundos y el VIZIR como alternativa práctica para evaluaciones rápidas o preliminares.

Aro y Pongo (2023) desarrollaron un estudio denominado “Evaluación del pavimento flexible mediante la metodología PCI y propuesta de mejora de la transitabilidad en la avenida Jorge Basadre Grohmann Este - Tacna 2022”. El propósito principal fue diagnosticar el estado del pavimento de dicha vía aplicando el método PCI, con el fin de plantear alternativas de optimización de la transitabilidad. La metodología empleada se basó en la utilización del procedimiento PCI, que incluyó la observación directa de las unidades de muestreo y la respectiva detección y clasificación de los deterioros presentes, para posteriormente establecer el valor del Índice de Condición del Pavimento conforme a la norma ASTM D6433-16. Los hallazgos indicaron que la condición superficial del pavimento se encontraba mayormente en categorías “buena” y “aceptable”, lo que coincidió con las clasificaciones generales establecidas por la metodología PCI. Se concluyó que la aplicación del método PCI permitió obtener un diagnóstico preciso del estado del pavimento, sirviendo como herramienta fundamental para la programación de acciones de mantenimiento y mejoramiento de la transitabilidad en el sector evaluado.

Cabrera (2022) desarrolló el estudio titulado “Análisis comparativo de la aplicación de metodologías VIZIR y PCI en la evaluación superficial del pavimento urbano en el cercado de la ciudad de Tumbayaco, distrito de Tumbayaco, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque”. El propósito central consistió en contrastar ambas metodologías para diagnosticar el pavimento urbano de dicha localidad. La investigación aplicó PCI y VIZIR en las principales vías, recurriendo a observación directa y al registro de los deterioros detectados conforme a los parámetros de cada metodología. Los hallazgos revelaron que el método PCI permitió identificar una mayor cantidad de defectos y clasificarlos con mayor precisión, mientras que el VIZIR, pese a ser más rápido en su aplicación, ofreció un menor nivel de detalle. Ambos métodos coincidieron en la valoración final de la condición del pavimento. Se concluyó que el

uso del PCI resulta más adecuado para la planificación y el diagnóstico detallado de las labores de mantenimiento vial, mientras que el VIZIR se presenta como una alternativa práctica para evaluaciones rápidas o preliminares.

Rudas y Diaz (2022) en su tesis “Análisis comparativo de las metodologías PCI–VIZIR aplicada en pavimento flexible de la Av. Metropolitana - Ate Vitarte, 2022”, tuvo como propósito determinar la condición real de dicho pavimento mediante la aplicación de ambas metodologías, con el fin de proponer alternativas de solución. Para ello, realizó un reconocimiento visual de las unidades de muestra, empleando los instrumentos de evaluación definidos por cada método, con el objetivo de generar un inventario organizado de los deterioros identificados. Los hallazgos mostraron que, aunque ambas metodologías resultaron útiles, el PCI destacó por ser una herramienta de medición más precisa y confiable, ya que permite registrar la totalidad de fallas detectadas en la inspección visual y cuenta con siete rangos de valoración, lo cual facilita un diagnóstico más detallado del estado vial. No obstante, su aplicación requiere mayor tiempo y esfuerzo operativo en comparación con el VIZIR.

Coila y Ticona (2021) llevaron a cabo la investigación titulada “Análisis comparativo de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de las fallas del pavimento flexible de la carretera Atuncolla - complejo arqueológico Sillustani – Puno, 2021”. El objetivo principal fue contrastar ambas metodologías para evaluar el estado del pavimento en el tramo Atuncolla – Sillustani. Para ello, aplicaron PCI y VIZIR mediante observación directa en campo, registrando los deterioros presentes y clasificándolos de acuerdo con los parámetros de cada método, para posteriormente analizar los resultados. Los hallazgos indicaron que el PCI permitió una mayor precisión y nivel de detalle en la detección de fallas, mientras que el VIZIR ofreció una aplicación más rápida, aunque con menor exactitud. Ambos coincidieron en la clasificación general del estado superficial del pavimento. Finalmente, los autores

recomendaron el uso complementario de ambas metodologías: PCI como herramienta para diagnósticos exhaustivos y VIZIR como opción práctica para evaluaciones preliminares.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Muñiz (2024) realizó la investigación titulada “Análisis del pavimento mediante el método VIZIR y PCI desde la intercepción de la vía a Guayaquil hasta el mercado central de El Anegado - Jipijapa”. El objetivo principal fue diagnosticar el estado del pavimento urbano en Jipijapa, Ecuador, aplicando ambos procedimientos con el propósito de establecer el nivel de deterioro y plantear alternativas de conservación. Para ello, se emplearon metodologías de inspección visual directa, clasificando los daños en función de su tipo, severidad y extensión, de acuerdo con los lineamientos de PCI (ASTM D6433-07) y VIZIR (IFSTTAR). Los hallazgos indicaron que el primer tramo presentaba una condición regular, mientras que el segundo se encontraba en mal estado, recomendándose conservación en el primero y rehabilitación total en el segundo. Ambas metodologías coincidieron en la valoración general, aunque el PCI permitió un análisis más detallado de las fallas, mientras que el VIZIR destacó por su rapidez y sencillez en la aplicación. En conclusión, los autores sugirieron que ambas herramientas pueden complementarse: el PCI resulta más apropiado para estudios exhaustivos y el VIZIR para evaluaciones preliminares.

Castillo y Santos (2022) desarrollaron la investigación titulada “Comparación de metodologías para la evaluación de pavimentos flexibles mediante el uso de herramientas no destructivas: caso del tramo Intercambiador de Miraflores - Circunvalación Sur”. El objetivo general fue comparar las metodologías PCI y VIZIR para determinar el estado superficial del pavimento flexible utilizando inspecciones no destructivas. La metodología consistió en la recopilación de datos visuales mediante inspección directa y fotogrametría, aplicando los criterios establecidos por ambas metodologías en zonas urbanas de tráfico medio. Los

resultados indicaron que ambos métodos arrojaron clasificaciones similares respecto al estado general del pavimento, pero con diferencias en la cantidad de fallas registradas y el nivel de precisión. El PCI permitió una mayor discriminación entre distintos grados de deterioro, mientras que el VIZIR destacó por su rapidez y facilidad de aplicación. En conclusión, se señaló que la combinación de ambos métodos puede incrementar la precisión del diagnóstico y servir como apoyo en la planificación de acciones de conservación vial.

Mojica (2021) realizó el estudio titulado “Evaluación del estado del pavimento flexible de la vía principal del barrio La Florida en el municipio de Soacha, Cundinamarca, aplicando la metodología PCI”. El propósito fue diagnosticar el estado superficial del pavimento urbano aplicando exclusivamente el método PCI. Para ello, se realizó observación directa de las unidades de muestreo definidas según la norma ASTM D6433, con clasificación de fallas, determinación de severidad y cálculo del índice PCI. Los resultados evidenciaron que la vía presentaba una condición regular, con presencia de agrietamiento longitudinal, parches y fisuras en piel de cocodrilo. Se concluyó que el PCI constituyó una herramienta adecuada para el diagnóstico del pavimento, ya que permitió identificar zonas críticas y recomendar intervenciones de mantenimiento correctivo. Este trabajo confirma la utilidad del PCI como instrumento técnico confiable para la gestión de pavimentos urbanos.

Santos y Tovar (2021) realizaron el trabajo titulado “Comparación entre metodologías de evaluación de pavimentos: PCI vs. IRI para vías urbanas en Cuenca, Ecuador”. El objetivo fue comparar el método PCI con el índice de regularidad internacional (IRI) a fin de establecer cuál de los dos se ajusta mejor al análisis del estado superficial en contextos urbanos. La metodología combinó levantamientos visuales para el cálculo del PCI y mediciones longitudinales con perfilómetro para el IRI, aplicados en varios tramos con características geométricas distintas. Los resultados mostraron que el PCI permitió identificar fallas

específicas como grietas, baches y hundimientos, mientras que el IRI reflejó únicamente la confortabilidad del tránsito, sin detallar las patologías. Se concluyó que el uso del PCI proporciona un análisis más integral para apoyar la planificación de acciones de conservación urbana, mientras que el IRI resulta útil como complemento, al incorporar la percepción del usuario en la evaluación.

Cano y Murillo (2023) elaboraron la tesis titulada “Evaluación del estado del pavimento mediante el método VIZIR aplicado a vías secundarias en la ciudad de Manizales”. El objetivo principal fue aplicar este procedimiento para estimar el nivel de deterioro de la superficie en diversas calles secundarias urbanas. La investigación empleó inspección visual directa, registrando fallas lineales y superficiales en metros lineales, siguiendo los lineamientos del manual IFSTTAR y calculando los índices de falla (If), deterioro (Id) y síntesis (Is). Los hallazgos revelaron que la mayoría de las vías se encontraban en estado deficiente o malo, con alta incidencia de fisuras longitudinales y deformaciones. Se concluyó que el VIZIR constituye una herramienta práctica y rápida para clasificar el estado del pavimento en áreas urbanas, aunque no ofrece el mismo nivel de detalle que el PCI. Por ello, se recomendó su utilización como método preliminar o de apoyo en planes de mantenimiento vial.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar y comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, que permitirá orientar la propuesta de intervención.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el estado superficial mediante la metodología PCI de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.

Determinar el estado superficial mediante la metodología VIZIR de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.

Comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, orientando a la propuesta de intervención.

1.4. Justificación

La carretera Interoceánica, un proyecto estratégico para la integración regional en el Perú, juega un papel fundamental en el desarrollo económico y social de las comunidades que conecta. Sin embargo, el deterioro superficial del pavimento debido al intenso tráfico, las condiciones climáticas adversas y los deslizamientos ha generado un impacto negativo en la calidad de vida de los usuarios y en los costos asociados al transporte. Esta situación no solo compromete la seguridad de los conductores, sino que también afecta la productividad de las regiones interconectadas.

En este contexto, es esencial llevar a cabo una evaluación precisa del estado superficial del pavimento para proponer alternativas de mantenimiento vial que garanticen la sostenibilidad de esta importante infraestructura. La comparación entre las metodologías PCI y Vizir, complementada con herramientas tecnológicas como la fotogrametría, permite optimizar los procesos de diagnóstico al identificar patologías superficiales de manera rápida, precisa y económica.

Esta investigación contribuirá significativamente al ámbito académico al ampliar el conocimiento técnico sobre las metodologías de evaluación vial, facilitando su aplicación en futuros estudios. Asimismo, los resultados serán de utilidad práctica para las entidades gubernamentales responsables del mantenimiento de carreteras, al proporcionar información clave para la planificación y ejecución de intervenciones viales.

Desde una perspectiva social, esta investigación beneficiará a las comunidades aledañas al tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca, mejorando su conectividad y reduciendo los riesgos asociados a un pavimento en mal estado. Además, al asegurar un adecuado mantenimiento de la carretera, se fomentará el comercio, el turismo y el desarrollo económico de las regiones involucradas.

Por último, este estudio responde a la necesidad de cumplir con los estándares de calidad establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), promoviendo la sostenibilidad y la seguridad de la infraestructura vial en el Perú. La implementación de métodos modernos como la fotogrametría refuerza la innovación y precisión en el análisis de pavimentos, posicionando esta investigación como un aporte valioso tanto para el país como para la comunidad científica.

1.4.1. Justificación práctica

La presente investigación tiene una utilidad práctica inmediata en el campo de la ingeniería vial y la gestión del mantenimiento de infraestructuras. Al aplicar las metodologías PCI y VIZIR mediante fotogrametría, se propone un enfoque técnico que optimiza el proceso de evaluación superficial del pavimento, reduciendo tiempos, costos y riesgos asociados a inspecciones tradicionales. Esta innovación tecnológica permite generar diagnósticos más precisos y sistemáticos, lo que facilita la toma de decisiones técnicas fundamentadas para la programación de mantenimiento y rehabilitación de carreteras.

Además, los resultados obtenidos servirán como insumo clave para los gobiernos regionales y entidades como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), que buscan implementar intervenciones efectivas y sostenibles. La identificación clara de fallas y su localización precisa permiten priorizar tramos críticos y asignar adecuadamente los recursos públicos, evitando intervenciones innecesarias o mal dirigidas.

Finalmente, la aplicación práctica de esta investigación puede replicarse en otros tramos viales rurales o de características similares en zonas altoandinas, fortaleciendo los sistemas de gestión de pavimentos en contextos geográficos complejos.

1.4.2. Justificación social

Desde el punto de vista social, esta investigación responde a una necesidad urgente de las comunidades que habitan y transitan el tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca de la Carretera Interoceánica. El mal estado del pavimento afecta directamente la seguridad vial, el acceso a servicios básicos, la movilidad diaria de las personas y la comercialización de productos locales, generando impactos negativos en su calidad de vida.

Al proponer un diagnóstico técnico confiable y viable de implementar, esta tesis contribuye al diseño de intervenciones que mejoren la transitabilidad y conectividad regional, reduciendo los riesgos de accidentes, daños a vehículos y tiempos de viaje. Esto, a su vez, impulsa el comercio, el turismo y las oportunidades de desarrollo económico en zonas históricamente olvidadas por la infraestructura estatal.

Además, al fortalecer la gestión vial con base en métodos estandarizados y herramientas tecnológicas modernas, se promueve una infraestructura segura, eficiente y equitativa, en beneficio de la población más vulnerable. Esta investigación, por tanto, no solo tiene un impacto técnico, sino también un claro componente de justicia social y desarrollo territorial.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de fotogrametría en la evaluación de patologías superficiales de la carretera Interoceánica (Tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca) permite obtener resultados más precisos y eficientes al comparar las metodologías VIZIR y PCI, evidenciando diferencias significativas en la clasificación del estado del pavimento.

1.5.2. Hipótesis específicas

La metodología PCI aplicada con fotogrametría permite evaluar de manera más detallada el estado superficial de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.

La metodología VIZIR aplicada con fotogrametría permite evaluar de manera representativa el estado superficial de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.

Los resultados obtenidos con las metodologías PCI y VIZIR aplicados con fotogrametría presentan diferencias en las categorías de condición de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Pavimento

Los pavimentos constituyen una alternativa constructiva destinada a conformar vías de transporte, diseñadas y ejecutadas con el propósito de garantizar condiciones adecuadas para la circulación de personas, bienes y servicios durante su vida útil. (Becerra, 2012)

En el caso de las carreteras, el pavimento se estructura mediante capas superpuestas de materiales procesados que se apoyan sobre la subrasante. Su función principal es transferir de manera uniforme las cargas aplicadas al terreno de fundación. Además, esta estructura debe ofrecer una superficie con buena rodadura, resistencia apropiada al deslizamiento, propiedades de reflexión lumínica y bajos niveles de contaminación acústica. (Deshmukh et al., 2017)

2.1.1.1. Tipos de pavimento

A. Pavimento flexible. El pavimento flexible está compuesto por cemento asfáltico, el cual constituye un material cementante de tonalidad oscura (café o negro), con consistencia sólida o semisólida. Sus principales componentes corresponden a betunes o mezclas de hidrocarburos, presentes de manera natural o producidos a partir de la refinación del petróleo. El asfalto se clasifica como un material bituminoso, dado que contiene bitumen, es decir, un hidrocarburo soluble en disulfuro de carbono. (The Asphalt Institute, 2000)

Los pavimentos asfálticos, teniendo en cuenta su comportamiento satisfactorio frente a las cargas de tráfico y también su alta resistencia al deslizamiento, buena capacidad de servicio y calidad de conducción, se utilizan como pavimentos de autopistas, autovías y aeropuertos. En las últimas décadas, con el rápido desarrollo de la urbanización y teniendo en cuenta el espectacular aumento de la carga de tráfico, el volumen de tráfico y la velocidad, las deformaciones permanentes en los pavimentos flexibles se han generalizado de forma

significativa. Por otro lado, tras el envejecimiento del ligante asfáltico en las mezclas asfálticas y su sensibilidad a las bajas y altas temperaturas, los gastos de mantenimiento han aumentado para las autoridades de carreteras. (Hassani et al., 2020)

B. Pavimento rígido. La estructura de un pavimento rígido está conformada por una losa de concreto hidráulico, debajo de la cual puede colocarse una capa de base o subbase granular. La incorporación de una base adecuada bajo la losa de concreto prolonga la vida útil del pavimento, volviéndolo más económico en el tiempo. Gracias a su elevada rigidez y resistencia a la tracción, este tipo de pavimento distribuye la carga sobre un área más amplia de la subrasante, mientras que la mayor parte de la capacidad estructural proviene directamente de la losa. Los pavimentos rígidos suelen emplearse en vías sometidas a cargas elevadas y pueden construirse sobre subrasantes de menor calidad. (Deshmukh et al., 2017)

Los pavimentos rígidos poseen la resistencia suficiente a la flexión para transmitir las cargas de las ruedas hacia un área más extensa. Generalmente, se apoyan directamente sobre la subrasante previamente preparada o sobre una capa única de material granular o estabilizado. Como existe únicamente una capa entre la losa de concreto y la subrasante, esta se denomina base o subbase. (Mohod y Kadam, 2016)

2.1.2. Evaluación superficial metodología VIZIR

2.1.2.1. Antecedentes del método VIZIR. Según Autret y Brousse (1991), el método VIZIR fue desarrollado en Francia por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras (LCPC) y el Servicio de Estudios Técnicos de Carreteras y Autopistas (SETRA), como una herramienta de apoyo informático para la gestión del mantenimiento de carreteras, mediante la inspección visual de los deterioros superficiales y estructurales. Esta metodología, conocida como “Vérification des Indicateurs de Zones d’Intervention Routière”, permite evaluar las

condiciones del pavimento y determinar las necesidades de intervención mediante el cálculo del Índice de Deterioro Superficial (Is).

2.1.2.2. Objetivo de la metodología VIZIR. El propósito central del método VIZIR es ofrecer un sistema estandarizado para la inspección visual de carreteras, que permita identificar, clasificar y cuantificar los daños en la superficie del pavimento. Esta herramienta está orientada a apoyar la programación de intervenciones de conservación vial mediante la estimación del Índice de Deterioro Superficial (Is), el cual representa el estado funcional y estructural de la vía. (Autret y Brousse, 1991)

En el contexto colombiano, el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS, 2016) resalta que la aplicación del método VIZIR tiene como propósito principal evaluar el estado superficial de los pavimentos flexibles y contribuir a la priorización de las actividades de conservación y mantenimiento de las vías nacionales.

2.1.2.3. Principios básicos del método VIZIR. El método VIZIR se fundamenta en la inspección visual sistemática del pavimento, la cual permite identificar, clasificar y cuantificar las distintas patologías presentes en la superficie de las carreteras. Esta metodología establece como principio básico la agrupación de los deterioros en dos tipos: el Tipo A, correspondiente a deterioros superficiales, y el Tipo B, asociado a deterioros estructurales. (Autret y Brousse, 1991)

Cada tipo de deterioro es evaluado en función de su extensión, severidad y tipo, lo que permite calcular el Índice de Deterioro Superficial (Is), un valor que orienta la toma de decisiones respecto al mantenimiento vial, este índice constituye una herramienta fundamental para la priorización de intervenciones en la red vial nacional, ya que ofrece un diagnóstico técnico del estado del pavimento. (INVÍAS, 2016)

En investigaciones recientes, Ortega et al. (2024) destacan que la metodología VIZIR,

al basarse en la observación visual y la medición sistemática de patologías, puede ser complementada con tecnologías emergentes, como el uso de sistemas aéreos no tripulados (UAS), mejorando así la precisión y eficiencia de la evaluación del estado superficial del pavimento. Asimismo, el Banco Mundial sostiene que la implementación de métodos estandarizados como VIZIR fortalece la gestión vial al proporcionar información objetiva para la programación y priorización de las actividades de mantenimiento.

2.1.2.4. Clasificación de las patologías según VIZIR

Tabla 1

Fallas tipo A: Deterioros superficiales

Deterioro	Descripción	Nivel de gravedad (1)			Unidad de medida
		1	2	3	
Ahuellamiento (AH)	Depresión longitudinal continua en las huellas de rodamiento, causada por cargas repetidas o deficiencias estructurales del pavimento.	Profundidad < 20 mm (deformación leve perceptible)	20 mm ≤ Profundidad ≤ 40 mm (deformación importante)	Profundidad > 40 mm (afecta comodidad y seguridad)	m (metros)
Depresiones o hundimientos longitudinales (DL)	Depresión localizada y alargada en sentido longitudinal, producida por asentamientos de la subrasante o deficiencias constructivas.	Profundidad < 20 mm (deformación leve perceptible)	20 mm ≤ Profundidad ≤ 40 mm (deformación importante)	Profundidad > 40 mm (afecta comodidad y seguridad)	m (metros)
Depresiones o hundimientos transversales (DT)	Depresión localizada en sentido transversal, asociada a asentamientos, mala compactación o deficiencia de drenaje.	Profundidad < 20 mm (deformación leve perceptible)	20 mm ≤ Profundidad ≤ 40 mm (deformación importante)	Profundidad > 40 mm (afecta comodidad y seguridad)	m (metros)
Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)	Fisuras paralelas al eje de la vía, localizadas en las huellas de tránsito, generadas por fatiga de las capas asfálticas.	Fisuras finas en la huella de rodamiento (< 6 mm)	Fisuras abiertas y ramificadas	Fisuras muy ramificadas o abiertas, bordes degradados	m (metros)
Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	Grietas interconectadas formando polígonos irregulares en zonas de carga repetitiva, debido a agotamiento estructural.	Mallas > 500 mm, grietas finas, sin pérdida de material	Mallas < 500 mm, pérdida ocasional de material o desprendimientos	Mallas < 200 mm, grietas abiertas y pérdida generalizada de material	m (metros)

Bacheos y parcheos (B)	Áreas intervenidas mediante la remoción y reemplazo del pavimento para corregir fallas previas; su desempeño depende de la calidad de la reparación.	Intervención superficial ligada a deterioros tipo B, comportamiento satisfactorio	Intervención ligada a deterioros tipo A, comportamiento aceptable	Falla en las zonas reparadas, comportamiento deficiente	m ² (metros cuadrados)
------------------------	--	---	---	---	-----------------------------------

Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2016).

Tabla 2

Fallas tipo B: Deterioros estructurales

Deterioro	Descripción	Nivel de gravedad (1)			Unidad de medida
		1	2	3	
Fisura longitudinal de junta de construcción (FLJ)	Fisura paralela al eje de la vía sobre la junta de construcción, originada por defectos en la unión longitudinal de las capas.	Fisura fina (< 6 mm), sin apertura, sin desprendimiento.	Fisura abierta o ramificada, sin desprendimiento.	Fisura abierta, ramificada y con desprendimiento.	m (metros)
Fisura transversal de junta de construcción (FTJ)	Fisura perpendicular al eje de la vía sobre la junta de construcción, ocasionada por contracción o mala ejecución.	Fisura fina (< 6 mm), sin apertura, sin desprendimiento.	Fisura abierta o ramificada, sin desprendimiento.	Fisura abierta, ramificada y con desprendimiento.	m (metros)
Fisuras de contracción térmica (FCT)	Fisura generada por cambios de temperatura, sin causa estructural aparente.	Fisura fina y sin apertura.	Fisura abierta o con leve ramificación.	Fisura abierta, ramificada y con desprendimiento.	m (metros)
Fisuras parabólicas (FP)	Fisura de forma parabólica causada por deformaciones diferenciales.	Fisura leve, sin apertura ni deformación.	Fisura moderada con apertura o deformación leve.	Fisura severa con deformación evidente.	m (metros)

Fisura de borde (FB)	Fisura longitudinal ubicada cerca del borde del pavimento, provocada por falta de confinamiento o asentamientos laterales.	Fisura fina y sin apertura.	Fisura abierta o ligeramente ramificada.	Fisura abierta con desprendimiento o desintegración.	m (metros)
Ojos de pescado (O)	Grietas circulares semejantes a ojos de pescado, producidas por fallos en la mezcla o defectos en el ligante.	Ojo de pescado aislado, sin desprendimiento.	Ojo de pescado abierto o agrupado.	Ojo de pescado abierto, agrupado y con desprendimiento.	m ² (metros cuadrados)
Desplazamiento, abultamiento o ahuellamiento de la mezcla (DM)	Deformación visible en la superficie, por acumulación o desplazamiento de mezcla asfáltica.	Deformación < 10 mm, perceptible visualmente.	Deformación entre 10 mm y 20 mm.	Deformación > 20 mm que afecta tránsito.	m ² (metros cuadrados)
Pérdida de la película de ligante (PL)	Desgaste superficial por pérdida o envejecimiento del ligante bituminoso.	Pérdida incipiente de la película de ligante.	Pérdida moderada de película de ligante.	Pérdida severa de la película de ligante.	m ² (metros cuadrados)
Pérdida de agregados (PA)	Pérdida de partículas de agregado superficial sin afectar la estructura.	Pérdida incipiente de agregados.	Pérdida moderada de agregados superficiales.	Pérdida severa de agregados, superficie expuesta.	m ² (metros cuadrados)
Descascaramiento (D)	Levantamiento o desprendimiento del recubrimiento superficial de la mezcla.	Descascaramiento leve, superficial.	Descascaramiento moderado, desprendimiento leve.	Descascaramiento severo con desprendimiento generalizado.	m ² (metros cuadrados)
Pulimento de agregados (PU)	Desgaste de la superficie que expone los agregados, generando falta de adherencia.	Pulimento leve sin desprendimiento.	Pulimento moderado con pérdida de adherencia.	Pulimento severo que afecta seguridad.	m ² (metros cuadrados)
Exudación (EX)	Presencia de exudación de ligante en la superficie del pavimento.	Exudación leve sin afectación funcional.	Exudación moderada con presencia continua.	Exudación severa que afecta la adherencia.	m ² (metros cuadrados)

Afloramiento de mortero (AM)	Aparición de mortero en la superficie, procedente de capas inferiores.	Afloramiento de mortero leve, sin deformación.	Afloramiento moderado de mortero o con deformación.	Afloramiento severo con deformación y afectación.	m ² (metros cuadrados)
Afloramiento de agua (AA)	Presencia de agua emergente en la superficie del pavimento.	Emergencia ocasional de agua, sin saturación.	Emergencia continua de agua con encharcamientos.	Afloramiento permanente de agua con saturación.	m ² (metros cuadrados)
Desintegración de los bordes del pavimento (DB)	Pérdida o daño en los bordes laterales del pavimento.	Desintegración leve del borde.	Desintegración moderada de los bordes.	Desintegración severa con pérdida de borde.	m (metros)
Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)	Diferencia de nivel entre la calzada y la berma, generada por asentamientos o defectos constructivos.	Diferencia < 10 mm entre calzada y berma.	Diferencia entre 10 mm y 20 mm.	Diferencia > 20 mm afectando seguridad.	m (metros)
Erosión de las bermas (EB)	Pérdida progresiva del material en las bermas laterales.	Erosión leve en las bermas.	Erosión moderada con pérdida de material.	Erosión severa con pérdida considerable de material.	m ² (metros cuadrados)
Segregación (S)	Presencia de zonas donde la mezcla presenta una mala distribución de agregados o ligante.	Segregación leve sin afectación estructural.	Segregación moderada con afectación de mezcla.	Segregación severa con riesgo de desprendimiento.	m ² (metros cuadrados)

Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2016).

2.1.2.5. Determinación del índice de deterioro superficial (Is). La determinación del índice de deterioro superficial (Is) constituye el procedimiento fundamental para cuantificar el estado superficial de los pavimentos flexibles, dentro de la metodología VIZIR adaptada por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Este índice se obtiene mediante la inspección visual sistemática, en la cual se identifican y cuantifican los deterioros presentes en la superficie del pavimento. (INVÍAS, 2016)

Para su cálculo, se emplea la siguiente expresión matemática:

$$I_s = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot G_i \cdot P_i)}{S}$$

Donde:

Q_i = Cantidad o longitud del deterioro i registrado (en m o m^2)

G_i = Coeficiente asignado según la gravedad del deterioro i (leve, moderado o severo)

P_i = Peso relativo del deterioro i , según su impacto en la condición del pavimento

S = Superficie total del tramo evaluado (en m^2)

El I_s permite clasificar el estado del pavimento dentro de las siguientes categorías:

- $I_s \leq 40$: Bueno
- $41 \leq I_s \leq 70$: Regular
- $I_s > 70$: Malo

2.1.3. Evaluación superficial metodología PCI

2.1.3.1. Introducción al índice de condición del pavimento (PCI). El índice de condición del pavimento (PCI) constituye un indicador numérico diseñado para evaluar de forma objetiva la condición superficial de los pavimentos, ya sean de concreto o asfálticos. Su principal función es actuar como herramienta técnica en la gestión del mantenimiento vial, permitiendo identificar el nivel de deterioro y orientar las medidas preventivas o correctivas necesarias. (ASTM International, 2007)

El origen del PCI se remonta a la década de 1970, cuando el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), junto con la Asociación Americana para Ensayos y Materiales (ASTM International), diseñaron este método como parte de un sistema integral de gestión de pavimentos. Su propósito inicial fue la evaluación de pistas y áreas operativas en bases militares, extendiéndose posteriormente al ámbito civil. (Shahin, 2005)

La importancia del PCI radica en su capacidad para proporcionar una evaluación sistemática y reproducible del estado del pavimento, facilitando la toma de decisiones en proyectos de conservación, priorización de inversiones y planificación de mantenimiento. Gracias a su simplicidad metodológica y a su respaldo normativo, el PCI se ha convertido en un referente mundial para la gestión de infraestructura vial. (Piryonesi y El-Diraby, 2020)

2.1.3.2. Principios fundamentales del método PCI. El Pavement Condition Index (PCI) se fundamenta en un sistema estandarizado de evaluación visual, cuyo objetivo es identificar, cuantificar y clasificar los daños que se manifiestan en la superficie del pavimento. Esta técnica posibilita obtener una valoración objetiva de su condición sin recurrir a ensayos destructivos, siendo aplicable tanto en pavimentos flexibles asfálticos como en rígidos de concreto. (ASTM International, 2007)

2.1.3.3. Fundamentos de la evaluación visual. La evaluación visual consiste en la observación directa de las superficies del pavimento mediante inspecciones de campo. El evaluador registra los tipos de deterioro, su gravedad y su extensión en unidades de muestreo preestablecidas.

La confiabilidad del método radica en la aplicación sistemática de criterios de clasificación uniformes, lo que permite reducir la subjetividad y mantener la consistencia entre diferentes inspecciones. (Piryonesi y El-Diraby, 2020)

- **Deterioro:**

Corresponde a cualquier manifestación visible que afecte la integridad, la funcionalidad o la estética del pavimento. Los deterioros pueden ser grietas, deformaciones, baches, desprendimientos, entre otros, y su identificación es fundamental para la aplicación del método PCI. (ASTM International, 2007)

- **Severidad:**

Hace referencia al grado de afectación de cada tipo de deterioro. La norma ASTM D6433 clasifica la severidad en tres niveles: leve, moderada y severa, según la magnitud del daño y su impacto en el desempeño del pavimento. (ASTM International, 2007)

- **Unidad de muestreo:**

Es un área definida dentro del pavimento que se selecciona para la inspección y evaluación. Su tamaño estándar varía según la normativa, pero su propósito es representar de manera adecuada la condición global del pavimento evaluado. Las unidades de muestreo permiten extrapolar los resultados de la inspección al resto del tramo. (ASTM International, 2007)

2.1.3.4. Interpretación del rango del PCI (0–100). El resultado de la evaluación se expresa en un valor numérico denominado Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual varía de 0 a 100, donde:

Tabla 3

Interpretación de condición de pavimento PCI

Valor del PCI	Interpretación
85 – 100	Excelente
70 – 84	Bueno
55 – 69	Regular
40 – 54	Malo

25 – 39	Muy malo
0 – 24	Falla total

Nota. Adaptado de ASTM International, 2007

Este rango facilita la toma de decisiones para la programación de intervenciones, estableciendo prioridades de mantenimiento y rehabilitación. En general, a mayor PCI, menor necesidad de intervención inmediata, y a menor PCI, mayor urgencia de acciones correctivas. (ASTM International, 2007)

2.1.3.5. Metodología general para la evaluación del PCI. La metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI), conforme a la norma ASTM D6433, establece un procedimiento técnico y estandarizado para evaluar la condición superficial de los pavimentos. Su aplicación se basa en inspecciones visuales, registro de deterioros y la interpretación sistemática de los resultados obtenidos. (ASTM International, 2007)

2.1.3.6. Procedimiento básico según ASTM D6433. El proceso se puede resumir en cinco etapas principales:

A. Selección de unidades de muestra. El área total del pavimento se divide en unidades de muestra, que son segmentos representativos seleccionados aleatoriamente o de manera sistemática. Estas unidades permiten realizar la inspección sin necesidad de evaluar la totalidad del pavimento, optimizando tiempo y recursos. (ASTM International, 2007)

B. Inspección visual y levantamiento de deterioros. En cada unidad de muestra, se lleva a cabo una inspección visual para identificar los tipos de deterioro presentes. El inspector registra el deterioro encontrado, su cantidad y su extensión, siguiendo las guías de la ASTM para garantizar uniformidad en la evaluación. (ASTM International, 2007)

C. Clasificación de deterioros y severidad. Cada tipo de deterioro identificado se clasifica según su severidad (leve, moderada o severa), conforme a los criterios definidos por

la norma. Esta clasificación es fundamental, ya que influye directamente en la ponderación y en los valores deductivos aplicables al cálculo del PCI. (ASTM International, 2007)

D. Cálculo de los valores deductivos y ajuste. Los deterioros registrados y su severidad permiten obtener un valor deductivo, que representa el impacto del daño en la condición del pavimento. Cuando existen varios deterioros en una unidad de muestra, se aplica una curva de corrección para evitar la sobreestimación de daños acumulados. (ASTM International, 2007)

E. Obtención del índice final del PCI. Finalmente, se calcula el PCI de cada unidad de muestra utilizando la fórmula estandarizada, y se determina el PCI promedio del tramo o área evaluada. Este valor es el que orienta las decisiones de mantenimiento, priorización de intervenciones o rehabilitación.

El método PCI se ha consolidado como una herramienta práctica y efectiva para la gestión del mantenimiento vial, permitiendo optimizar recursos y planificar las actividades de conservación a partir de un diagnóstico confiable. (Federal Highway Administration [FHWA], 2013)

2.1.3.7. Tipos de deterioro de pavimentos según el método PCI

Tabla 4

Patologías en pavimentos flexibles según el método PCI

Patología con Código	Descripción	Severidad			Unidad de medida
		Leve	Moderada	Severa	
Piel de cocodrilo (PC)	Grietas interconectadas que forman un patrón de malla similar a la piel de un cocodrilo, causadas por fatiga estructural.	Grietas finas sin desprendimiento	Grietas con desprendimiento incipiente	Grietas abiertas con desprendimiento generalizado	m ²
Exudación (EX)	Aparición de asfalto en la superficie, generando una textura resbaladiza debido al calor o exceso de ligante.	Leve película de asfalto	Película de asfalto evidente	Asfalto superficial abundante o pegajoso	m ²
Agrietamiento en bloque (BLO)	Grietas que dividen la superficie del pavimento en bloques aproximadamente rectangulares, causadas por contracción térmica.	Grietas separadas sin desplazamiento	Grietas con leve desplazamiento	Grietas con desplazamiento notable	m ²
Abultamientos y hundimientos (ABH)	Deformaciones hacia arriba o hacia abajo del pavimento debido a expansión de suelos o fallas estructurales.	Deformación ligera sin agrietamiento	Deformación moderada con fisuras	Deformación severa con desprendimientos	m ²
Corrugación (COR)	Ondulaciones transversales regulares en la superficie del pavimento, generalmente en zonas de frenado.	Ondulaciones poco perceptibles	Ondulaciones perceptibles al transitar	Ondulaciones que afectan la seguridad	m ²

Depresión (DEP)	Depresiones localizadas en la superficie del pavimento, donde el área afectada está por debajo del nivel normal.	Depresión superficial leve	Depresión moderada visible	Depresión profunda y extensa	m ²
Grieta de borde (GB)	Grietas longitudinales cercanas al borde del pavimento, debidas a asentamientos laterales o falta de soporte.	Grietas finas sin separación	Grietas con leve separación o pequeñas pérdidas	Grietas abiertas o con pérdida de material	ml
Grieta de reflexión de junta (GR)	Grietas que aparecen sobre las juntas o grietas del pavimento subyacente debido al reflejo de movimientos.	Grietas finas sobre la junta	Grietas medianas sobre la junta	Grietas severas cruzando la junta	ml
Desnivel carril / berma (DN)	Desniveles entre el carril de rodadura y la berma, generando bordes peligrosos al transitar.	Desnivel menor a 2.5 cm	Desnivel entre 2.5 cm y 5 cm	Desnivel mayor a 5 cm	ml
Grietas longitudinales y transversales (GLT)	Grietas que se presentan longitudinal o transversalmente sin un patrón definido, provocadas por retracción o esfuerzos térmicos.	Grietas finas sin desplazamiento	Grietas con desplazamiento moderado	Grietas con gran desplazamiento y deterioro	ml
Parcheo y acometidas de servicios públicos (PA)	Áreas donde se ha colocado mezcla asfáltica para reparar daños o instalaciones de servicios públicos.	Parcheo en buenas condiciones	Parcheo con deterioro parcial	Parcheo en mal estado o fallido	m ²
Pulimento de agregados (PU)	Desgaste superficial del pavimento debido al pulimento de los agregados, reduciendo la fricción.	Pulimento apenas perceptible	Pulimento evidente, reduce fricción	Pulimento severo sin textura superficial	m ²
Huecos (HUE)	Cavidades que penetran la superficie del pavimento, generalmente por la evolución de grietas o fallos no atendidos.	Hueco poco profundo y pequeño	Hueco profundo o de tamaño moderado	Hueco profundo y extenso	unid

Cruce de vía férrea (CVF)	Defectos en la superficie del pavimento en zonas de cruce de vías férreas, generando discontinuidad o deterioro.	Deterioro leve en cruce ferroviario	Deterioro moderado en cruce ferroviario	Deterioro severo del cruce ferroviario	m ²
Ahuellamiento (AHU)	Deformación permanente en las huellas de los neumáticos debido a la compactación o deformación plástica del pavimento.	Ahuellamiento menor a 1 cm	Ahuellamiento entre 1 cm y 2.5 cm	Ahuellamiento mayor a 2.5 cm	m ²
Desplazamiento (DES)	Desplazamiento localizado del pavimento en sentido longitudinal, provocado por empuje vehicular o problemas estructurales.	Desplazamiento menor a 2.5 cm	Desplazamiento evidente sin agrietamiento	Desplazamiento severo con agrietamiento	m ²
Grietas parabólicas (slippage) (GP)	Grietas semicirculares causadas por esfuerzos de cizalladura, generalmente cerca de zonas de frenado.	Grietas finas en el borde del deslizamiento	Grietas pronunciadas con separación moderada	Grietas abiertas y separadas por deslizamiento	ml
Hinchamiento (HN)	Elevación localizada del pavimento por expansión de suelos o reacción de materiales subyacentes.	Leve levantamiento sin agrietamiento	Levantamiento evidente con fisuración	Levantamiento severo afectando tránsito	m ²
Meteorización / desprendimiento de agregados (DAG)	Desgaste progresivo de la superficie del pavimento por la acción del clima o tránsito, generando desprendimiento de agregados.	Desgaste superficial leve	Desgaste superficial con pérdida moderada de agregados	Desgaste superficial severo con pérdida total de textura	m ²

Nota. Adaptado de ASTM International (2007).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es una herramienta fundamental dentro de los sistemas modernos de gestión vial. Su valor radica en la capacidad de proporcionar una evaluación objetiva, estandarizada y cuantificable del estado superficial de las carreteras y otras infraestructuras viales. (ASTM International, 2007)

El PCI no solo permite conocer la condición actual del pavimento, sino que también facilita la planificación estratégica de las acciones de mantenimiento y conservación, optimizando la asignación de recursos y prolongando la vida útil de la infraestructura. (FHWA, 2013)

A. Aplicación del PCI en la planificación del mantenimiento. La gestión eficaz de los pavimentos requiere información confiable y actualizada sobre su condición. El PCI cumple este propósito al establecer un diagnóstico preciso, que permite definir los tipos de intervención más adecuados: mantenimiento rutinario, preventivo, correctivo o rehabilitación. (Piryonesi y El-Diraby, 2020)

Gracias a la clasificación de los pavimentos según su índice de condición, las entidades encargadas de la infraestructura pueden desarrollar programas de mantenimiento planificados, evitando intervenciones reactivas y costosas. Esta planificación permite además anticipar el deterioro y aplicar tratamientos a tiempo, contribuyendo a una mayor eficiencia técnica y económica. (Piryonesi y El-Diraby, 2020)

B. Utilidad en la priorización de intervenciones y optimización de recursos. Uno de los principales beneficios del uso del PCI es su capacidad para servir como criterio técnico en la priorización de intervenciones. Al identificar las zonas que requieren atención inmediata frente a aquellas que solo necesitan monitoreo o mantenimiento leve, se evita la aplicación indiscriminada de recursos y se maximiza el impacto de las inversiones públicas y privadas. (Piryonesi y El-Diraby, 2020)

Asimismo, el PCI facilita la optimización del presupuesto disponible, ya que permite

seleccionar las técnicas de mantenimiento más adecuadas según la severidad y el tipo de deterioro identificado, mejorando la relación costo-beneficio de las intervenciones. (Piryonesi y El-Diraby, 2020)

2.1.4. La fotogrametría como técnica de levantamiento

2.1.4.1. Definición de la fotogrametría. La fotogrametría es una técnica que permite obtener información geométrica precisa de objetos o superficies mediante el análisis de fotografías. Según la fotogrametría permite extraer medidas, dimensiones y características de elementos físicos a partir de imágenes aéreas o terrestres procesadas digitalmente, constituyéndose en una herramienta eficiente para la ingeniería civil y la gestión de infraestructuras. (Ortega et al., 2024)

2.1.4.2. Principios básicos de la fotogrametría. Toma de Imágenes: Consiste en la captura sistemática de fotografías desde dispositivos aéreos no tripulados (UAV o drones), garantizando la superposición necesaria entre imágenes para su posterior análisis. Destacan que las capturas a baja altura (por ejemplo, 5 metros) proporcionan alta resolución, lo que facilita la identificación de detalles en superficies como los pavimentos. (Ortega et al., 2024)

Procesamiento Fotogramétrico: Las imágenes capturadas son procesadas mediante software especializado como Agisoft Metashape Professional, donde se generan ortomosaicos, modelos tridimensionales y nubes de puntos. Este procesamiento convierte las imágenes en representaciones métricas, esenciales para estudios técnicos. (Guan et al., 2022)

Generación de Modelos o Planos: Posteriormente, la información obtenida es exportada a plataformas CAD como *Autodesk Civil 3D*, permitiendo la elaboración de planos, el análisis de coordenadas y la planificación de proyectos de ingeniería, asegurando precisión en las mediciones y trazados. (Guan et al., 2022)

2.1.4.3. Aplicación de la fotogrametría en obras civiles. La fotogrametría se emplea en diversos procesos relacionados con las obras civiles, entre los cuales destacan:

Levantamiento topográfico: Permite obtener modelos digitales del terreno (MDT), ortomosaicos y curvas de nivel de manera rápida y precisa, facilitando la planificación de proyectos de infraestructura. (Guan et al., 2022)

Control de obra: Su uso posibilita el seguimiento del avance físico de las obras, la comparación entre el diseño proyectado y la ejecución real, así como la generación de reportes gráficos y volumétricos en tiempo real. (Ortega et al., 2024)

Inspección de infraestructuras: La fotogrametría permite detectar deformaciones, asentamientos, grietas y otras patologías superficiales en pavimentos, estructuras o edificaciones, contribuyendo a las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. (Guan et al., 2022)

2.1.4.4. Ventajas frente a métodos tradicionales. El uso de la fotogrametría aérea o terrestre presenta múltiples ventajas frente a los métodos convencionales de levantamiento y supervisión en obras, lo cual se ha evidenciado en levantamientos topográficos planimétricos de alta resolución realizados mediante drones y mediciones GNSS/GPS. (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2020)

- **Rapidez:** Reduce significativamente el tiempo requerido para la captura y procesamiento de datos en comparación con los levantamientos tradicionales de campo, al permitir adquirir miles de imágenes en períodos relativamente cortos de vuelo. (IGP, 2020)
- **Seguridad:** Minimiza la exposición del personal a riesgos al eliminar la necesidad de contacto directo con zonas de difícil acceso o con tránsito vehicular, aprovechando vuelos planificados que reducen sustancialmente la complejidad y peligrosidad de las maniobras en campo. (IGP, 2020)
- **Precisión:** Los modelos generados (modelos digitales del terreno, ortomosaicos y curvas de nivel) permiten obtener mediciones con exactitudes centimétricas,

dependiendo del equipo utilizado, la planificación del vuelo y las condiciones del levantamiento. (IGP, 2020)

- Documentación gráfica: Proporciona un registro visual permanente de alta resolución, a partir del cual es posible identificar detalles del terreno, realizar mediciones posteriores y elaborar productos cartográficos para distintas aplicaciones de análisis y diseño. (IGP, 2020)

2.1.4.5. Fotogrametría aplicada a la inspección de pavimentos. La evaluación del estado superficial de los pavimentos requiere métodos que garanticen precisión, eficiencia y seguridad en la obtención de datos. En este contexto, la fotogrametría se ha consolidado como una herramienta eficaz para la inspección y diagnóstico de pavimentos, al permitir el registro visual de alta resolución y la medición de las patologías superficiales mediante ortofotos y nubes de puntos 3D, reduciendo el trabajo de campo y la exposición directa de los inspectores al tránsito vehicular. (Zainal Abidin y Ariff, 2023)

2.1.4.6. Justificación del uso para evaluación de patologías superficiales. El empleo de la fotogrametría en la evaluación de pavimentos se justifica por las siguientes razones:

La captura de imágenes a alta resolución posibilita la detección precisa de las principales patologías superficiales, como grietas, baches o desprendimientos, y su posterior medición para su análisis técnico. (Ortega et al., 2024)

Evita la interrupción del tráfico al ser un método no intrusivo, la fotogrametría permite realizar el levantamiento de información sin interrumpir la circulación vehicular, reduciendo riesgos operativos y logísticos. (Ortega et al., 2024)

Las imágenes generadas ofrecen un soporte gráfico detallado que puede ser utilizado para análisis comparativos en diferentes periodos, fortaleciendo la gestión del mantenimiento vial. (Guan et al., 2022)

2.1.4.7. Aplicación en la metodología de evaluación (PCI y VIZIR). La fotogrametría se integra eficazmente en las metodologías de evaluación de pavimentos, tales como el (PCI) y VIZIR, a través de las siguientes aplicaciones:

Los ortomosaicos generados a partir del procesamiento fotogramétrico permiten medir las dimensiones de las áreas afectadas por las patologías, facilitando la cuantificación objetiva y sistemática de los daños. (Ortega et al., 2024)

El análisis de las imágenes facilita la correcta identificación y clasificación de las patologías conforme a los criterios establecidos en los métodos PCI y VIZIR, asegurando un diagnóstico confiable y replicable. (Ortega et al., 2024)

A. Captura de imágenes con dron a 5 metros de altura. La toma de imágenes se realizó mediante un dron equipado con cámara de alta resolución, el cual efectuó vuelos a 5 metros de altura sobre la superficie del pavimento. Esta distancia permitió obtener fotografías con un nivel de detalle suficiente para la identificación de las diferentes patologías superficiales, asegurando además la continuidad visual y la superposición adecuada entre imágenes para el posterior procesamiento fotogramétrico. (Ortega et al., 2024)

B. Procesamiento en Agisoft Metashape. Las imágenes capturadas fueron procesadas utilizando el software Agisoft Metashape Professional, el cual permitió generar ortomosaicos, modelos tridimensionales y nubes de puntos. Este software emplea algoritmos de fotogrametría digital para la alineación de imágenes, construcción de mallas y generación de modelos fotogramétricos de alta precisión, los cuales sirvieron como base para el análisis posterior. (Guan et al., 2022)

C. Análisis y representación en Autodesk Civil 3D. Posteriormente, los modelos generados fueron exportados a Autodesk Civil 3D, donde se realizó la representación gráfica, la determinación de coordenadas y la elaboración de planos detallados del tramo analizado. Esta integración facilitó la georreferenciación y la medición precisa de las áreas afectadas por

las patologías, contribuyendo al diagnóstico técnico conforme a las metodologías PCI y VIZIR. (Ortega et al., 2024)

2.1.5. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva constituye la base del análisis de datos, ya que permiten resumir la información obtenida y ofrecer una visión general de su comportamiento. Entre las medidas de tendencia central más utilizadas se encuentran la media aritmética, la mediana y la moda, mientras que las medidas de dispersión incluyen el mínimo, el máximo, el rango, la varianza y la desviación estándar. La media representa el valor promedio de un conjunto de datos; la mediana señala el valor central al ordenar los datos de menor a mayor, siendo especialmente útil en distribuciones asimétricas; y los valores extremos, máximo y mínimo, delimitan el rango de variación de los datos. Estas métricas iniciales permiten identificar patrones y comparar tendencias de manera preliminar antes de aplicar procedimientos estadísticos más avanzados. (Hernández y López, 2016)

2.1.6. Análisis estadístico de correlación y concordancia

2.1.6.1. Coeficiente de correlación de Pearson (r). Es una medida estadística que determina el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas. Su valor varía entre -1 y $+1$, donde valores próximos a $+1$ indican correlación positiva perfecta, valores próximos a -1 reflejan correlación negativa perfecta, y valores cercanos a 0 sugieren ausencia de correlación lineal. (Triola, 2020)

Matemáticamente, se define como:

$$r = \frac{[\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{[\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2]}}$$

donde X_i y Y_i representan los valores de cada variable y \bar{X} , \bar{Y} sus medias respectivas. Este coeficiente constituye una de las herramientas más utilizadas en estadística aplicada por

su capacidad para describir relaciones lineales de manera clara y cuantificable. (Triola, 2020)

2.1.6.2. Coeficiente de correlación de Spearman. El coeficiente de correlación de Spearman (ρ) es una medida no paramétrica que determina la fuerza y dirección de la relación monótona entre dos variables. A diferencia del coeficiente de Pearson, no requiere supuestos de normalidad en los datos, ya que se basa en los rangos asignados a cada observación en lugar de en sus valores absolutos. (Triola, 2020)

Su fórmula se expresa como:

$$\rho = 1 - \frac{[6 \sum (d_i^2)]}{[n(n^2 - 1)]}$$

donde d_i es la diferencia entre los rangos de cada par de observaciones y n corresponde al número de pares de datos. Los valores de ρ se interpretan de manera similar a Pearson: cercanos a +1 reflejan una fuerte relación positiva, cercanos a -1 una fuerte relación negativa y próximos a 0 la ausencia de relación monótona. (Triola, 2020)

2.1.6.3. Coeficiente de correlación de Kendall. El coeficiente de correlación de Kendall (τ) es una medida no paramétrica que evalúa el grado de concordancia entre dos variables ordinales o de intervalo, basada en la comparación de pares de observaciones. A diferencia de Pearson, que mide la relación lineal, y de Spearman, que utiliza rangos, Kendall se fundamenta en el conteo de pares concordantes y pares discordantes, lo que lo convierte en una herramienta robusta para analizar asociaciones en datos con presencia de empates o sin distribución normal. (Triola, 2020)

El coeficiente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{(C - D)}{[\frac{1}{2} \cdot n(n - 1)]}$$

donde C representa el número de pares concordantes, D el número de pares discordantes y n el número total de observaciones. Su valor varía entre -1 y +1; valores cercanos a +1 indican una fuerte correlación positiva, valores próximos a -1 señalan correlación negativa y valores alrededor de 0 reflejan ausencia de relación. (Triola, 2020)

El coeficiente de Kendall es especialmente útil en contextos donde los datos son ordinales, existen rangos con empates o no se cumplen supuestos paramétricos, ofreciendo una alternativa sólida para medir la asociación entre variables. (Triola, 2020)

2.1.6.4. Coeficiente de correlación intraclase (ICC). Es una medida estadística utilizada para cuantificar el grado de concordancia o fiabilidad entre dos o más evaluadores, instrumentos o metodologías aplicadas sobre las mismas unidades de análisis. A diferencia de los coeficientes de correlación bivariados, que miden la relación entre dos variables distintas, el ICC permite identificar qué proporción de la variabilidad total en las mediciones se debe a diferencias reales entre las unidades evaluadas y cuál corresponde al error de medición. Esta característica lo convierte en una herramienta ampliamente aplicada en estudios de confiabilidad y comparación de métodos. (Liljequist et al., 2019)

El cálculo del ICC se fundamenta en modelos de análisis de varianza (ANOVA), a partir de los cuales se derivan diferentes formulaciones según el diseño del estudio (efectos fijos, aleatorios o mixtos). En esta investigación, se emplea una variante adaptada al análisis de tramos y métodos, expresada como:

$$ICC = \frac{(MStramos - MSerror)}{[MStramos + (k - 1) \cdot MSerror + (k/n) \cdot (MSmetodos - MSerror)]}$$

donde MStramos corresponde a la media cuadrática entre tramos, MSmetodos a la media cuadrática entre métodos, MSerror a la media cuadrática del error, k al número de métodos y n al número de tramos considerados. Esta formulación se deriva directamente del enfoque ANOVA aplicado en el estudio de la confiabilidad de datos. (Meeker et al., 2022)

Los valores del ICC varían entre 0 y 1; aquellos cercanos a 1 reflejan un alto nivel de concordancia, mientras que los próximos a 0 indican ausencia de fiabilidad entre mediciones. Debido a esta capacidad de discriminar la consistencia de los resultados, el ICC se ha consolidado como un indicador robusto de fiabilidad en contextos comparativos y de

validación de metodologías. (Liljequist et al., 2019)

2.1.6.5. Coeficiente Kappa ponderado. El coeficiente Kappa (κ) es una medida de concordancia que evalúa el grado de acuerdo entre dos clasificadores o métodos de observación, corrigiendo el nivel de coincidencia que se obtendría por azar. Sus valores fluctúan entre -1 y $+1$, donde valores cercanos a $+1$ indican un alto grado de concordancia, valores próximos a 0 reflejan un acuerdo equivalente al azar y valores negativos sugieren un desacuerdo sistemático. (Agresti, 2019)

Cuando las categorías evaluadas poseen un orden natural, se recomienda emplear el Kappa ponderado, el cual asigna distintos pesos a los desacuerdos según la distancia entre categorías. De esta forma, los errores de clasificación leves (entre categorías adyacentes) se penalizan en menor medida que los errores más graves (entre categorías muy distantes), proporcionando una estimación más ajustada del grado de concordancia. (Agresti, 2019)

La expresión general del Kappa ponderado se define como:

$$k_w = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij} O_{ij}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij} E_{ij}}$$

donde O_{ij} corresponde a la proporción de observaciones en la celda i, j de la tabla de contingencia, E_{ij} a la proporción esperada bajo independencia, y w_{ij} representa el peso asignado a cada discrepancia. El tipo de ponderación más común es la lineal o cuadrática, siendo esta última la más utilizada en análisis de concordancia debido a que incrementa progresivamente la penalización a medida que aumenta la discrepancia entre categorías. (Sheskin, 2020)

2.1.7. Diferencia porcentual (Δ %) y razón de incidencias (R)

La diferencia porcentual (Δ %) constituye una medida estadística utilizada para expresar el cambio relativo entre dos valores. Se define como el cociente entre la diferencia de los valores comparados y el valor de referencia, multiplicado por cien, lo que permite obtener

una medida adimensional de discrepancia relativa:

$$\Delta\% = \frac{X_1 - X_2}{X_2} * 100$$

donde X_1 y X_2 representan los valores obtenidos mediante dos metodologías distintas. Esta métrica posibilita evaluar con claridad la magnitud de variación relativa y facilita la comparación entre resultados.

Por otro lado, la razón de incidencias (R) se concibe como el cociente entre las frecuencias relativas de ocurrencia de un evento en dos métodos o grupos de observación. Matemáticamente, se expresa como:

$$R = \frac{f_1}{f_2}$$

donde f_1 y f_2 corresponden a las frecuencias observadas en cada caso. Cuando $R=1$, ambas condiciones presentan la misma incidencia; si $R > 1$, el primer método muestra una frecuencia mayor; mientras que $R < 1$ indica lo contrario. Su aplicación es fundamental en el análisis comparativo de metodologías, pues permite establecer la proporción en la detección de fallas o eventos. (Casella y Berger, 2001)

En el campo de la estadística matemática, tanto la diferencia porcentual como la razón de tasas forman parte de las herramientas básicas de comparación de datos, siendo empleadas en el estudio de procesos estocásticos y análisis de frecuencias relativas. (Casella y Berger, 2001)

2.1.8. Análisis de componentes principales (PCA)

El Análisis de Componentes Principales (PCA) es una técnica estadística multivariada utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos conservando la mayor parte de su variabilidad. Su fundamento consiste en transformar un conjunto de variables posiblemente correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas llamadas *componentes principales*, que se obtienen como combinaciones lineales de las variables

originales. En este sentido, el PCA permite representar la información de forma más compacta sin perder la esencia de la variabilidad contenida en los datos. (Peña, 2002)

Matemáticamente, si se parte de un vector de variables $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ cada componente principal Y_j se define como:

$$Y_j = a_{j1}X_1 + a_{j2}X_2 + \dots + a_{jp}X_p$$

donde los coeficientes a_{ij} corresponden a los *auto vectores* de la matriz de varianzas y covarianzas de X . El primer componente principal es aquel que maximiza la varianza explicada bajo la restricción de que los coeficientes se normalicen, es decir:

$$\max Var(Y_1) = a_1^T \Sigma a_1 \quad \text{suje to a } a_1^T a_1 = 1$$

donde Σ representa la matriz de covarianzas. De manera sucesiva, los siguientes componentes se calculan garantizando ortogonalidad respecto a los anteriores. (Johnson y Wichern, 2014)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Los resultados de la tesis “Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca)”, suman elementos para diagnosticar el estado real del pavimento flexible.

La investigación es aplicada por que busca resolver problemas concretos en un contexto determinado. (Hernández et al., 2014)

El estudio emplea un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección y el análisis de datos numéricos, el uso de instrumentos estructurados y la aplicación de procedimientos estadísticos para medir variables de manera objetiva y probar hipótesis. (Hernández et al., 2014)

El alcance descriptivo se desarrolla porque el estudio detalla y caracteriza las propiedades relevantes de las fallas superficiales observadas, especificando sus características a través de un análisis sistemático. (Hernández et al., 2014)

El alcance es correlacional, ya que se analizan relaciones entre variables con el propósito de determinar el grado de asociación entre ellas sin manipulación directa, identificando cómo se vinculan tal como se presentan en la realidad. (Hernández et al., 2014)

El alcance es también comparativo, porque se contrastan diferentes grupos, sectores o categorías para identificar similitudes o diferencias relevantes entre ellos y analizar qué tan distintas o semejantes son las unidades de análisis respecto a determinadas características. (Hernández et al., 2014)

El diseño es no experimental, pues las variables no son manipuladas, sino observadas tal como se manifiestan en su contexto natural, limitándose el estudio a analizar situaciones ya existentes sin intervenir en ellas. (Hernández et al., 2014)

Diseño transversal, ya que la recolección de datos se realiza en un solo momento

temporal con el objetivo de describir variables y analizar relaciones existentes en ese instante. (Hernández et al., 2014)

El muestreo es no probabilístico por conveniencia, pues la selección de los tramos evaluados se basa en la disponibilidad de información y la accesibilidad de los datos requeridos, recurriéndose a unidades que son accesibles y pertinentes para los objetivos del estudio. (Hernández et al., 2014)

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La investigación se llevó a cabo durante el primer semestre de 2025, abarcando los meses de febrero a junio. En este periodo se efectuaron actividades de levantamiento de información mediante fotogrametría, evaluación de las patologías presentes en la superficie del pavimento, aplicación de las metodologías PCI y VIZIR, así como la comparación de los resultados obtenidos. Este marco temporal fue seleccionado considerando las condiciones climáticas favorables para el registro fotográfico y el acceso seguro al tramo en estudio.

3.2.2. Ámbito espacial

El estudio se llevó a cabo en el tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca, perteneciente a la Carretera Interoceánica Sur (IIRSA Sur), ubicada en el departamento de Apurímac, Perú. Este segmento de vía representa un eje de integración regional entre la sierra y la selva del país, y presenta características geográficas complejas, con alta incidencia de deslizamientos y variaciones climáticas que afectan el estado del pavimento. La elección de este tramo se fundamenta en la necesidad de evaluar su condición superficial para plantear estrategias de mantenimiento vial efectivas, considerando su importancia económica, social y logística para las comunidades de la zona.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente - metodología de evaluación superficial aplicada

3.3.1.1. Definición conceptual. Es el procedimiento técnico empleado para determinar la condición superficial de un pavimento mediante normas estandarizadas de evaluación. Según ASTM, el método PCI calcula un índice entre 0 y 100 en función de la identificación, cuantificación y severidad de las fallas. Por su parte, la norma INV E-813-13 de ICONTEC define el método VIZIR, que establece un índice normalizado a partir de los deterioros superficiales observados.

3.3.1.2. Definición operacional. Se operacionaliza mediante la aplicación de las metodologías PCI (ASTM D6433-07) y VIZIR (INV E-813-13), ambas apoyadas en fotogrametría, con el fin de identificar, clasificar y cuantificar las patologías superficiales presentes en el tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca de la carretera Interoceánica.

3.3.2. Variable dependiente - estado superficial del pavimento

3.3.2.1. Definición conceptual. Corresponde a las condiciones visibles del pavimento, determinadas a partir del tipo, cantidad y severidad de las patologías superficiales que afectan su desempeño funcional.

3.3.2.2. Definición operacional. Se mide mediante los índices obtenidos con PCI (0–100) y VIZIR (IS_norm 0–100), cuyos valores se normalizan para efectos comparativos y se clasifican en categorías de condición superficial (Excelente, Muy bueno, Bueno, Regular, Deficiente, Malo, Muy malo), de acuerdo con los rangos definidos en ASTM e ICONTEC.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Hernández et al. (2014) al definir una población, ciertas características, se identifican que son compartidos por todos los objetos medidos, pero también se reconoce que puede haber una medida de cantidad de factores adicionales que podrían diferir entre los objetos medidos dentro de esa población.

La población del estudio está constituida por los tramos de la Red Vial Nacional

(R.V.N.) ubicados en la región Apurímac, que forman parte de la Carretera Interoceánica Sur (PE-30A), bajo administración de Provías Nacional. Según el Catastro Vial Nacional del MTC (2016), esta red comprende tramos pavimentados que atraviesan provincias como Aymaraes y Abancay, caracterizadas por su topografía andina y condiciones climáticas variables que influyen en el deterioro superficial del pavimento.

3.4.2. Muestra y muestreo

Hernández et al. (2014) señalan que una muestra es un subconjunto de la población del cual se obtiene información, y debe ser representativa del conjunto de estudio.

En la presente investigación, la muestra corresponde al tramo Chalhuanca – Puente Huampuchaca de la Carretera Interoceánica Sur (PE-30A), ubicado en la provincia de Aymaraes, región Apurímac, con una longitud aproximada de 3.9 km. En dicho tramo se evaluaron las patologías superficiales del pavimento aplicando las metodologías PCI y VIZIR, empleando fotogrametría como técnica de apoyo para el registro y análisis de fallas.

De acuerdo con Bernal (2006), las muestras no probabilísticas por conveniencia se caracterizan por la elección deliberada de los elementos de estudio que mejor se ajustan a los objetivos del investigador. En ese sentido, el presente estudio utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando directamente el tramo antes mencionado por su representatividad dentro de la Red Vial Nacional del Perú, su accesibilidad y sus condiciones topográficas propias de la sierra sur andina, las cuales presentan un deterioro superficial típico de vías de montaña.

Este tipo de muestreo resulta apropiado para investigaciones aplicadas en ingeniería vial, en las que las unidades de observación no son individuos, sino secciones o unidades de muestreo del pavimento, definidas según los criterios establecidos por las metodologías PCI y VIZIR. La elección de este tramo permite obtener información detallada, precisa y representativa del comportamiento del pavimento en contextos andinos. (MTC, 2016)

3.5. Instrumentos

De acuerdo con Hernández et al. (2014) los instrumentos de recolección de datos son los recursos materiales y formatos específicos que se utilizan para registrar de manera sistemática la información correspondiente a las variables e indicadores definidos en la investigación. En el presente estudio, dichos instrumentos permitieron obtener los valores de los índices PCI y VIZIR, así como los parámetros derivados (correlaciones, concordancias, discrepancias e índices híbridos) establecidos en la matriz de operacionalización.

3.5.1. *Formatos de registro de deterioros*

3.5.1.1. Fichas de evaluación PCI. Se emplearon las fichas de la metodología PCI, basadas en la norma ASTM D6433-07, para el registro de tipo, severidad, extensión y localización de las fallas superficiales en cada unidad de muestreo. Estas fichas permitieron el cálculo del índice PCI (0–100) y la categorización de la condición superficial del pavimento.

3.5.1.2. Fichas de evaluación VIZIR. Se utilizaron las fichas de la metodología VIZIR, conforme a la norma INV-813-13 del INVÍAS, para clasificar el estado superficial de los tramos en una escala discreta de 1 a 7. A través de estas fichas se obtuvieron el índice VIZIR y las categorías de condición asociadas.

3.5.2. *Ortoimágenes y verificación en campo*

3.5.2.1. Ortomosaicos fotogramétricos. Se generaron ortomosaicos a partir de imágenes capturadas con vehículo aéreo no tripulado (dron), los cuales sirvieron como soporte gráfico para la identificación, medición y georreferenciación de las patologías superficiales del pavimento.

3.5.2.2. Ficha de verificación en campo. Complementariamente, se aplicó una ficha de verificación para contrastar la información obtenida en los ortomosaicos con la observación directa en el terreno, asegurando la coherencia entre los deterioros visibles en gabinete y los efectivamente presentes en la vía.

3.5.3. Instrumentos de medición directa

Para asegurar la precisión de las dimensiones registradas en las fichas de evaluación, se utilizaron los siguientes instrumentos de medición:

- Winchas de 5 m y 50 m, para medir distancias y longitudes de deterioros en campo.
- Regla de aluminio de 2 m, para verificar dimensiones lineales observadas en los ortomosaicos y en la superficie del pavimento.
- Wincha de 3 m, como apoyo para mediciones en zonas de difícil acceso o tramos reducidos.
- Regla milimetrada de acero, para la medición de la profundidad de grietas, hundimientos y otros defectos puntuales.
- Tiza de marcación, utilizada para señalar las áreas de patología durante la inspección directa y facilitar su registro fotográfico y en las fichas correspondientes.

3.5.4. Instrumentos de procesamiento y análisis

Si bien no constituyen instrumentos de recolección en campo, se utilizaron herramientas de software como apoyo al procesamiento de la información y al análisis de resultados:

3.5.4.1. Microsoft Excel y RStudio. Empleados para la tabulación de datos, cálculo de índices PCI y VIZIR, obtención de coeficientes de correlación (r , ρ , τ), índices de concordancia (ICC, Kappa), diferencias porcentuales e índices híbridos de condición, así como para la elaboración de tablas y gráficos.

3.5.4.2. Autodesk Civil 3D y Agisoft Metashape. Utilizados para el procesamiento de las nubes de puntos y ortomosaicos, la georreferenciación de los tramos y la representación espacial de las patologías.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Delimitación de estudio

El presente estudio se desarrolló en un sector de la Carretera Interoceánica Sur (CIS), identificada formalmente como IIRSA Sur, la cual forma parte del eje de integración regional del proyecto Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA). Este corredor vial, en el ámbito del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), corresponde a la Ruta Nacional PE-30A, también conocida como Carretera Nazca–Abancay.

El tramo evaluado se ubica en la región Apurímac, provincia de Aymaraes, distrito de Chalhuanca, y presenta una longitud total de 3,9 km. El ancho promedio de la calzada es de 7,20 m, conformada por dos carriles de 3,20 m cada uno, con bermas laterales variables. El tipo de superficie es pavimento flexible asfáltico.

El sentido de evaluación considerado en este estudio es desde el Puente Huampuchaca con la progresiva 0+000 hacia la ciudad de Chalhuanca con la progresiva 3 + 900.

En cuanto a su clasificación funcional, la PE-30A forma parte de la Red Vial Nacional (RVN), constituyéndose como un eje transversal interdepartamental e internacional. Su función principal es la integración económica y social de las regiones que atraviesa, así como la conexión con la red vial de Brasil a través de la frontera en Madre de Dios.

El tráfico vehicular en este sector es mixto, con predominio de vehículos ligeros (61,5 %) frente a vehículos pesados (38,5 %), según datos actualizados de OSITRAN.

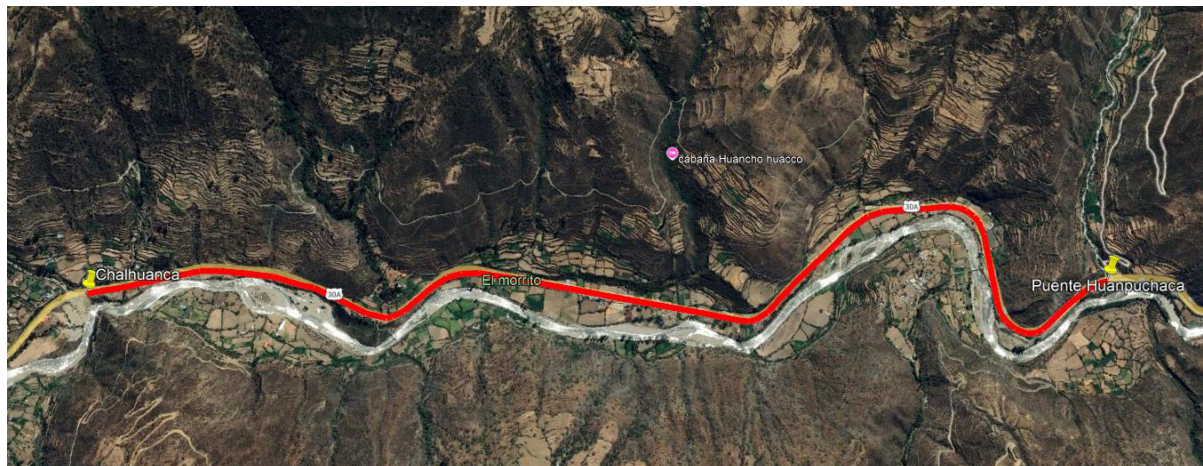
El entorno físico presenta una altitud promedio de 2 897 m s. n. m. en la localidad de Chalhuanca, con un rango térmico medio anual de 16 °C a 22 °C para las máximas y de 0 °C a -2 °C para las mínimas, pudiendo registrarse heladas esporádicas con temperaturas de hasta -4 °C a -8 °C. El clima se clasifica como templado en valles y subhúmedo seco en zonas altas, con precipitaciones anuales que fluctúan entre 700 mm y 1100 mm.

La selección de este tramo responde a su importancia estratégica en la conectividad regional y al interés de evaluar su estado superficial mediante metodologías normalizadas, en

un contexto geográfico y climático que influye significativamente en el comportamiento del pavimento.

Figura 1

Ubicación del tramo evaluado en la PE-30A (Puente Huampuchaca – Chalhuanca).



Nota. Google Earth (2025)

3.6.2. Levantamiento fotogramétrico

Con el objetivo de obtener un registro detallado y preciso del estado superficial del pavimento en el tramo evaluado, se empleó la técnica de fotogrametría aérea mediante vehículo aéreo no tripulado (VANT) o dron. Este método permitió generar un ortomosaico de alta resolución, facilitando la identificación, clasificación y medición de las patologías presentes.

El levantamiento se realizó utilizando un dron equipado con cámara de alta resolución, programado para volar a una altura constante de 5 metros sobre la calzada, siguiendo la traza de la vía. Se definió un patrón de vuelo lineal a lo largo del eje del tramo, con traslape longitudinal y lateral de aproximadamente 80 % y 70 %, respectivamente, garantizando así la superposición necesaria para el posterior procesamiento fotogramétrico.

Previamente, se verificaron las condiciones meteorológicas para asegurar una captura libre de interferencias: se seleccionó un día sin precipitaciones, con baja velocidad del viento y visibilidad adecuada. Además, se evitó realizar el vuelo en horas de alto tránsito vehicular

para minimizar la presencia de vehículos en las imágenes y mejorar la claridad de la superficie pavimentada.

Durante el vuelo, las imágenes se almacenaron con sus metadatos de georreferenciación (coordenadas GPS), permitiendo posteriormente posicionarlas con precisión en el espacio. El recorrido cubrió la totalidad de los 3,9 km del tramo, registrando fotografías con la resolución y calidad necesarias para distinguir grietas, baches y otros deterioros superficiales de tamaño reducido.

Figura 2

Operación del dron durante la toma de imágenes en el tramo de estudio



Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.2.1. Procesamiento en Agisoft Metashape. Una vez concluido el levantamiento fotogramétrico, las imágenes capturadas fueron importadas al software Agisoft Metashape Professional, el cual permite generar modelos tridimensionales y ortomosaicos georreferenciados a partir de fotografías aéreas con superposición.

El flujo de procesamiento aplicado se desarrolló en las siguientes etapas:

A. Importación y organización de imágenes. Se cargaron todas las fotografías obtenidas durante el vuelo, verificando la integridad de los archivos y la presencia de metadatos GPS para su georreferenciación automática.

B. Alineación de fotografías. Se ejecutó el proceso de photo alignment, donde el software detecta puntos en común entre imágenes, calcula la posición relativa de la cámara y genera una nube de puntos dispersa. Este paso se realizó con una precisión alta (High Accuracy) para mejorar el ajuste geométrico.

C. Generación de nube de puntos densa. A partir de la optimización de las posiciones de cámara, se obtuvo una nube de puntos de alta densidad, lo que permitió representar con mayor precisión la geometría de la superficie de la vía.

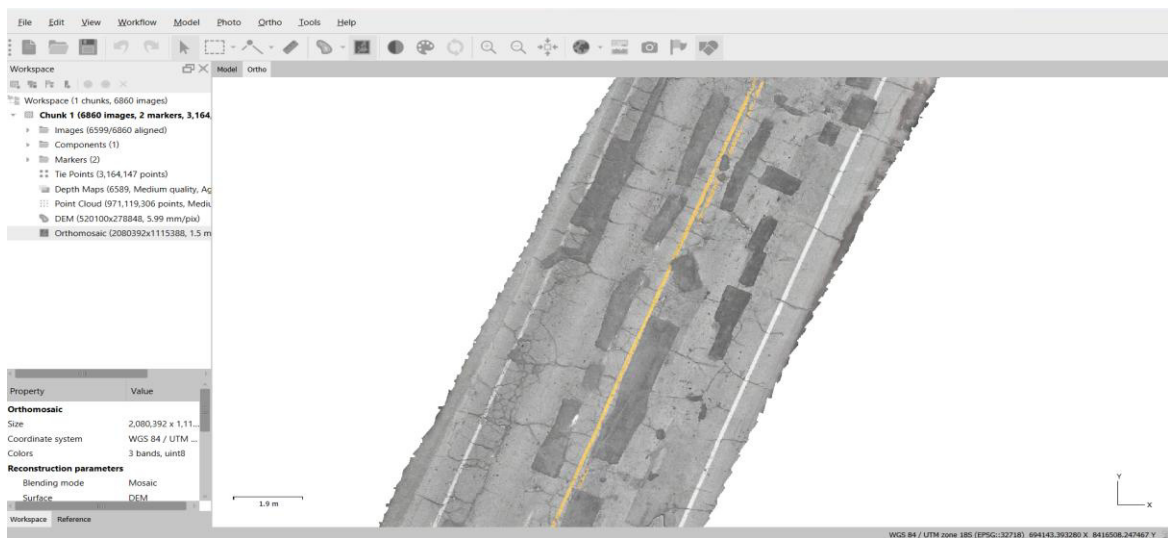
D. Construcción de malla y texturizado. Con la nube de puntos de alta densidad se generó una malla poligonal 3D, la cual posteriormente fue recubierta con texturas obtenidas de las mismas imágenes. Este modelo permitió representar con precisión la morfología y los detalles del pavimento.

E. Generación de ortomosaico. El ortomosaico resultante se obtuvo mediante la proyección ortogonal de las imágenes corregidas geométricamente, con resolución suficiente para identificar patologías superficiales de pequeña escala (fisuras, desprendimientos, baches).

F. Medición preliminar de patologías. Sobre el ortomosaico, se realizó la delimitación y medición de las áreas y longitudes afectadas por cada tipo de daño, estableciendo una base de datos preliminar para su posterior segmentación en Civil 3D y análisis mediante las metodologías PCI y VIZIR.

Figura 3

Ortomosaico generado en Agisoft Metashape

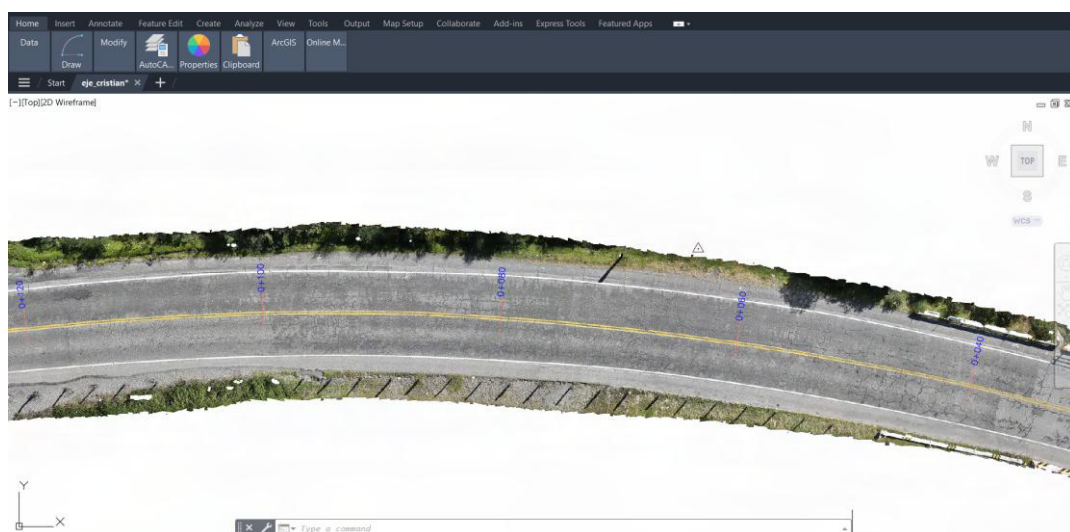


Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.2.2. Importación y segmentación en Civil 3D. En Autodesk Civil 3D, se importaron el ortomosaico optimizado y las geometrías vectoriales, se realizó un alineamiento a lo largo del eje del tramo, estableciendo progresivas desde la progresiva inicial Puente Huampuchaca hasta la progresiva final Chalhuanca.

Figura 4

Ortomosaico del tramo de la PE-30A con progresivas en AutoCAD Civil 3D



Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.3. Procedimiento específico para VIZIR

Una vez concluida la verificación en campo y con la información validada, se procedió a la evaluación del tramo según la metodología VIZIR (*Visual Inspection of Zones and Itineraries of Risk*), aplicando la adaptación desarrollada por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia) para pavimentos flexibles.

La clasificación de las patologías, su codificación y los criterios de severidad se establecieron de acuerdo con el manual INVIAS, tal como se presenta en la Tabla 1 y Tabla 2 del marco teórico de esta investigación. Dichos criterios sirvieron como base para el registro y posterior análisis.

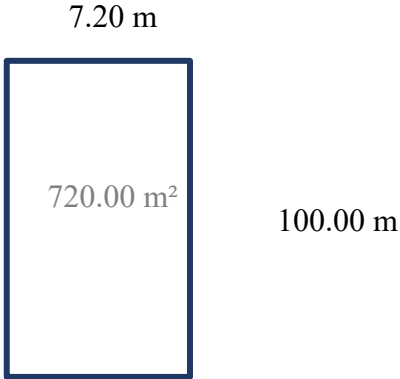
3.6.3.1. Clasificación y registro de patologías. En esta etapa se organizó la información correspondiente al tramo analizado, registrando las progresivas de inicio y fin, además del ancho de la vía, su longitud y el área de cada unidad de muestreo, junto con los datos del evaluador y la geometría de la muestra.

De igual forma, se estableció el listado de fallas consideradas en el análisis, clasificadas en dos grupos: Tipo A, que incluyen los deterioros de carácter estructural como fisuración por fatiga, agrietamiento en piel de cocodrilo, ahuellamientos, entre otros, y Tipo B, que abarcan deterioros funcionales o superficiales tales como fisuras longitudinales, transversales, desprendimiento de agregados, desgaste superficial, entre otros.

Tabla 5

Inventario de deterioros registrados

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (VIZIR)			
INVENTARIO DE DATOS			
Nombre de la vía:	Tipo de falla		
Tramo: Chalhuanca -Puente Huampuchaca	N°	Falla tipo A	Und
	1	Ahuellamiento (AH)	m
Distrito: Chalhuanca	2	Depresiones o hundimientos longitudinales (DL)	m

Kilómetros evaluados:		3	Depresiones o hundimientos transversales (DT)	m	
KM 0+000.00	AL	KM 3+800.00	4	Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)	m
			5	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	m
Código de vía:	PE-30A		6	Bacheos y parcheos (B)	m ²
		Nº	Falla tipo B	Und	
Categoría geométrica:	Tipo B		7	Fisura longitudinal de junta de construcción (FLJ)	m
			8	Fisura transversal de junta de construcción (FTJ)	m
Fecha:	03/08/2024		9	Fisuras de contracción térmica (FCT)	m
			10	Fisuras parabólicas (FP)	m
Evaluador:	Bach. Ing. YANN HAASER FANOLA VEGA		11	Fisura de borde (FB)	m
			12	Ojos de pescado (O)	m ²
Forma de la muestra dimensiones			13	Desplazamiento, abultamiento o ahuellamiento de la mezcla (DM)	m ²
			14	Pérdida de la película de ligante (PL)	m ²
			15	Pérdida de agregados (PA)	m ²
			16	Descascaramiento (D)	m ²
			17	Pulimento de agregados (PU)	m ²
			18	Exudación (EX)	m ²
			19	Afloramiento de mortero (AM)	m ²
			20	Afloramiento de agua (AA)	m ²
			21	Desintegración de los bordes del pavimento (DB)	m ²
			22	Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)	m
	23	Erosión de las bermas (EB)	m ²		
	24	Segregación (S)	m ²		

Nota. Adaptado de INVIAS (2016)

3.6.3.2. Medición de extensión y severidad. En cada unidad de muestreo se procedió a cuantificar la extensión de las fallas identificadas, expresada en metros o metros cuadrados, según correspondiera al tipo de deterioro. Asimismo, se determinó la severidad de cada patología mediante una calificación de 1 (leve), 2 (moderada) o 3 (severa), en función de las características observadas en campo y corroboradas en el procesamiento fotogramétrico.

De esta manera, se obtuvo para cada progresiva el detalle de fallas presentes en los

carriles izquierdo y derecho, incluyendo su extensión, severidad y área afectada dentro de la unidad de muestreo.

Tabla 6

Recolección de datos carril izquierdo

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO			
	Inicial	Final	Falla	Unidad	Gp	Área (m ²)
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	m	1	58.70
			5	m	2	118.53
			6	m	2	9.49

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 7

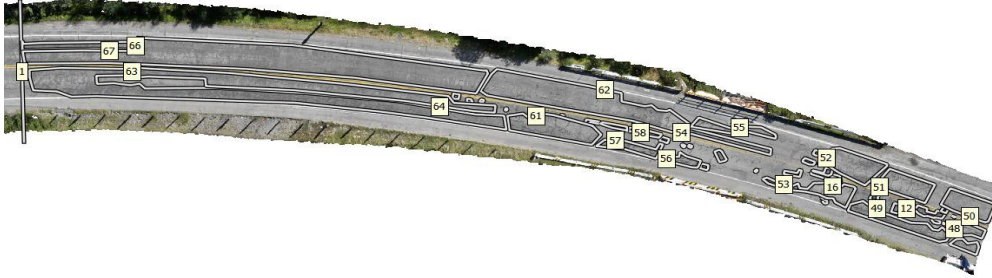
Recolección de datos carril derecho

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO			
	Inicial	Final	FALLA	Inicial	Final	Area (m ²)
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	m	1	224.74
			5	m	3	8.96
			6	m	2	2.50

Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 5

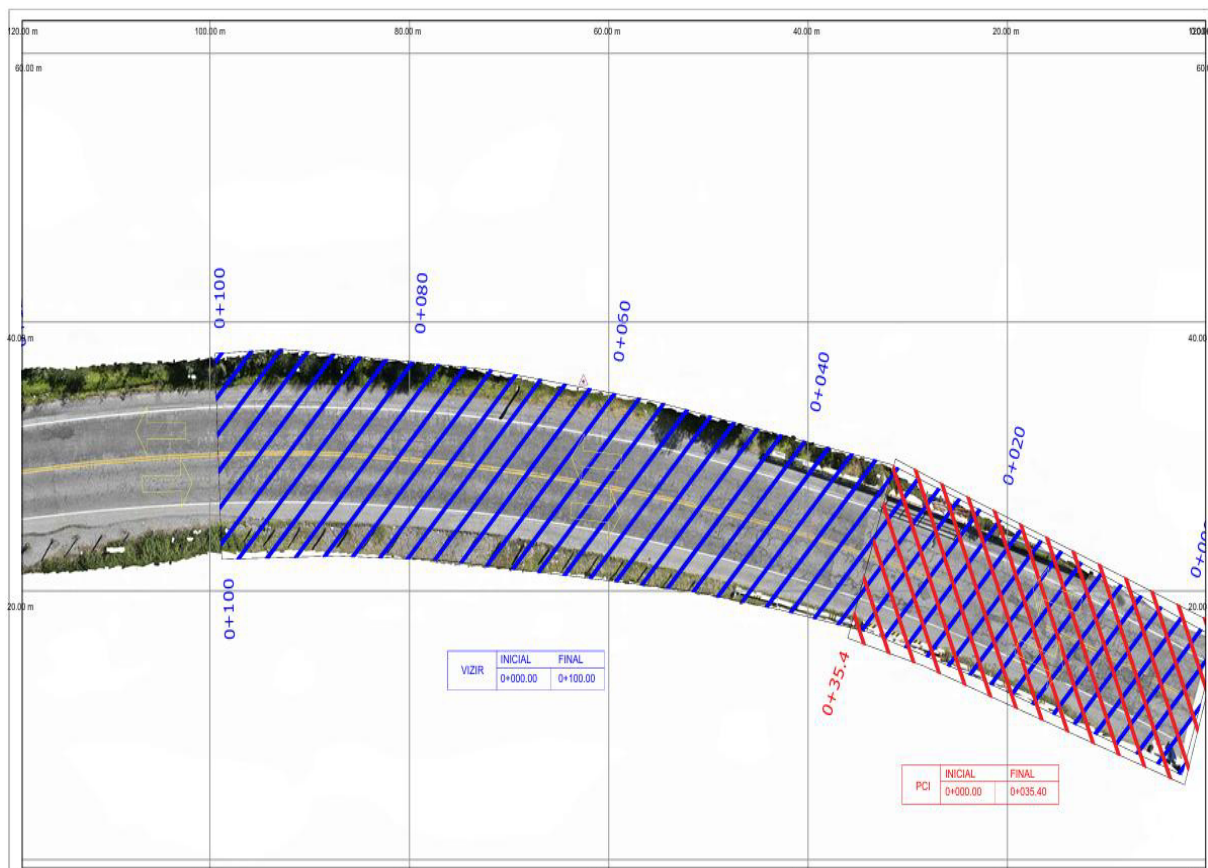
Recolección de datos VIZIR mediante Agisoft Metashape



Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 6

Progresiva de la muestra (M-01) VIZIR



Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.3.3. Cálculo de índices parciales. El procedimiento para determinar el Índice de Deterioro Superficial (I_s) se desarrolla en varias etapas consecutivas que permiten integrar la

información registrada en campo y gabinete hasta llegar a una calificación final del estado del pavimento.

A. Determinación del grado de severidad (G). En el primer paso se asigna el grado de severidad (G) a cada una de las patologías detectadas. Este parámetro se expresa en una escala que va de uno a tres, donde uno corresponde a deterioros leves, dos a moderados y tres a severos. El valor de severidad constituye un factor de ponderación, ya que permite dimensionar el impacto relativo de cada daño en función de la superficie que afecta dentro de la unidad de muestreo.

Tabla 8

Grado de severidad carril izquierdo

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO		
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	58.70	1
			5	118.53	2
			6	9.49	2

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 9

Grado de severidad carril derecho

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL DERECHO		
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	224.74	1
			5	8.96	3
			6	2.50	2

Nota. Elaboración propia (2025).

B. Cálculo del índice de fisuración (If). En el segundo paso se calcula el Índice de Fisuración (If), el cual se centra exclusivamente en las fisuras de carácter estructural, como las

fisuras longitudinales por fatiga y las de tipo piel de cocodrilo. Este índice depende de la extensión de la fisuración con respecto al área de la muestra y del grado de severidad asignado. En los casos en que se identifican diferentes tipos de fisuras en la misma unidad, el procedimiento establece que debe conservarse como valor final de If el más alto de todos, puesto que refleja de manera más fiel la condición de deterioro estructural.

Tabla 10*Índice de fisuración carril izquierdo*

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO					
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp	Extensión (%)	IF	IF
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	58.70	1	8.15	1	
			5	118.53	2	16.46	3	3
			6	9.49	2	1.32		

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 11*Índice de fisuración carril derecho*

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL DERECHO					
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp	Extensión (%)	IF	IF
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	224.74	1	31.21	2	
			5	8.96	3	1.24	3	3
			6	2.50	2	0.35		

Nota. Elaboración propia (2025).

C. Cálculo del Índice de Deformación (Id). El tercer paso corresponde al cálculo del Índice de Deformación (Id), asociado a las fallas de carácter superficial que modifican la geometría de la calzada, como ahuellamientos, depresiones y hundimientos. Su valor resulta de la combinación entre la proporción de superficie afectada y el grado de severidad de la

deformación, lo que permite traducir en un valor numérico el nivel de irregularidad que presenta el pavimento en la unidad de muestreo evaluada.

Tabla 12

Índice de deformación carril izquierdo

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO					
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp	Extensión (%)	ID	ID
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	58.70	1	8.15		
			5	118.53	2	16.46		2
			6	9.49	2	1.32	2	

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 13

Índice de deformación carril derecho

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL DERECHO					
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp	Extensión (%)	ID	ID
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	224.74	1	31.21		
			5	8.96	3	1.24		2
			6	2.50	2	0.35	2	

Nota. Elaboración propia (2025).

D. Integración de If e Id y obtención del índice de deterioro superficial (Is final). Tras obtener los valores de If e Id, se procedió a integrarlos en la matriz de daño con el fin de calcular un primer valor preliminar del índice Is. En los casos donde las unidades de muestreo presentaban bacheos o parches, se aplicó una corrección que consistió en incrementar en una unidad el valor preliminar, con el propósito de reflejar la pérdida adicional de calidad en las zonas reparadas. Incorporada esta corrección, se obtuvo el Índice de Deterioro Superficial (Is) definitivo, expresado en una escala de 1 a 7, donde 1 representa una condición excelente y 7 corresponde a un estado muy deficiente. Dicho valor constituyó el indicador final de la

condición superficial de cada muestra y fue utilizado como criterio técnico para la clasificación del estado de conservación del tramo en análisis.

Tabla 14

Deterioro superficial carril izquierdo

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO						
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp	Extensión (%)	IF	ID	IS
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	58.70	1	8.15	3	2	4
			5	118.53	2	16.46			
			6	9.49	2	1.32			

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 15

Deterioro superficial carril derecho

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL DERECHO						
	Inicial	Final	Falla	Área (m ²)	Gp	Extensión (%)	IF	ID	IS
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	224.74	1	31.21	3	2	4
			5	8.96	3	1.24			
			6	2.50	2	0.35			

Nota. Elaboración propia (2025).

E. Clasificación del estado del pavimento. El quinto paso corresponde a la clasificación del estado del pavimento. Una vez obtenido el valor definitivo de Is, este se interpreta en una escala de uno a siete: los valores de uno a dos corresponden a condición buena, de tres a cuatro a condición regular, y de cinco a siete a condición deficiente.

Tabla 16

Clasificación del estado del pavimento

IS	CLASIFICACION
1 - 2	BUENO
3 - 4	REGULAR
5 - 7	DEFICIENTE

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 17

Clasificación del estado del pavimento carril izquierdo

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO		
	Inicial	Final	Falla	IS	Clasificación
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	$\frac{5}{5}$ 6	4	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 18

Clasificación del estado del pavimento carril derecho

N° Muestra	PROGRESIVA		CARRIL DERECHO		
	Inicial	Final	Falla	IS	Clasificación
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	$\frac{5}{5}$ 6	4	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.4. Procedimiento específico para PCI

Con la información de campo y gabinete validada, se procedió a la evaluación del tramo según la metodología PCI (Pavement Condition Index) establecida en la norma ASTM D6433 para pavimentos flexibles.

3.6.4.1. Definición de unidades de muestreo. El ancho promedio de la calzada en el tramo evaluado es de 7,20 m, por lo que se adoptó una longitud de muestra de 35.4 m. De este modo, cada unidad abarca un área aproximada de 254.88 m², valor que se encuentra dentro del rango establecido por la metodología PCI (230 ± 93 m²).

Tabla 19

Longitudes de unidades de muestreo en pavimentos asfálticos según el ancho de calzada

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFALTICO	
Ancho de calzada (M)	Longitud de la unidad de muestreo (M)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (MAX)	31.5

Nota. Adaptado de ASTM International (2007)

Tabla 20

Parámetros de muestreo

	Inicio	Fin
Tramo de estudiar:	KM 00+000	KM 03+900
Longitud total:	3900	m
Ancho de calzada:	7.2	m
Longitud por muestra:	35.4	m
Área de muestra:	254.88	m ²

Nota. Elaboración propia (2025).

Con una longitud total de 3,9 km, la división de la vía generó 111 unidades de muestreo teóricas. Sin embargo, mediante el procedimiento establecido por el método PCI es posible optimizar la cantidad de muestras a analizar, aplicando la ecuación correspondiente con un margen de error del 5 % y una desviación estándar inicial de 10. De esta forma, se determinó que el número mínimo de unidades requeridas para la evaluación fue de $n = 15$.

Tabla 21

Cálculo del tamaño de muestra para la evaluación

N = 111	Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
$\sigma = 10$	Desviación estándar del PCI entre las unidades.
e = 5%	Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

n= 15 unidades para evaluar

Nota. Elaboración propia (2025).

La elección de las unidades de muestreo no se efectuó de forma arbitraria, sino que se aplicó un método de muestreo aleatorio sistemático, con el fin de asegurar que las muestras resultaran representativas de toda la sección del pavimento. Para ello, se calculó el intervalo de selección considerando la relación entre el número total de unidades teóricas 111 y el mínimo requerido 15, conforme a la siguiente expresión:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{111}{15} = 7.4 \approx 7$$

3.6.4.2. Registro de daños en fichas PCI. Se elaboró una ficha en la cual se consignaron las patologías identificadas según la clasificación del PCI, utilizando las abreviaturas establecidas para cada tipo de falla (por ejemplo, PC para piel de cocodrilo, EX para exudación, BLO para agrietamiento en bloque, entre otras). Además, se especificaron las unidades de medida empleadas para su cuantificación, ya sea en metros cuadrados, metros lineales o número de unidades, dependiendo de la naturaleza del daño.

Tabla 22

Tipos de falla en pavimentos flexibles considerados en la metodología PCI

TIPO DE FALLA					
1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2
2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2
3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und
4.- Abultamiento y hundimientos	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2
5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2
6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2
7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2

8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2
9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos		
10.- Grietas long y transv	GLT	m	de agregados	DAG	m2

Nota. Elaboración propia (2025).

En esta fase se consolidó la información recolectada de cada unidad de muestreo, registrando de manera ordenada las patologías observadas y diferenciando su extensión de acuerdo con los niveles de severidad (baja, media y alta). Este formato constituye la base del procedimiento obtenidos a partir del análisis fotogramétrico.

Figura 7

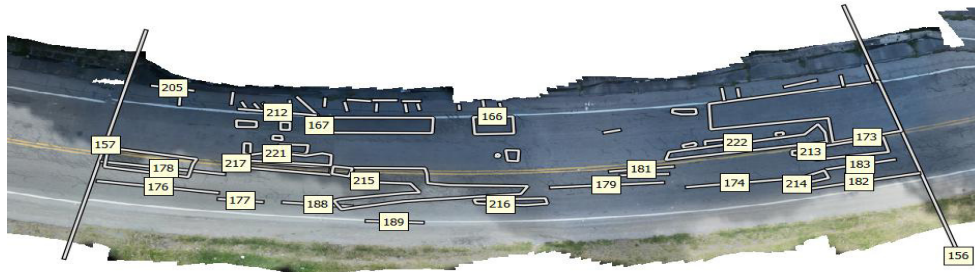
Hoja de inspección del pavimento flexible

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE INSPECCION N° 01 (METODO PCI)									
NOMBRE DE LA VIA		: TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 300 DISTRITO : CHALHUANCA				FECHA : 11 de Junio del 2025			
UNIDAD MUESTREADA		: M - 01		PROGRESIVA : KM 0+000.00		AL		KM 0+035.40	
AREA DE LA MUESTRA (m2):		254.88		EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA					
TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
82.17									
TOTAL POR FALLA			82.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	7.74			18.23					
	37.50								
TOTAL POR FALLA			0.00	45.25	0.00	0.00	18.23	0.00	0.00

Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 8

Recolección de datos PCI mediante Agisoft Metashape



Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.4.3. Cálculo de la densidad y valores deducidos. Se realizará la conversión de los daños registrados en la unidad de muestreo a densidades relativas, calculadas en función del área afectada respecto al área total de la muestra.

Figura 9

Cálculo de la densidad de fallas en la unidad de muestreo

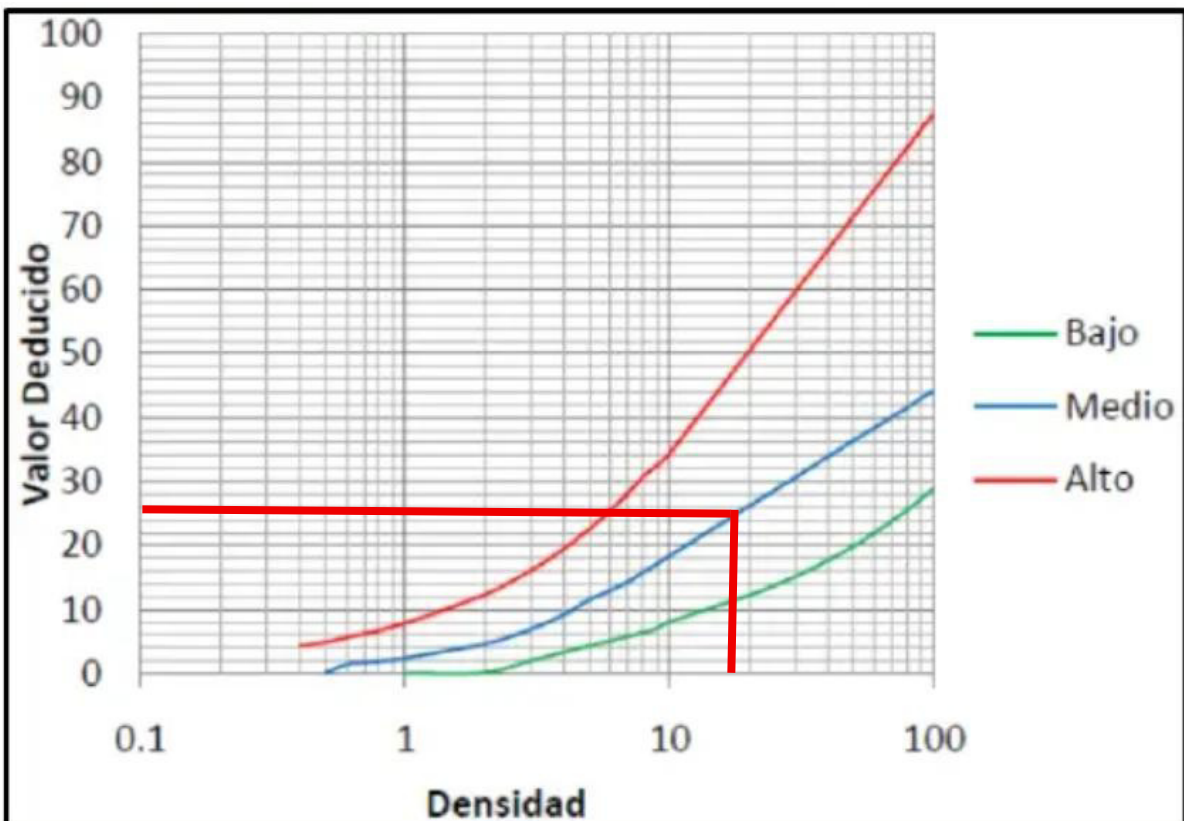
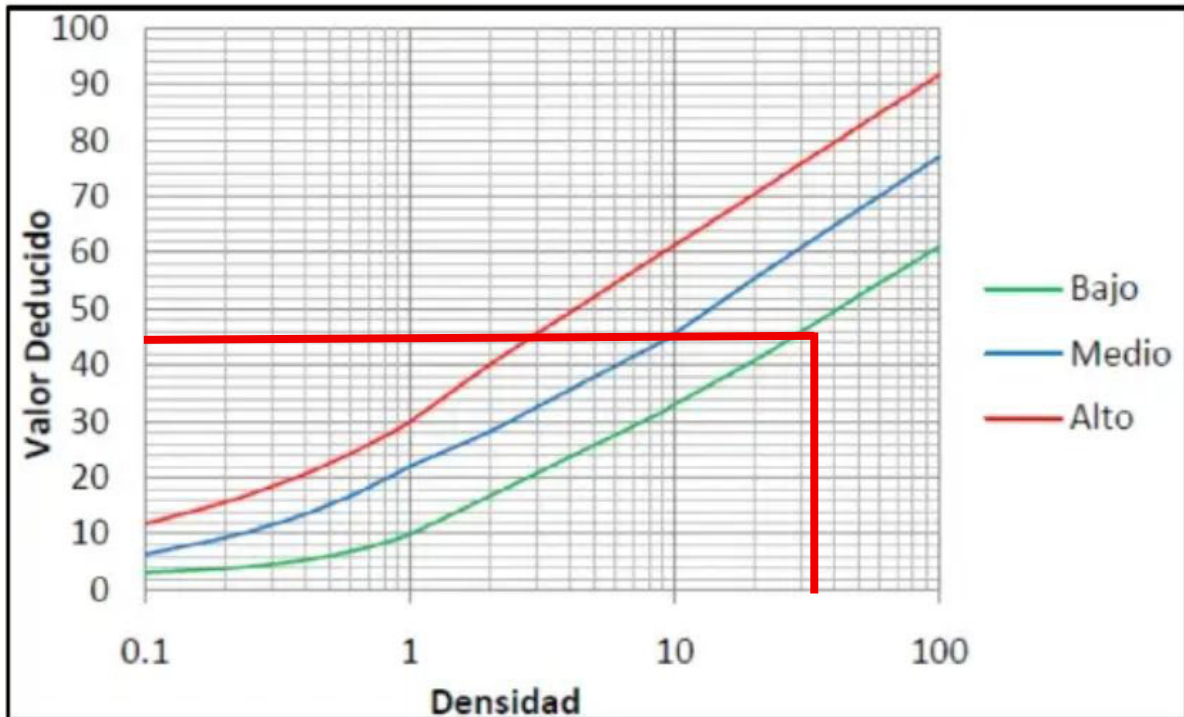
CÁLCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD
1	L	82.17	32.24%
10	M	45.25	17.75%
11	M	18.23	7.15%

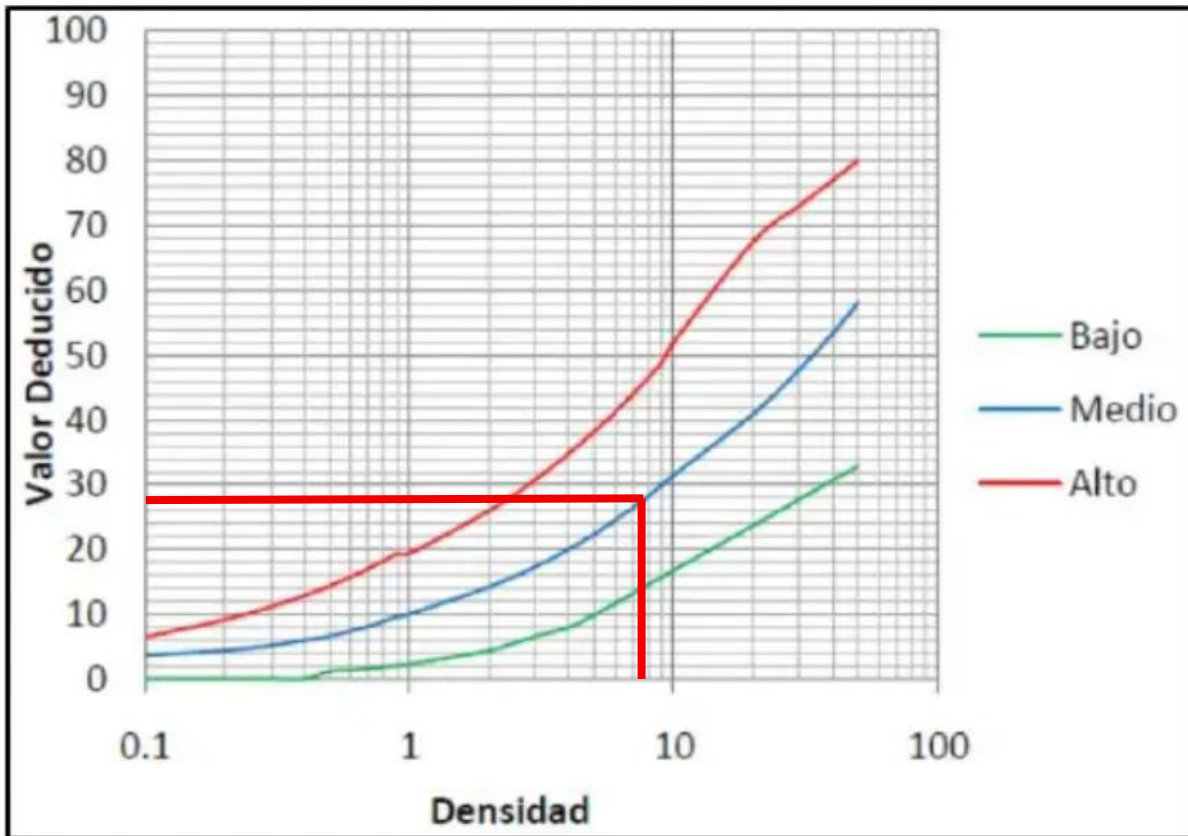
Nota. Elaboración propia (2025).

Con dichas densidades se procederá a determinar los valores deducidos (VD) de cada tipo de falla, empleando las curvas de deducción del método PCI.

Figura 10

Curvas de deducción del PCI en función de la densidad de fallas y nivel de severidad





Nota. Adaptado de ASTM International (2007).

Finalmente, estos valores se sumarán para obtener el valor total de deducción (VDT), el cual constituirá la base para aplicar las correcciones posteriores y calcular el índice de condición del pavimento.

Figura 11

Cálculo del valor deducido (VDT)

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	82.17	32.24%	46.71
10	M	45.25	17.75%	24.35
11	M	18.23	7.15%	26.77
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	97.83

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.4.4. Obtención del PCI por unidad de muestreo. En esta etapa se realizará la corrección de los valores deducidos obtenidos previamente, para ello se identificará cuántos valores deducidos superan el umbral de 2 (q) y se determinará el valor deducido más alto

(HDVi). Con estos datos se calculará el número máximo de valores deducidos admisibles m_i aplicando la expresión establecida en el método PCI, la cual depende del HDVi.

De esta manera, se procederá a reducir el conjunto de valores deducidos a los que correspondan según (m_i), para luego obtener el valor deducido corregido (VDC).

Figura 12

Cálculo del valor deducido corregido (VDC)

CALCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDVi)	46.71
Número máximo de valores deducidos (m_i)	5.89

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

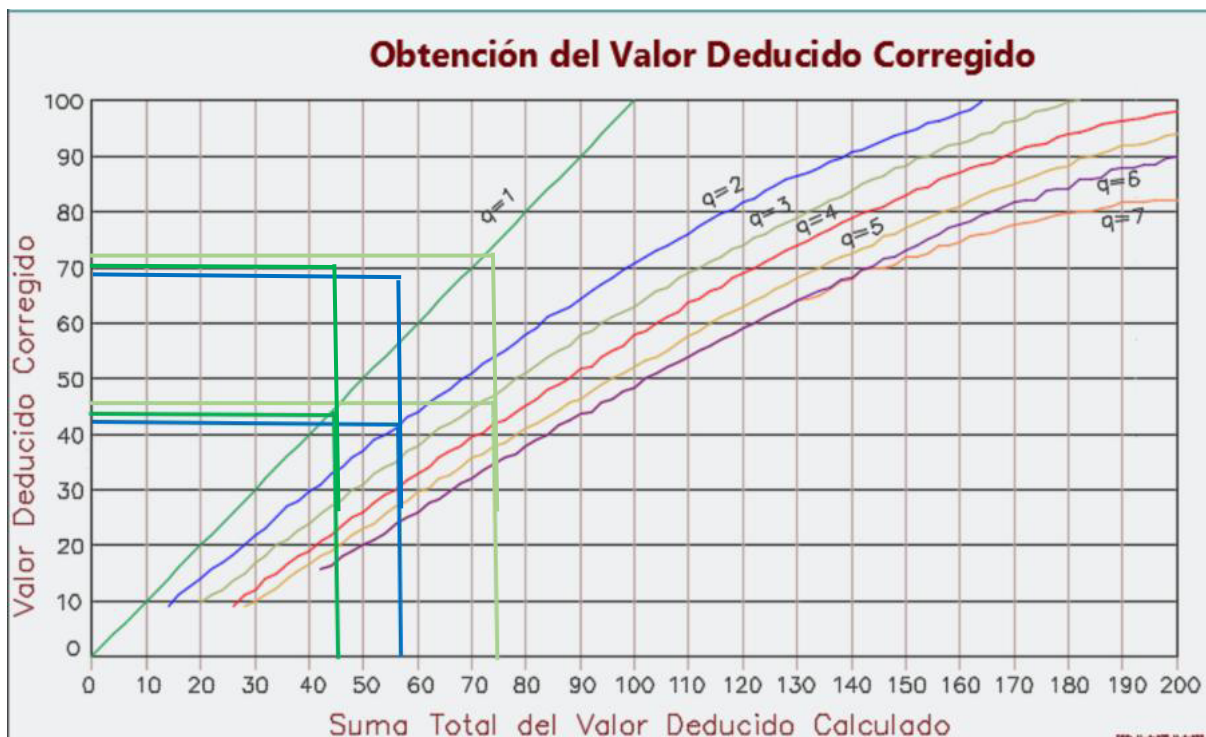
HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	46.71	26.77	24.35		97.83	3	61.7
2	46.71	26.77	2		75.48	2	54.84
3	46.71	2	2		50.71	1	50.71
MAX VDC =							61.7

Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 13

Curvas para la obtención del valor deducido corregido (VDC)



Nota. Elaboración propia (2025).

Se obtienen los valores deducidos corregidos de 45.7 para $q=1$, 41.63 para $q=2$ y

47.82 para $q=3$.

3.6.4.5. Clasificación global del tramo. Con el valor máximo de deducción corregido (VDCmax) obtenido en cada unidad de muestreo, se procederá a calcular el índice de condición del pavimento aplicando la expresión:

$$PCI = 100 - VDC_{max}$$

En el caso del tramo evaluado, el valor obtenido fue de 52,18, lo que ubica a la unidad dentro de la categoría Regular. Este mismo procedimiento se replicará en el resto de las unidades, de modo que los resultados individuales se integren en un promedio ponderado por área, con el cual se definirá el PCI global del tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca.

Figura 14

Resultado del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :	PCI =	100- (MAX VDC)
	PCI =	38.3
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :	MALO	

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.5. Verificación en campo

Como parte del control de calidad del levantamiento fotogramétrico y en cumplimiento de las metodologías PCI y VIZIR, se efectuó una verificación en campo a lo largo del tramo evaluado de 3,9 km. El objetivo fue confirmar la ubicación y dimensiones de las patologías detectadas en gabinete, garantizando que la información empleada en el cálculo de índices fuera precisa y representativa. El recorrido inició en la progresiva 0+000, correspondiente al Puente Huampuchaca, y avanzó hacia Chalhuanca hasta la progresiva final 3+900.

Durante la inspección se aplicaron las unidades de muestreo establecidas: tramos de 100 m según VIZIR (AASHTO) y 15 unidades distribuidas equidistantemente según PCI (ASTM D6433). Las mediciones se realizaron con winchas métricas de 5 m y 50 m, reglas de aluminio para verificar dimensiones lineales y tiza de marcación para delimitar cada unidad en

la calzada.

Este proceso permitió validar los datos obtenidos con Agisoft Metashape y asegurar que el análisis posterior con las metodologías VIZIR y PCI se realice sobre información verificada y de alta fiabilidad.

Figura 15

Medición de la profundidad de un deterioro en el tramo de estudio



Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.6. Procedimiento para la comparación metodológica entre VIZIR y PCI: normalización y análisis de correlación

A. Normalización y asignación PCI-VIZIR. El método VIZIR evalúa la condición superficial de la vía en tramos de 100 m de longitud, mientras que el método PCI lo hace en unidades de muestreo de 35,4 m. Esta diferencia metodológica hace que, para fines de comparación, sea necesario normalizar ambos resultados en un mismo sistema de referencia. En este estudio no se consideraron todos los tramos de 100 m de la sección analizada, sino

únicamente aquellos que coincidieron o se traslaparon con las unidades de muestreo definidas en el PCI.

En este estudio se adoptó como regla que un tramo se considera representativo cuando la cobertura es mayor o igual al 70 %. Los tramos con cobertura inferior al 70 % se clasificaron como referenciales, dado que su valor PCI no refleja de manera suficiente la condición del tramo completo y, por tanto, no se incluyeron en el análisis estadístico principal correlación de Pearson, sesgo medio y RMSE.

Tabla 23

Correspondencia entre unidades de muestreo VIZIR y PCI

VIZIR			PCI				Cobertura
Nº	Inicial	Final	Nº	Inicial	Final	L (m)	
M 1	0+000.00	0+100.00	M 1	0+000.00	0+035.40	35.4	100% Representativo
M 2	0+200.00	0+300.00	M 2	0+247.80	0+283.20	35.4	100% Representativo
M 3	0+500.00	0+600.00	M 3	0+495.60	0+531.00	35.4	100% Representativo
M 4	0+700.00	0+800.00	M 4	0+743.40	0+778.80	35.4	100% Representativo
M 5	0+900.00	1+000.00	M 5	0+991.20	1+026.60	8.8	25% Referencial
M 5	1+000.00	1+100.00	M 5	0+991.20	1+026.60	26.6	75% Representativo
M 6	1+200.00	1+300.00	M 6	1+239.00	1+274.40	35.4	100% Representativo
M 7	1+400.00	1+500.00	M 7	1+486.80	1+522.20	13.2	37% Referencial
M 8	1+500.00	1+600.00	M 7	1+486.80	1+522.20	22.2	63% Referencial
M 9	1+700.00	1+800.00	M 8	1+734.60	1+770.00	35.4	100% Representativo
M 10	1+900.00	2+000.00	M 9	1+982.40	2+017.80	17.6	50% Referencial
M 11	2+000.00	2+100.00	M 9	1+982.40	2+017.80	17.8	50% Referencial
M 12	2+200.00	2+300.00	M 10	2+230.20	2+265.60	35.4	100% Representativo
M 13	2+400.00	2+500.00	M 11	2+478.00	2+513.40	22.0	62% Representativo
M 14	2+500.00	2+600.00	M 11	2+478.00	2+513.40	13.4	38% Referencial
M 15	2+700.00	2+800.00	M 12	2+725.80	2+761.20	35.4	100% Representativo
M 16	2+900.00	3+000.00	M 13	2+973.60	3+009.00	35.4	100% Representativo
M 17	3+200.00	3+300.00	M 14	3+221.40	3+256.80	35.4	100% Representativo
M 18	3+400.00	3+500.00	M 15	3+469.20	3+504.60	35.4	100% Representativo

Nota. Elaboración propia (2025).

B. Consolidación del índice VIZIR por tramo. En la metodología VIZIR, la evaluación superficial se realiza de manera independiente en cada carril de la calzada, obteniéndose para

cada tramo de 100 m un índice I_s en escala de 1 a 7, tanto en el carril derecho I_{Sd} como en el carril izquierdo I_{Si} . No obstante, con el fin de contar con un único valor representativo por tramo que permita la comparación con el método PCI, en este estudio se adoptó el promedio aritmético de ambos carriles:

$$I_{Sprom} = \frac{I_{Sd} + I_{Si}}{2}$$

De esta manera, se garantiza que el índice resultante refleje de forma equilibrada las condiciones de la calzada completa, considerando que ambos carriles tienen el mismo ancho y, por tanto, el mismo peso en el promedio.

En los casos donde el valor promedio resultó en un número decimal, este se mantuvo con un decimal para fines de cálculo y normalización, evitando redondeos tempranos que pudieran introducir sesgos. Únicamente en las tablas de resumen o clasificación cualitativa (Muy bueno, Bueno, Regular, Malo), el valor se aproximó al número entero más cercano, de acuerdo con los intervalos definidos en la norma INV E-813-13, para mantener consistencia con la escala ordinal de 1 a 7.

Tabla 24

Consolidación del índice VIZIR (I_{Sprom})

Nº	Inicial (KM)	Final (KM)	I_{sizq}	I_{sd}	I_{sprom}	Clasificación
M 1	0+000.00	0+100.00	4.00	4.00	4.00	REGULAR
M 2	0+200.00	0+300.00	3.00	3.00	3.00	REGULAR
M 3	0+500.00	0+600.00	5.00	4.00	4.50	DEFICIENTE
M 4	0+700.00	0+800.00	3.00	4.00	3.50	REGULAR
M 5	1+000.00	1+100.00	5.00	3.00	4.00	REGULAR
M 6	1+200.00	1+300.00	5.00	4.00	4.50	DEFICIENTE
M 9	1+700.00	1+800.00	3.00	4.00	3.50	REGULAR
M 12	2+200.00	2+300.00	3.00	4.00	3.50	REGULAR
M 15	2+700.00	2+800.00	3.00	3.00	3.00	REGULAR
M 16	2+900.00	3+000.00	4.00	4.00	4.00	REGULAR

M 17	3+200.00	3+300.00	3.00	3.00	3.00	REGULAR
M 18	3+400.00	3+500.00	2.00	3.00	2.50	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

C. Normalización del índice VIZIR para comparación con PCI. El índice de estado superficial obtenido mediante el método VIZIR (I_s), de acuerdo con la norma INV E-813-13, se expresa en una escala comprendida entre 1 y 7, donde los valores más altos representan mejores condiciones superficiales del pavimento. Sin embargo, el método PCI (ASTM D6433) utiliza una escala diferente, comprendida entre 0 y 100. Esta diferencia en los rangos dificulta la aplicación de análisis estadísticos directos entre ambos métodos, pues no son comparables en su forma original.

Con el fin de establecer una base común de comparación, se aplicó una normalización lineal de tipo min-max, la cual permite transformar un indicador definido en un rango específico a otro rango arbitrario, manteniendo la proporcionalidad de los valores originales. En este caso, se adoptó la transformación:

$$IS_{norm} = \frac{IS - 1}{6} \times 100$$

donde IS corresponde al valor en la escala de 1 a 7 y IS_{norm} es el valor convertido a la escala de 0 a 100. De esta forma, un valor $I_s = 1$ equivale a 0, mientras que un valor $I_s = 7$ equivale a 100.

Tabla 25

Comparación entre el índice VIZIR normalizado (0-100) y el PCI

N°	Inicial (KM)	Final (KM)	ISnorm VIZIR (0-100)	Categoría VIZIR	PCI asignado	Categoría PCI
M 1	0+000.00	0+100.00	50.00	REGULAR	38.3	MALO
M 2	0+200.00	0+300.00	33.33	REGULAR	44.38	REGULAR
M 3	0+500.00	0+600.00	58.33	DEFICIENTE	23.69	MUY MALO
M 4	0+700.00	0+800.00	41.67	REGULAR	74.45	MUY BUENO
M 5	1+000.00	1+100.00	50.00	REGULAR	87.6	EXCELENTE
M 6	1+200.00	1+300.00	58.33	DEFICIENTE	30.69	MALO

M 9	1+700.00	1+800.00	41.67	REGULAR	36.31	MALO
M 12	2+200.00	2+300.00	41.67	REGULAR	40.25	REGULAR
M 15	2+700.00	2+800.00	33.33	REGULAR	35.01	MALO
M 16	2+900.00	3+000.00	50.00	REGULAR	51.31	REGULAR
M 17	3+200.00	3+300.00	33.33	REGULAR	50.25	REGULAR
M 18	3+400.00	3+500.00	25.00	REGULAR	48.2	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.6.2. Coeficientes de correlación aplicados. Con el fin de cuantificar el nivel de relación entre los valores obtenidos mediante las metodologías PCI y VIZIR, se calcularon los coeficientes de Pearson, Spearman y Kendall.

A. Selección de variables. Se utilizaron como variables comparativas los valores de PCI y los valores de VIZIR normalizado VIZIR_{norm}, ambos correspondientes a los mismos tramos evaluados.

B. Coeficiente de Pearson (r). Se aplicó para determinar la relación lineal entre PCI y VIZIR_{norm}. El cálculo se efectuó mediante la expresión:

$$r = \frac{[\Sigma (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{[\Sigma (X_i - \bar{X})^2 \cdot \Sigma (Y_i - \bar{Y})^2]}}$$

- donde X_i , corresponde a los valores de VIZIR_{norm}, Y_i a los valores de PCI, y \bar{X} , \bar{Y} a sus medias respectivas.

C. Coeficiente de Spearman (ρ). Se empleó para evaluar la asociación monotónica entre PCI y VIZIR_{norm}. Para ello, se transformaron los valores en rangos y se aplicó la fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{[6 \Sigma (d_i^2)]}{[n(n^2 - 1)]}$$

donde d_i representa la diferencia entre los rangos asignados a cada observación y n el número de pares de datos.

D. Coeficiente de Kendall (τ). Se utilizó como medida adicional de asociación monotónica, basada en la comparación de pares concordantes y discordantes. El cálculo se efectuó mediante:

$$\tau = \frac{(C - D)}{[\frac{1}{2} \cdot n(n - 1)]}$$

donde C corresponde al número de pares concordantes, D al número de pares discordantes y n al total de observaciones.

3.6.6.3. Coeficiente de concordancia intraclase (ICC). Para determinar el nivel de concordancia absoluta entre las metodologías PCI y VIZIR se aplicó el **Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC)**, utilizando el modelo **ICC (2.1)**, apropiado en diseños donde intervienen dos evaluadores sobre un mismo conjunto de unidades de análisis. En primer lugar, se estructuró la base de datos consolidando los valores de PCI y de VIZIR normalizado (VIZIR_norm) correspondientes a cada tramo evaluado. Asimismo, se calculó la media de cada tramo como referencia comparativa entre ambos métodos.

A partir de esta base de datos se procedió a realizar un análisis de varianza de dos vías, lo que permitió descomponer la variabilidad total en tres componentes: variabilidad entre tramos, variabilidad entre métodos y error residual. Con ello se calcularon las sumas de cuadrados y, posteriormente, los cuadrados medios correspondientes: MStramos, MSmetodos y MSerror.

Con estos valores se aplicó la expresión del ICC bajo el modelo seleccionado:

$$ICC = \frac{(MStramos - MSerror)}{[MStramos + (k - 1) \cdot MSerror + (k/n) \cdot (MSmetodos - MSerror)]}$$

donde k = 2 corresponde al número de métodos considerados PCI y VIZIR y n = 12 al número de tramos evaluados en el presente estudio.

3.6.7. Índice Kappa ponderado

A. Homologación de categorías. El primer paso consistió en homologar las categorías de clasificación, dado que el PCI contempla siete rangos (Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo, Muy Malo y Fallado), mientras que el VIZIR únicamente agrupa en tres niveles (Buena, Regular y Deficiente). Con el fin de establecer un marco de comparación común, se

reagruparon los valores de PCI en tres categorías equivalentes: Buena ($PCI \geq 55$), Regular ($55 > PCI \geq 40$) y Deficiente ($PCI < 40$).

Tabla 26

Comparación consolidada entre los resultados homologados de VIZIR y PCI

Nº	INICIAL (KM)	FINAL (KM)	Is prom	VIZIR norm	CLASIFICACION	PCI	CLASIFICACION
Tr1	0+000.00	0+100.00	4.00	50.00	REGULAR	38.3	MALO
Tr2	0+200.00	0+300.00	3.00	33.33	REGULAR	44.38	REGULAR
Tr3	0+500.00	0+600.00	4.50	58.33	DEFICIENTE	23.69	MUY MALO
Tr4	0+700.00	0+800.00	3.50	41.67	REGULAR	74.45	MUY BUENO
Tr5	1+000.00	1+100.00	4.00	50.00	REGULAR	87.6	EXCELENTE
Tr6	1+200.00	1+300.00	4.50	58.33	DEFICIENTE	30.69	MALO
Tr7	1+700.00	1+800.00	3.50	41.67	REGULAR	36.31	MALO
Tr8	2+200.00	2+300.00	3.50	41.67	REGULAR	40.25	REGULAR
Tr9	2+700.00	2+800.00	3.00	33.33	REGULAR	35.01	MALO
Tr10	2+900.00	3+000.00	4.00	50.00	REGULAR	51.31	REGULAR
Tr11	3+200.00	3+300.00	3.00	33.33	REGULAR	50.25	REGULAR
Tr12	3+400.00	3+500.00	2.50	25.00	REGULAR	48.2	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

B. Procedimiento de cálculo de resultados. El cálculo del índice Kappa ponderado (κ_w) se desarrolló en varias etapas, siguiendo una secuencia metodológica clara que permite visualizar la concordancia entre las metodologías PCI y VIZIR:

- **Construcción de la tabla de contingencia**

Se elaboró la matriz cruzando las clasificaciones obtenidas por PCI y VIZIR, previamente homologadas a tres categorías (Buena, Regular, Deficiente).

Tabla 27

Matriz de contingencia entre PCI y VIZIR con categorías homologadas

PCI / VIZIR	Buena	Regular	Deficiente	Total
Buena	0	2	0	2
Regular	0	5	0	5
Deficiente	0	3	2	5
Total	0	10	2	12

Nota. Elaboración propia (2025).

- ***Obtención de proporciones observadas (Oij)***

Se calculó cada celda como $O_{ij} = n_{ij} / N$, donde $N=12$.

Tabla 28

Matriz de proporciones observadas (Oij) entre PCI y VIZIR

PCI / VIZIR	Buena	Regular	Deficiente	Total
Buena	0	0.167	0	0.167
Regular	0	0.417	0	0.417
Deficiente	0	0.25	0.167	0.417
Total	0	0.833	0.167	1

Nota. Elaboración propia (2025).

- ***Cálculo de proporciones esperadas (Eij)***

Se calcularon como $E_{ij} = (r_i/N)(c_j/N)$.

Tabla 29

Matriz de proporciones esperadas (Eij) entre PCI y VIZIR

PCI / VIZIR	Buena	Regular	Deficiente	Total
Buena	0	0.139	0.028	0.167
Regular	0	0.347	0.069	0.417
Deficiente	0	0.347	0.069	0.417
Total	0	0.833	0.167	1

Nota. Elaboración propia (2025).

- ***Definición de la matriz de pesos (wij)***

Se adoptó la ponderación cuadrática: $w_{ij} = ((i-j)/(k-1))^2$, con $k=3$.

Tabla 30

Matriz de ponderaciones cuadráticas (w_{ij}) para tres categorías

PCI / VIZIR	Buena	Regular	Deficiente
Buena	0	0.25	1
Regular	0.25	0	0.25
Deficiente	1	0.25	0

Nota. Elaboración propia (2025).

- ***Cálculo de sumatorias***

Se multiplicaron las proporciones observadas y esperadas por sus respectivos pesos:

$$\Sigma (w_{ij} * O_{ij}) = 0.1042$$

$$\Sigma (w_{ij} * E_{ij}) = 0.1667$$

Obtención del índice Kappa ponderado

- ***Finalmente, se aplicó la fórmula:***

$$\kappa_w = 1 - \Sigma (w_{ij} * O_{ij}) / \Sigma (w_{ij} * E_{ij})$$

$$\kappa_w = 1 - (0.1042 / 0.1667) = 0.375$$

3.6.8. Consolidación de carriles, incidencia y comparación estadística VIZIR–PCI

3.6.8.1. Cálculo del área afectada e incidencia representativa (VIZIR). En la metodología VIZIR, la evaluación del pavimento se efectúa considerando de manera separada el carril izquierdo y el carril derecho de la vía, lo que produce resultados independientes para cada uno. No obstante, al comparar estos datos con los obtenidos mediante el método PCI, que evalúa la unidad de muestreo de forma integral, se requiere unificar ambos carriles para lograr la correspondencia entre metodologías.

Para este propósito, se aplicó el siguiente procedimiento:

A. Identificación del daño predominante consolidado. El daño predominante para la unidad se definió como aquel que presentó la mayor área total entre los dos carriles. En los casos en que ambos carriles mostraron el mismo tipo de falla, se mantuvo este como

predominante. En situaciones donde los daños predominantes fueron distintos, se seleccionó como representativo el que alcanzó el mayor porcentaje consolidado de incidencia.

$$\text{Daño predominante} = \max(A_{izq_predominante}, A_{der_predominante})$$

Tabla 31

Daño predominante consolidado por unidad de muestreo

CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO		
Nº	Daño predominante	Area (m ²)	Incidencia (%)	Daño predominante	Area (m ²)	Incidencia (%)
M1	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	177.23	49.23	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	233.71	64.92
M2	Pulimento de agregados (PU)	33.31	9.25	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	26.30	7.30
M3	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	92.35	25.65	Fisura transversal de junta de construcción (FTJ)	55.04	15.29
M4	Bacheos y parcheos (B)	8.06	2.24	Bacheos y parcheos (B)	18.02	5.01
M5	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	164.14	45.59	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	22.42	6.23
M6	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	218.86	60.80	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	231.77	64.38
M9	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	98.57	27.38	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	39.87	11.07
M12	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	50.65	14.07	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	25.44	7.07
M15	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	145.17	40.32	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	20.17	5.60
M16	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	91.30	25.36	Fisuras de contracción térmica (FCT)	12.35	3.43
M17	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	10.15	2.82	Bacheos y parcheo (B)	12.95	3.60
M18	Bacheos y parcheo (B)	18.31	5.09	Bacheos y parcheo (B)	23.15	6.43

Nota. Elaboración propia (2025).

B. Cálculo del área total afectada. Se determinó el área consolidada del daño predominante, se realiza la sumatoria las áreas reportadas en ambos carriles de dicho daño:

$$A_{\text{unidad afectada}} = A_{\text{izq}} + A_{\text{der}}$$

donde A_{izq} corresponde al área afectada en el carril izquierdo y A_{der} al área afectada en el carril derecho.

C. Determinación del porcentaje de incidencia consolidado. A fin de normalizar la incidencia de cada daño en relación con el área total de la unidad de muestreo, se calculó un promedio ponderado entre los dos carriles:

$$\%Incidencia_{\text{total}} = \frac{A_{\text{unidad afectada}}}{A_{\text{unidad total}}}$$

Tabla 32

Porcentaje de incidencia consolidado y daño predominante

N° muestra	A unidad afectada	%INCIDENCIA total	Daño Predominante
M - 01	410.93	57.07%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 02	43.59	6.05%	Pulimento de agregados (PU)
M - 03	97.79	13.58%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 04	26.08	3.62%	Bacheos y parcheos (B)
M - 05	186.56	25.91%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 06	450.64	62.59%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 09	138.44	19.23%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 12	76.10	10.57%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 15	165.33	22.96%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 16	101.77	14.13%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)
M - 17	19.26	2.68%	Bacheos y parcheos (B)
M - 18	41.46	5.76%	Bacheos y parcheos (B)

Nota. Elaboración propia (2025).

D. Cálculo del área afectada e incidencia representativa (PCI). Para cada unidad de muestreo evaluada con la metodología PCI, se procedió a identificar las patologías presentes y a calcular el área que ocupaban dentro del tramo analizado. A partir de estos valores, se determinó la incidencia de cada falla en relación con el área total de la muestra, expresándola en porcentaje.

El cálculo del área afectada permitió cuantificar la magnitud de cada tipo de deterioro en términos absolutos, mientras que el porcentaje de incidencia permitió normalizar los

resultados y facilitar la comparación entre unidades de distinta extensión o con diferentes grados de afectación.

Asimismo, en cada unidad se identificó el daño predominante, definido como la patología que presentó mayor extensión relativa en la superficie evaluada. Este procedimiento tiene como propósito resaltar las fallas más representativas y establecer la base para posteriores comparaciones con la metodología VIZIR, además de servir como insumo para el análisis global del estado del pavimento en el tramo de estudio.

Tabla 33

Área afectada, porcentaje de incidencia y daño predominante

Nº Muestra	A unidad afectada	%INCIDENCIA total	Daño Predominante
M - 1	82.17	32.24%	Piel de cocodrilo
M - 2	33.95	12.86%	Desprendimientos de agregados
M - 3	185.02	70.08%	Piel de cocodrilo
M - 4	31.06	11.77%	Pulimiento de agregados
M - 5	27.90	10.95%	Grietas longitudinal y transversal
M - 6	109.55	42.98%	Piel de cocodrilo
M - 8	57.16	22.43%	Grietas longitudinal y transversal
M - 10	54.27	21.29%	Piel de cocodrilo
M - 12	77.04	30.23%	Piel de cocodrilo
M - 13	52.33	20.53%	Piel de cocodrilo
M - 14	10.46	4.11%	Piel de cocodrilo
M - 15	21.89	8.59%	Parcheo

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.8.2. Comparación cuantitativa de incidencias entre VIZIR y PCI ($\Delta\%$ y R)

A. Cálculo de la diferencia de incidencia ($\Delta\%$). Para establecer el nivel de discrepancia entre ambas metodologías, se calculó la diferencia de incidencias en cada tramo mediante la expresión:

$$\Delta\% = \% \text{Incidencia VIZIR} - \% \text{Incidencia PCI}$$

De esta manera, un valor positivo indica que el método VIZIR reporta mayor área afectada que el PCI, mientras que un valor negativo señala que el PCI presenta una incidencia

superior. Este procedimiento permitió identificar no solo la magnitud de las variaciones, sino también la dirección de las mismas, aportando un criterio objetivo para la comparación.

B. Cálculo de la razón de incidencias (R). Se calculó la razón de incidencias (R), definida como el cociente entre la incidencia obtenida por la metodología VIZIR y la registrada mediante PCI. Este indicador permite expresar de manera relativa cuántas veces más, o menos, un método reporta daño en relación con el otro. Así, un valor de R mayor que 1 refleja que VIZIR cuantificó una proporción más alta de área deteriorada, mientras que un valor inferior a 1 señala que PCI registró mayor afectación. El uso de esta razón facilita una interpretación directa de la relación entre ambas metodologías, sin depender de las magnitudes absolutas, y constituye una herramienta útil para resaltar la tendencia de cada técnica en la identificación de los deterioros del pavimento.

$$R = \frac{\% \text{Incidencia VIZIR}}{\% \text{Incidencia PCI}}$$

Tabla 34

Razón de incidencias (R) entre VIZIR y PCI

N°	VIZIR	PCI	Δ%	R
Tr1	57.07% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	32.24% Piel de cocodrilo	24.83%	1.77
Tr2	6.05% Pulimento de agregados (PU)	12.86% Desprendimientos de agregados	-6.81%	0.47
Tr3	13.58% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	70.08% Piel de cocodrilo	-56.50%	0.19
Tr4	3.62% Bacheos y parcheos (B)	11.77% Pulimiento de agregados.	-8.15%	0.31
Tr5	25.91% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	10.95% Grietas long y transv	14.96%	2.37
Tr6	62.59% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	42.98% Piel de cocodrilo	19.61%	1.46
Tr7	19.23% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	22.43% Grietas long y transv	-3.20%	0.86
Tr8	10.57% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	21.29% Piel de cocodrilo	-10.72%	0.50

Tr9	22.96%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	30.23%	Piel de cocodrilo	-7.27%	0.76
Tr10	14.13%	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	20.53%	Piel de cocodrilo	-6.40%	0.69
Tr11	2.68%	Bacheos y parcheos (B)	4.11%	Piel de cocodrilo	-1.43%	0.65
Tr12	5.76%	Bacheos y parcheos (B)	8.59%	Parcheo	-2.83%	0.67

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.8.3. Indicadores de tendencia y variabilidad en la comparación VIZIR–PCI

A. Promedio. El promedio de los valores de diferencia ($\Delta\%$) y de la razón (R) se calculó con el fin de obtener una medida general de tendencia central que represente el comportamiento conjunto de los tramos evaluados. En el caso de $\Delta\%$, el promedio permite identificar si, en términos generales, una metodología tiende a reportar incidencias mayores que la otra. Para la razón (R), el promedio refleja la magnitud relativa de las incidencias de VIZIR respecto a PCI en todo el conjunto de muestras.

B. Mediana. La mediana corresponde al valor central de los datos ordenados y se empleó como complemento del promedio, debido a que resulta menos sensible a valores extremos. En este análisis, la mediana de $\Delta\%$ y de R permite establecer la tendencia predominante de las diferencias entre métodos, sin que los resultados atípicos influyan de manera desproporcionada.

C. Máximo y mínimo. Los valores máximo y mínimo de $\Delta\%$ y R fueron determinados para conocer la variabilidad extrema entre los resultados de ambas metodologías. El máximo señala el caso en que VIZIR reportó la mayor incidencia relativa frente a PCI, mientras que el mínimo corresponde al escenario donde PCI superó ampliamente a VIZIR. Estas métricas son útiles para evidenciar la magnitud de las discrepancias que pueden presentarse en tramos específicos.

D. Frecuencia de tramos con $R > 1$ y $R < 1$. Finalmente, se contabilizó el número y porcentaje de tramos en los que la razón de incidencias (R) fue mayor que 1 o menor que 1.

Esta métrica permite identificar en cuántos casos VIZIR superó a PCI en términos de porcentaje de incidencia y en cuántos sucedió lo contrario.

3.6.9. Integración PCI–VIZIR mediante índice híbrido de condición (HCI) y priorización de intervenciones

Con el propósito de integrar la información obtenida mediante los índices PCI y VIZIR, se definió un Índice Híbrido de Condición (HCI) que combina ambos indicadores en una sola métrica. Para garantizar comparabilidad, en primer lugar se aplicó la normalización min–max, la cual transforma los valores originales al rango de 0 a 100. Así, cada índice se expresa en función de su mínimo y máximo en la muestra, según la fórmula:

$$X_n = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} * 100$$

donde X corresponde a los valores de PCI o VIZIR, y Xn al valor normalizado.

Posteriormente, se construyó el índice híbrido mediante una combinación lineal ponderada de ambos indicadores normalizados:

$$HCI = w_{PCI} * PCI_n + w_{VIZIR} * VIZIR_n$$

con la condición de que $w_{pci} + w_{vizir} = 1$. En el escenario base se adoptaron pesos iguales $w_{pci}=0.5$ y $w_{vizir}=0.5$, de modo que ambos índices aporten en la misma proporción.

Finalmente, con los valores obtenidos de HCI para cada tramo se elaboró un ranking de condición, ordenando de mayor a menor HCI, donde Rank = 1 corresponde al tramo con mejor condición y los valores sucesivos indican posiciones relativas descendentes.

Tabla 35

Índice Híbrido de Condición (HCI) y ranking de priorización de intervenciones

Tramo	VIZIRnorm	VIZIRn	PCI	PCIn	HCI (0.5,0.5)	Rank (0.5,0.5)
Tr1	50	75.01	38.3	22.86	48.93	6
Tr2	33.33	24.99	44.38	32.37	28.68	10
Tr3	58.33	100.00	23.69	0.00	50.00	5
Tr4	41.67	50.02	74.45	79.42	64.72	2

Tr5	50	75.01	87.6	100.00	87.50	1
Tr6	58.33	100.00	30.69	10.95	55.48	4
Tr7	41.67	50.02	36.31	19.75	34.88	8
Tr8	41.67	50.02	40.25	25.91	37.96	7
Tr9	33.33	24.99	35.01	17.71	21.35	11
Tr10	50	75.01	51.31	43.22	59.11	3
Tr11	33.33	24.99	50.25	41.56	33.28	9
Tr12	25	0.00	48.2	38.35	19.18	12

Nota. Elaboración propia (2025).

3.6.9.1. Clasificación cualitativa del HCI y propuesta de intervención. Con los valores del Índice Híbrido de Condición (HCI) calculados en el escenario base (0.5/0.5), se procedió a establecer una clasificación cualitativa del estado del pavimento, empleando intervalos de referencia similares a los definidos en la literatura para índices de condición. Se adoptaron cuatro categorías de desempeño:

- Excelente: $HCI \geq 80$
- Bueno: $65 \leq HCI < 80$
- Regular: $50 \leq HCI < 65$
- Malo: $HCI < 50$

De esta manera, cada tramo fue asignado a una categoría según su valor de HCI.

Adicionalmente, con base en la clasificación obtenida, se propusieron las intervenciones más apropiadas:

- Excelente: conservación rutinaria (sellado puntual, limpieza de drenaje).
- Bueno: mantenimiento preventivo (tratamientos superficiales, micro refuerzos).
- Regular: mantenimiento correctivo focalizado (bacheo estructural o refuerzo puntual).
- Malo: rehabilitación integral (reconstrucción de capas o refuerzo estructural de la vía).

El cuadro resultante presenta, para cada tramo, su valor de HCI, la categoría de desempeño correspondiente y la intervención recomendada, lo que permite traducir el análisis numérico en decisiones concretas de gestión vial.

Tabla 36

Clasificación cualitativa del Índice Híbrido de Condición (HCI) y propuesta de intervención

Tramo	HCI (0.5/0.5)	Categoría	Intervención recomendada
Tr5	87.5	Excelente	Conservación rutinaria
Tr4	64.72	Bueno	Mantenimiento preventivo
Tr10	59.11	Regular	Correctivo focalizado
Tr6	55.48	Regular	Correctivo focalizado
Tr3	50	Regular	Correctivo focalizado
Tr1	48.93	Malo	Rehabilitación
Tr7	34.88	Malo	Rehabilitación
Tr8	37.96	Malo	Rehabilitación
Tr11	33.28	Malo	Rehabilitación
Tr2	28.68	Malo	Rehabilitación
Tr9	21.35	Malo	Rehabilitación
Tr12	19.18	Malo	Rehabilitación

Nota. Elaboración propia (2025).

3.7. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó bajo un enfoque cuantitativo, siguiendo las fases de codificación, procesamiento, análisis estadístico y representación gráfica de los resultados. Según Hernández et al. (2014) el análisis cuantitativo busca procesar la información recolectada para identificar patrones, relaciones o diferencias entre las variables estudiadas.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del método PCI

En los resultados obtenidos mediante la metodología PCI se observa que el estado del pavimento presenta una alta variabilidad, con clasificaciones que van desde muy malo hasta excelente. La muestra M-03, con un PCI de 23.69, se clasifica como muy malo, lo que indica un deterioro severo que afecta la capacidad estructural de la vía. En contraste, la muestra M-05 alcanzó un PCI de 87.6, correspondiente a la categoría excelente, evidenciando un tramo en condiciones óptimas de servicio. No obstante, la tendencia general revela que la mayoría de los sectores se encuentran en condición regular y mala, como M-01, M-06, M-07 y M-08, cuyos valores PCI se ubican entre 30 y 40, reflejando una afectación moderada a severa.

Asimismo, varios tramos fueron clasificados como regulares, entre ellos M-02, M-09, M-10, M-11, M-13, M-14 y M-15, con valores PCI en el rango de 40 a 51. Estos sectores mantienen un nivel de servicio aceptable, aunque ya presentan daños que requieren intervenciones de conservación para evitar su progresión hacia estados más críticos. De forma aislada se registran sectores con mejor condición, como M-04 (PCI = 74.45, muy bueno) y M-05 (PCI = 87.6, excelente), que contrastan con el deterioro observado en la mayor parte del tramo.

En síntesis, el análisis global mediante el método PCI muestra que el pavimento evaluado se encuentra en un estado predominantemente regular a malo, con presencia puntual de sectores muy deteriorados y otros en buenas condiciones. Esta variabilidad confirma la necesidad de planificar un mantenimiento diferenciado, priorizando las zonas más afectadas y aplicando medidas preventivas en los tramos que aún conservan un nivel de servicio adecuado.

Tabla 37*Resumen de clasificación del PCI*

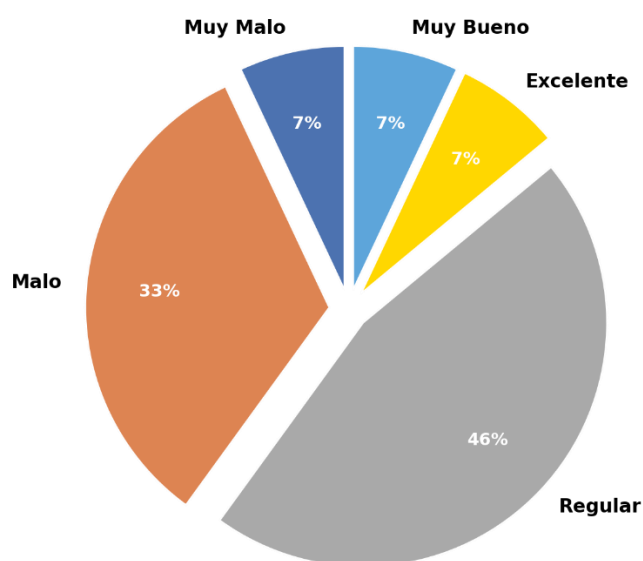
RESUMEN DE CLASIFICACION DE PCI						
N°	INICIAL (KM)	FINAL (KM)	AREA (m2)	V.D.	(PCI)	CLASIFICACION
M - 01	0+000.00	0+035.40	254.88	61.7	38.3	MALO
M - 02	0+247.80	0+283.20	254.88	55.62	44.38	REGULAR
M - 03	0+495.60	0+531.00	254.88	76.31	23.69	MUY MALO
M - 04	0+743.40	0+778.80	254.88	25.55	74.45	MUY BUENO
M - 05	0+991.20	1+026.60	254.88	12.4	87.6	EXCELENTE
M - 06	1+239.00	1+274.40	254.88	69.31	30.69	MALO
M - 07	1+486.80	1+522.20	254.88	67.44	32.56	MALO
M - 08	1+734.60	1+770.00	254.88	63.69	36.31	MALO
M - 09	1+982.40	2+017.80	254.88	59.41	40.59	REGULAR
M - 10	2+230.20	2+265.60	254.88	59.75	40.25	REGULAR
M - 11	2+478.00	2+513.40	254.88	56.86	43.14	REGULAR
M - 12	2+725.80	2+761.20	254.88	64.99	35.01	MALO
M - 13	2+973.60	3+009.00	254.88	48.69	51.31	REGULAR
M - 14	3+221.40	3+256.80	254.88	49.75	50.25	REGULAR
M - 15	3+469.20	3+504.60	254.88	51.8	48.2	REGULAR

La tabla presenta las progresivas iniciales y finales, el área evaluada, el valor deducido (V.D.), el índice PCI y la clasificación de condición obtenida para cada muestra.

En la figura 19 se observa que la mayoría de los tramos evaluados se encuentran en condición regular (46 %), seguido por un 33 % en estado malo. En menor proporción se registran sectores en condición muy malo (7 %), muy bueno (7 %) y excelente (7 %). Estos resultados confirman que, aunque existen tramos puntuales con buen desempeño, la tendencia predominante del pavimento es hacia estados intermedios y deficientes, lo que sustenta la necesidad de programar labores de mantenimiento correctivo y preventivo.

Figura 16

Distribución porcentual de la clasificación PCI en los tramos evaluados



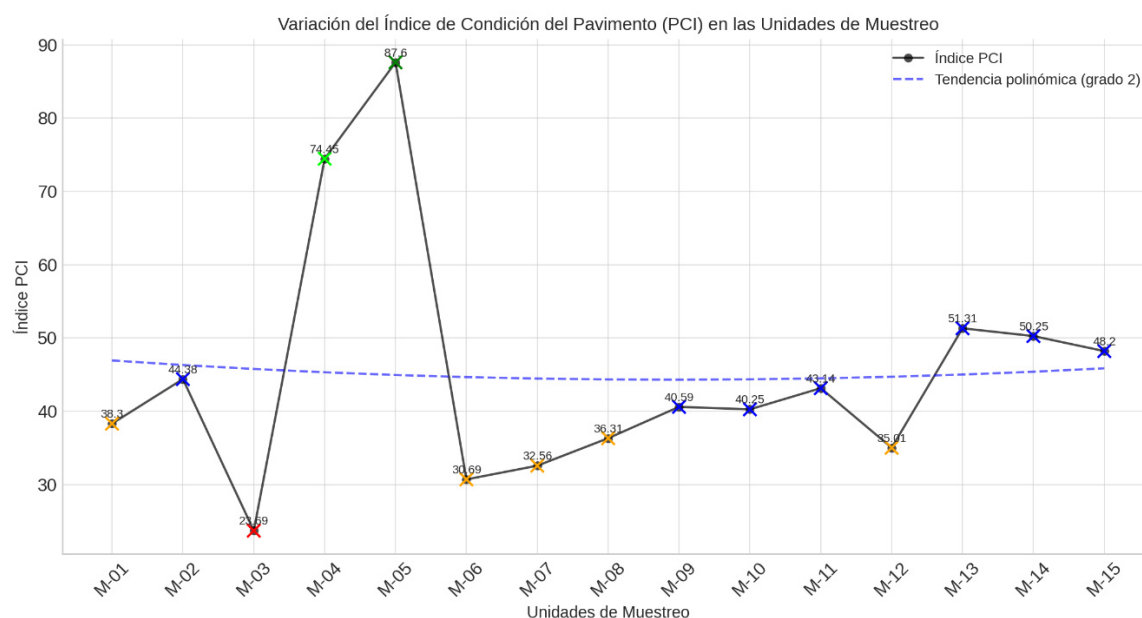
Nota. La figura presenta el porcentaje de muestras clasificadas en cada categoría de condición del pavimento de acuerdo con el índice PCI.

En la Figura 20 se muestra la variación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en las unidades de muestreo evaluadas. Los valores presentan una marcada heterogeneidad, con un rango que oscila entre 23.69 (Muy Malo) en la unidad M-03 y 87.6 (Excelente) en la unidad M-05. También se identifican tramos con valores intermedios, como M-04 (74.45, Muy Bueno) y M-13 (51.31, Regular), que contrastan con los segmentos donde el índice se mantiene en niveles bajos (M-06, M-07 y M-12, con valores entre 30 y 36, categoría Mala). La tendencia polinómica de segundo grado refleja un comportamiento relativamente estable en la zona central de la vía, con ligeras mejoras en los tramos finales, aunque sin alcanzar categorías de condición sobresaliente de manera sostenida. En conjunto, los resultados evidencian que la vía presenta sectores puntuales con buen desempeño superficial, pero predomina una condición de regular a mala, lo que sugiere la necesidad de intervenciones diferenciales según el nivel de

deterioro identificado en cada unidad de muestreo.

Figura 17

Variación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)



Nota. Elaboración propia (2025).

4.2. Resultados del método VIZIR

4.2.1. Resultados carril izquierdo

En los resultados obtenidos para el carril izquierdo se aprecia que la fisuración en piel de cocodrilo (FPC) constituye la falla predominante en la mayor parte de las progresivas. Este daño se presenta con porcentajes elevados en sectores como M-01 (49.23 %), M-05 (45.59 %), M-06 (60.80 %) y M-07 (51.94 %), donde se evidencia un deterioro avanzado de la superficie de rodadura. La recurrencia de este tipo de fisuración refleja la pérdida de capacidad estructural del pavimento, siendo el indicador principal de su condición actual.

De forma complementaria, también se registraron como fallas predominantes el bacheo y parcheo, presente en muestras como M-04 y M-18, con valores bajos que oscilan entre 2 % y 5 %, y que evidencian intervenciones de mantenimiento anteriores que no lograron restituir

plenamente el desempeño del pavimento. Asimismo, en la muestra M-02 se identificó el pulimento de agregados, con un porcentaje de 9.25 %, lo cual representa un desgaste superficial producto de la acción del tránsito repetitivo y de la pérdida progresiva de la textura del material.

En términos de clasificación, el carril izquierdo presenta una condición heterogénea. Una parte importante de las muestras se encuentra en estado regular, representando cerca del 50 % del tramo evaluado. Sin embargo, se registran varios sectores en condición deficiente, entre ellos M-03, M-05, M-06, M-07, M-08, M-10, M-11 y M-19, que reflejan un deterioro más pronunciado en comparación con el resto del tramo. A diferencia del carril derecho, en este sector se observa al menos una muestra con calificación buena M-18, aunque se trata de un tramo aislado con bajo porcentaje de falla.

En síntesis, el carril izquierdo evidencia un mayor nivel de deterioro que el derecho, con alta incidencia de fisuración en piel de cocodrilo y una proporción considerable de muestras en condición deficiente. Si bien existen tramos regulares e incluso un sector calificado como bueno, la tendencia general indica que el pavimento de este carril se encuentra comprometido y requiere intervenciones de mantenimiento correctivo más urgentes para evitar la progresión de los daños hacia estados críticos.

Tabla 38

Daño predominante, porcentaje afectado y clasificación en el carril izquierdo

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO			
	Inicial	Final	Daño predominante	(%)	IS	Clasificación
M - 01	0+000.00	0+100.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	49.23	4	REGULAR
M - 02	0+200.00	0+300.00	Pulimento de agregados (PU)	9.25	3	REGULAR
M - 03	0+500.00	0+600.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	25.65	5	DEFICIENTE
M - 04	0+700.00	0+800.00	Bacheos y parcheo (B)	2.24	3	REGULAR
M - 05	1+000.00	1+100.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	45.59	5	DEFICIENTE
M - 06	1+200.00	1+300.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	60.80	5	DEFICIENTE
M - 07	1+400.00	1+500.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	29.32	5	DEFICIENTE
M - 08	1+500.00	1+600.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	38.48	5	DEFICIENTE
M - 09	1+700.00	1+800.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	27.38	3	REGULAR

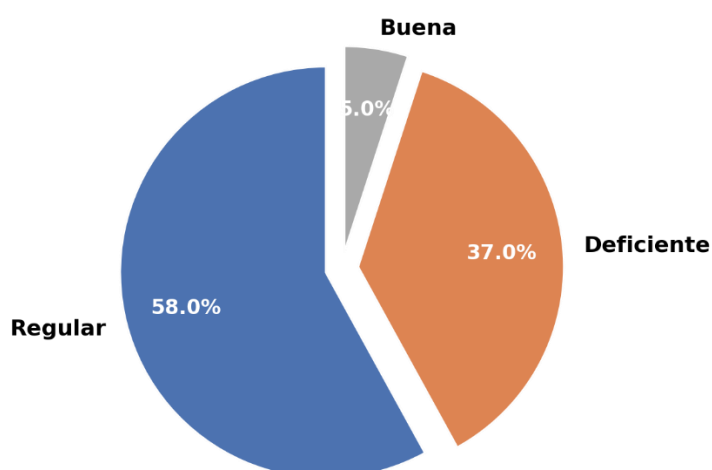
M - 10	1+900.00	2+000.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	28.95	4	REGULAR
M - 11	2+000.00	2+100.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	15.09	5	DEFICIENTE
M - 12	2+200.00	2+300.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	14.07	3	REGULAR
M - 13	2+400.00	2+500.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	13.14	4	REGULAR
M - 14	2+500.00	2+600.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	27.58	4	REGULAR
M - 15	2+700.00	2+800.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	40.32	3	REGULAR
M - 16	2+900.00	3+000.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	25.36	4	REGULAR
M - 17	3+200.00	3+300.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	2.82	3	REGULAR
M - 18	3+400.00	3+500.00	Bacheos y parcheo (B)	5.09	2	BUENA
M - 19	0+000.00	0+100.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	39.66	5	DEFICIENTE

Nota. La presente tabla muestra los resultados obtenidos para el carril izquierdo en el tramo evaluado, indicando las progresivas, el daño predominante, el porcentaje afectado, el índice de severidad (IS) y la respectiva clasificación del estado del pavimento.

En la figura 18 se aprecia que la mayor parte del tramo se encuentra en condición regular (58 %), seguido de un 37 % en estado deficiente, mientras que solo un 5 % presenta condición buena. Estos resultados confirman que el carril izquierdo mantiene un estado general predominantemente regular, con presencia significativa de sectores deteriorados.

Figura 18

Distribución porcentual de las muestras del carril izquierdo según su clasificación de condición



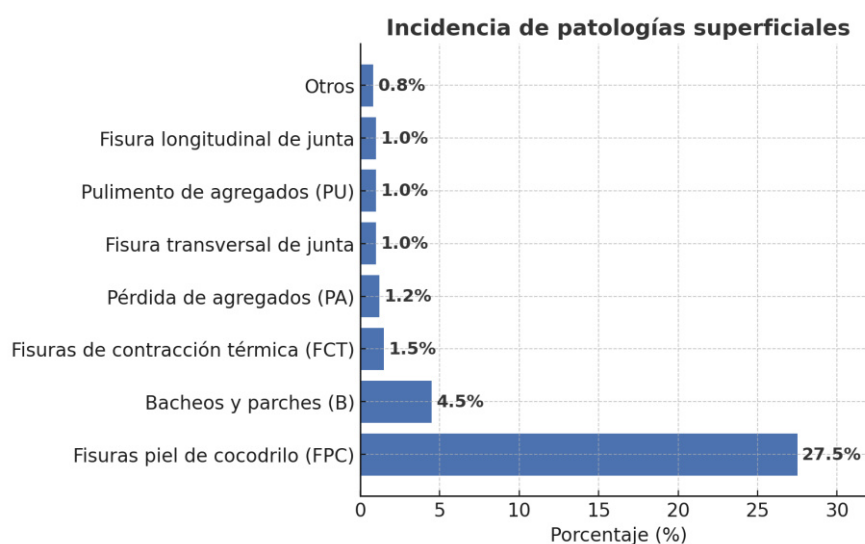
Nota. La figura muestra la distribución porcentual de las muestras evaluadas en el carril

izquierdo según su clasificación.

En la figura 14 se aprecia que la fisuración en piel de cocodrilo (FPC) es la falla de mayor incidencia, concentrando cerca del 27 % del total de afectaciones. Le siguen en menor proporción los bacheos y parches con valores cercanos al 4 %, mientras que otras fallas como fisuras de contracción térmica, pulimento de agregados, fisuras en juntas y pérdida de agregados representan porcentajes muy reducidos. Estos resultados confirman que el comportamiento del carril izquierdo está dominado por la fisuración en piel de cocodrilo, complementada por daños puntuales de menor magnitud.

Figura 19

Incidencia porcentual de patologías superficiales carril izquierdo



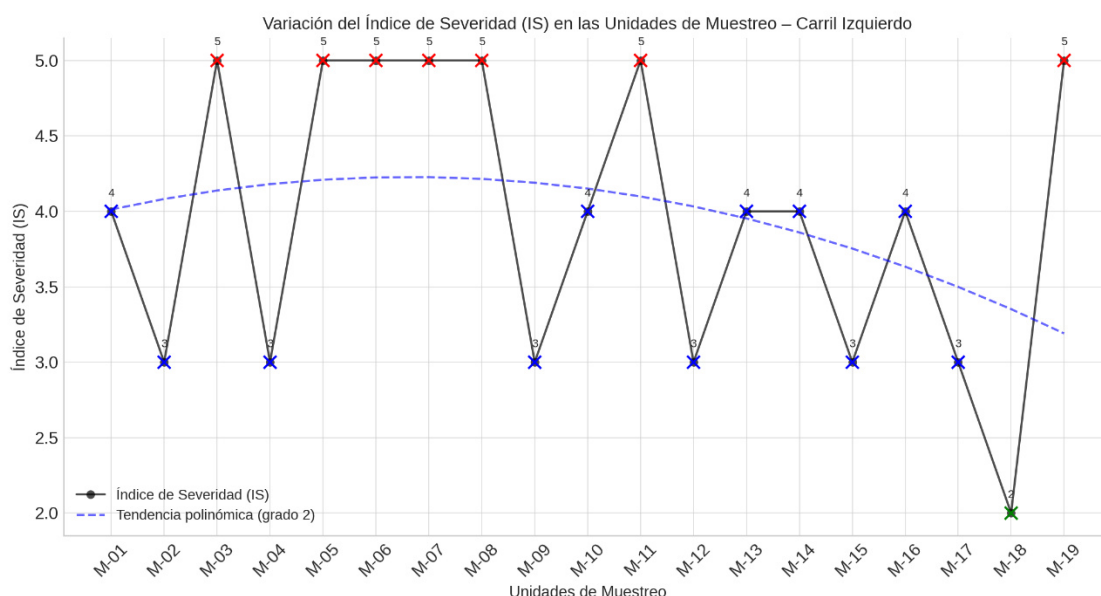
Nota. La figura muestra la distribución porcentual de las principales fallas registradas en el carril izquierdo.

En la Figura 20 se observa la variación del Índice de Severidad (IS) a lo largo de las unidades de muestreo del carril izquierdo. Los valores fluctúan entre un mínimo de 2 y un máximo de 5, evidenciando una alta dispersión en el comportamiento de la severidad superficial. Se aprecia que la mayoría de las unidades alcanzan valores de $IS = 5$, lo cual indica presencia de patologías críticas que afectan de manera significativa la condición del pavimento.

Asimismo, la tendencia polinómica de segundo grado muestra una curva con ligero descenso hacia los tramos finales, sugiriendo una reducción progresiva de la severidad, aunque sin llegar a valores que indiquen buen desempeño. En este sentido, el gráfico refleja que la condición predominante en el carril izquierdo se encuentra en niveles altos de deterioro, lo que corrobora la necesidad de acciones correctivas o de rehabilitación puntual en la mayoría de las unidades de muestreo.

Figura 20

Variación del Índice de Severidad (IS) en las unidades de muestreo del carril izquierdo



4.2.2. Resultados Carril Derecho

En los resultados obtenidos para el carril derecho se aprecia que la fisuración en piel de cocodrilo (FPC) constituye la falla predominante en la mayor parte de los tramos evaluados. Este daño se presenta de forma recurrente desde las primeras progresivas, con valores que alcanzan máximos de 64.92 % en la muestra M-01 y 64.38 % en la muestra M-06, lo que refleja una afectación significativa del pavimento en dichos sectores. En general, la fisuración de este tipo se mantiene en porcentajes intermedios en la mayoría de las muestras, con valores que

oscilan entre 15 % y 40 %, evidenciando un deterioro progresivo que compromete la uniformidad de la superficie de rodadura.

De manera complementaria, se identificaron como fallas predominantes los bacheos y parches, presentes en tramos como M-04, M-11, M-13 y M-18, con porcentajes que varían entre 5 % y 8 %. Estos resultados indican la existencia de intervenciones previas de mantenimiento que, si bien aportaron soluciones temporales, actualmente presentan un desgaste evidente y no han logrado restituir adecuadamente la condición estructural del pavimento. También se observan daños puntuales como el pulimento de agregados en la muestra M-02 y la fisura de contracción térmica en la muestra M-17, aunque representan un porcentaje bajo, son señales de la vulnerabilidad del material frente al tránsito y los efectos ambientales.

En términos de clasificación, la mayoría de las muestras del carril derecho se ubican en la condición regular, representando más del 80 % del tramo evaluado. Solo se identificó un sector en condición deficiente, correspondiente a la muestra M-14, donde la severidad de las fallas registradas superó los valores típicos del resto del tramo. En contraste, no se reportaron sectores con calificación buena, lo que confirma que el pavimento del carril derecho presenta un estado general de conservación medio, dominado por la recurrencia de fisuración en piel de cocodrilo y complementado por fallas menores como bacheos y desgaste superficial.

Tabla 39

Daño predominante, porcentaje afectado y clasificación en el carril derecho

N° muestra	PROGRESIVA		CARRIL DERECHO			
	Inicial	Final	Daño predominante	(%)	IS	Clasificación
M - 01	0+000.00	0+100.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	64.92	4	REGULAR
M - 02	0+200.00	0+300.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	7.30	3	REGULAR
M - 03	0+500.00	0+600.00	Fisura transversal de junta de construcción (FTJ)	15.29	4	REGULAR
M - 04	0+700.00	0+800.00	Bacheos y parcheo (B)	5.01	4	REGULAR

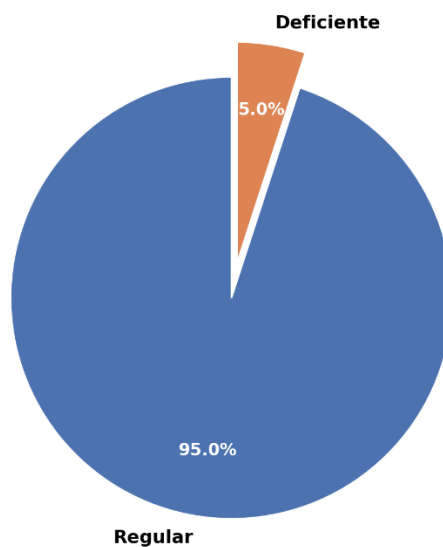
M - 05	1+000.00	1+100.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	6.23	3	REGULAR
M - 06	1+200.00	1+300.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	64.38	4	REGULAR
M - 07	1+400.00	1+500.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	33.81	3	REGULAR
M - 08	1+500.00	1+600.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	22.13	4	REGULAR
M - 09	1+700.00	1+800.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	11.07	4	REGULAR
M - 10	1+900.00	2+000.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	12.22	4	REGULAR
M - 11	2+000.00	2+100.00	Bacheos y parcheo (B)	4.51	3	REGULAR
M - 12	2+200.00	2+300.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	7.07	4	REGULAR
M - 13	2+400.00	2+500.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	7.22	4	REGULAR
M - 14	2+500.00	2+600.00	Bacheos y parcheo (B)	7.95	5	DEFICIENTE
M - 15	2+700.00	2+800.00	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	5.60	3	REGULAR
M - 16	2+900.00	3+000.00	Fisuras de contracción térmica (FCT)	3.43	4	REGULAR
M - 17	3+200.00	3+300.00	Bacheos y parcheo (B)	3.60	3	REGULAR
M - 18	3+400.00	3+500.00	Bacheos y parcheo (B)	6.43	3	REGULAR

Nota. La presente tabla muestra los resultados obtenidos para el carril izquierdo en el tramo evaluado, indicando las progresivas, el daño predominante, el porcentaje afectado, el índice de severidad (IS) y la respectiva clasificación del estado del pavimento.

En la gráfica se observa que el **95 %** de las muestras corresponde a la condición regular, mientras que solo un **5 %** fue clasificado como deficiente. No se registraron tramos en estado bueno. Estos resultados evidencian que el carril derecho mantiene un estado general homogéneo y mayoritariamente regular, con mínima presencia de sectores deteriorados.

Figura 21

Distribución porcentual de las muestras del carril derecho según su clasificación de condición

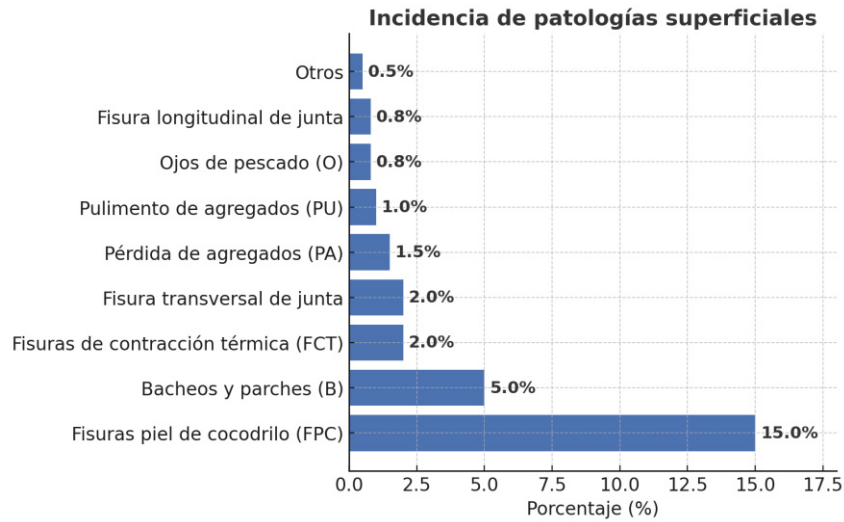


Nota. La figura presenta la distribución porcentual de las muestras evaluadas en el carril derecho.

En la gráfica se observa que la fisuración en piel de cocodrilo (FPC) es la falla más representativa, alcanzando alrededor del 15 % del total. En segundo lugar, aparecen los bacheos y parches, con aproximadamente un 5 % de incidencia, lo que refleja la presencia de intervenciones previas de mantenimiento que ya muestran deterioro. Otras fallas, como las fisuras de contracción térmica, pérdida de agregados, pulimento de agregados, fisuras en juntas y daños puntuales como los ojos de pescado, registran porcentajes reducidos y corresponden a manifestaciones aisladas. Estos resultados confirman que el carril derecho, al igual que el izquierdo, está dominado por la fisuración en piel de cocodrilo, aunque con menor proporción de afectación general.

Figura 22

Incidencia porcentual de patologías superficiales carril derecho.

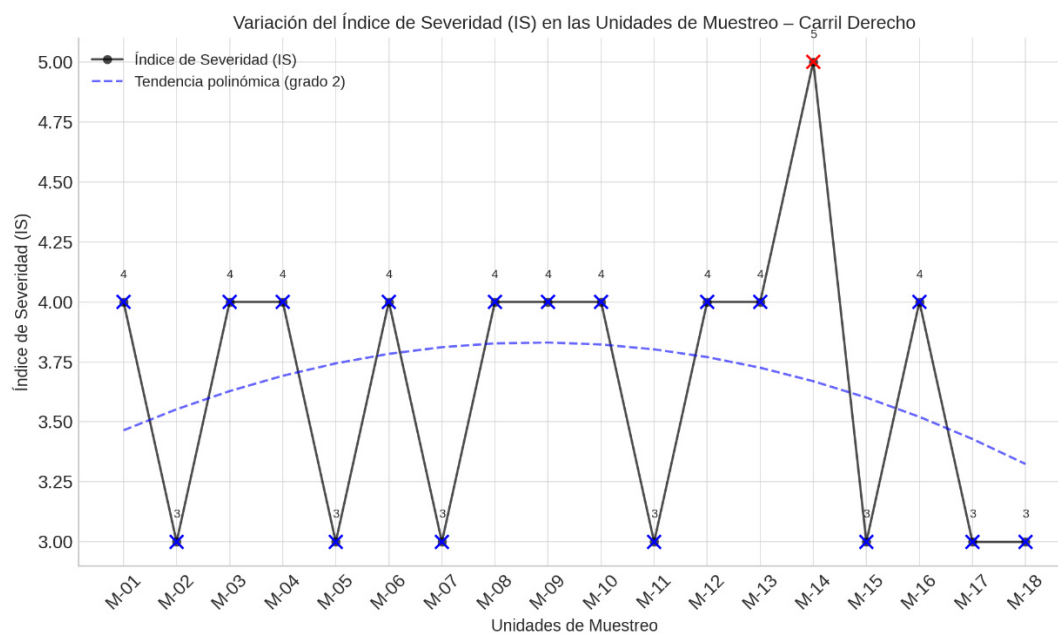


Nota. La figura muestra la distribución porcentual de las principales fallas registradas en el carril derecho.

En la Figura 18 se presenta la variación del Índice de Severidad (IS) en las unidades de muestreo del carril derecho. Los valores se concentran principalmente entre 3 y 4, lo que evidencia un comportamiento más homogéneo respecto al carril izquierdo. Se observa un único pico en la unidad M-14, donde el IS alcanza el valor máximo de 5, indicando la presencia de una patología crítica localizada. La tendencia polinómica de segundo grado describe una curva ligeramente ascendente en los tramos iniciales y descendente hacia el final, lo que refleja una cierta estabilidad en la condición del pavimento, aunque con leves fluctuaciones.

Figura 23

Variación del Índice de Severidad (IS) en las unidades de muestreo del carril izquierdo



Nota. Elaboración propia (2025).

4.3. Análisis comparativo de los índices de condición superficial según VIZIR y PCI

4.3.1. Normalización y asignación PCI–VIZIR

Se seleccionaron los 12 tramos representativos (cobertura $\geq 70\%$) para la comparación directa entre VIZIR y PCI. El índice VIZIR por tramo se consolidó promediando ambos carriles y se normalizó a 0–100 para hacerlo comparable con el PCI. Los tramos con cobertura $< 70\%$ se excluyeron del análisis estadístico principal.

Tabla 40

Comparación de índices PCI y VIZIR normalizados en tramos representativos

Nº	ISnorm VIZIR (0-100)	CATEGORIA VIZIR	PCI asignado	CATEGORIA PCI
Tr1	50.00	REGULAR	38.3	MALO
Tr2	33.33	REGULAR	44.38	REGULAR
Tr3	58.33	DEFICIENTE	23.69	MUY MALO
Tr4	41.67	REGULAR	74.45	MUY BUENO
Tr5	50.00	REGULAR	87.6	EXCELENTE
Tr6	58.33	DEFICIENTE	30.69	MALO
Tr7	41.67	REGULAR	36.31	MALO
Tr8	41.67	REGULAR	40.25	REGULAR
Tr9	33.33	REGULAR	35.01	MALO
Tr10	50.00	REGULAR	51.31	REGULAR
Tr11	33.33	REGULAR	50.25	REGULAR
Tr12	25.00	REGULAR	48.2	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

Se muestran que el método VIZIR tiende a concentrar la mayoría de los tramos en la categoría Regular, mientras que el PCI ofrece una mayor dispersión en la clasificación, identificando tanto tramos en Excelente (Tr5) como en Muy Malo (Tr3). Esta diferencia refleja que el PCI es más sensible para detectar variaciones extremas en la condición del pavimento, mientras que el VIZIR homogeniza los resultados alrededor de un nivel intermedio. En consecuencia, aunque ambos métodos coinciden en señalar ciertos tramos como Regulares, existen discrepancias importantes en la valoración de casos críticos o sobresalientes, lo que indica que su uso combinado puede aportar una visión más integral del estado superficial de la vía.

4.3.2. Coeficientes de correlación aplicados

Con el fin de cuantificar el nivel de relación entre los valores obtenidos mediante las metodologías PCI y VIZIR, se calcularon los coeficientes de Pearson, Spearman y Kendall.

Tabla 41

Coefficientes de correlación entre los métodos PCI y VIZIR

METODO	COEFICIENTE	INTERPRETACION
Pearson r	-0,32	Asociación lineal débil y negativa
Spearman ρ	-0,28	Asociación monotónica débil y negativa
Kendall τ	-0,20	Asociación monotónica débil y negativa

Nota. Elaboración propia (2025).

Los resultados obtenidos muestran que la correlación lineal de Pearson entre PCI y VIZIR fue -0.32 , lo cual refleja una asociación negativa débil y sin significancia estadística. Esto significa que no existe una relación lineal consistente entre los valores numéricos de ambos métodos.

Por otro lado, al aplicar correlaciones no paramétricas se obtuvieron coeficientes de Spearman -0.28 y Kendall -0.20 , que igualmente indican una asociación monotónica débil y negativa. En términos prácticos, existe una ligera tendencia a que, cuando el PCI aumenta (mejor condición), el índice VIZIR disminuya (mejor condición en su escala), pero esta tendencia es muy poco marcada.

4.3.3. Coeficiente de concordancia intraclase (ICC)

Para evaluar la concordancia absoluta entre los valores de PCI y VIZIR en los mismos tramos de análisis, se aplicó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) bajo el modelo ICC(2,1).

Tabla 42

Valores de VIZIR normalizado, PCI y media de tramo empleados en el cálculo del ICC

N°	VIZIRnorm	PCI	MEDIA_TRAMO
Tr1	50.00	38.3	44.15
Tr2	33.33	44.38	38.855

Tr3	58.33	23.69	41.01
Tr4	41.67	74.45	58.06
Tr5	50.00	87.6	68.8
Tr6	58.33	30.69	44.51
Tr7	41.67	36.31	38.99
Tr8	41.67	40.25	40.96
Tr9	33.33	35.01	34.17
Tr10	50.00	51.31	50.655
Tr11	33.33	50.25	41.79
Tr12	25.00	48.2	36.6

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 43

Parámetros estadísticos del cálculo del coeficiente de correlación intraclass (ICC)

Magnitud	Valor
n (tramos)	12.00
k (métodos)	2.00
Media	
VIZIR	43.06
Media PCI	46.70
Media global	44.88
SS_total	4933.59
SS_tramos	2148.09
SS_metodos	79.86
SS_error	2705.63
df_tramos	11.00
df_metodos	1.00
df_error	11.00
MS_tramos	195.28
MS_metodos	79.86
MS_error	245.97
ICC (2,1)	-0.12

Nota. Elaboración propia (2025).

El valor obtenido de $ICC = -0.12$ indica la ausencia de concordancia absoluta entre ambos métodos y, por el contrario, evidencia un leve desacuerdo sistemático en la clasificación de los mismos tramos. En términos prácticos, esto significa que los puntajes asignados por PCI no son reproducidos por VIZIR y viceversa, lo cual confirma que ambos métodos captan dimensiones distintas del deterioro superficial. Este hallazgo refuerza la idea de que no son intercambiables, sino que pueden emplearse de manera complementaria para obtener un

diagnóstico más integral del pavimento.

4.3.4. Índice Kappa ponderado

4.3.4.1. Homologación de categorías. Para comparar las clasificaciones de PCI y VIZIR, se homologaron los rangos del PCI a tres categorías: Buena ($PCI \geq 55$), Regular ($55 > PCI \geq 40$) y Deficiente ($PCI < 40$).

Tabla 44

Homologación de categorías entre PCI y VIZIR en los tramos evaluados

Nº	INICIAL (KM)	FINAL (KM)	Is prom	VIZIR norm	Clasificación	PCI	Clasificación
Tr1	0+000.00	0+100.00	4.00	50.00	REGULAR	38.3	MALO
Tr2	0+200.00	0+300.00	3.00	33.33	REGULAR	44.38	REGULAR
Tr3	0+500.00	0+600.00	4.50	58.33	DEFICIENTE	23.69	MUY MALO
Tr4	0+700.00	0+800.00	3.50	41.67	REGULAR	74.45	MUY BUENO
Tr5	1+000.00	1+100.00	4.00	50.00	REGULAR	87.6	EXCELENTE
Tr6	1+200.00	1+300.00	4.50	58.33	DEFICIENTE	30.69	MALO
Tr7	1+700.00	1+800.00	3.50	41.67	REGULAR	36.31	MALO
Tr8	2+200.00	2+300.00	3.50	41.67	REGULAR	40.25	REGULAR
Tr9	2+700.00	2+800.00	3.00	33.33	REGULAR	35.01	MALO
Tr10	2+900.00	3+000.00	4.00	50.00	REGULAR	51.31	REGULAR
Tr11	3+200.00	3+300.00	3.00	33.33	REGULAR	50.25	REGULAR
Tr12	3+400.00	3+500.00	2.50	25.00	REGULAR	48.2	REGULAR

Nota. Elaboración propia (2025).

El valor obtenido del índice Kappa ponderado fue $\kappa_w = 0.375$, lo que, de acuerdo con los rangos establecidos por Landis y Koch (1977), corresponde a un nivel de concordancia aceptable entre las metodologías PCI y VIZIR. Este resultado indica que existe un grado de acuerdo mayor al esperado por azar en la clasificación del estado superficial del pavimento, aunque todavía se evidencian discrepancias relevantes. En otras palabras, ambos métodos tienden a coincidir parcialmente en la identificación de tramos en condiciones regulares o deficientes, pero difieren en la precisión con que ubican ciertos casos intermedios. La interpretación de este valor sugiere que, si bien el PCI y el VIZIR pueden emplearse de manera complementaria, no son totalmente equivalentes; por lo tanto, la elección del método dependerá

del nivel de detalle requerido, siendo el PCI más riguroso en el diagnóstico y el VIZIR más ágil en la aplicación práctica.

4.4. Consolidación de carriles, incidencia y comparación estadística VIZIR–PCI

Se consolidó por tramo un único valor de %Incidencia para VIZIR (ambos carriles), y se obtuvo el %Incidencia equivalente con PCI. Con estos pares se calcularon $\Delta\% = \%VIZIR - \%PCI$ y la razón $R = \%VIZIR / \%PCI$.

Tabla 45

Comparación consolidada de incidencia entre VIZIR y PCI

Nº	VIZIR	PCI	$\Delta\%$	R
Tr1	57.07% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	32.24% Piel de cocodrilo	24.83%	1.77
Tr2	6.05% Pulimento de agregados (PU)	12.86% Desprendimientos de agregados	-6.81%	0.47
Tr3	13.58% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	70.08% Piel de cocodrilo	-56.50%	0.19
Tr4	3.62% Bacheos y parcheos (B)	11.77% Pulimiento de agreg.	-8.15%	0.31
Tr5	25.91% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	10.95% Grietas long y transv	14.96%	2.37
Tr6	62.59% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	42.98% Piel de cocodrilo	19.61%	1.46
Tr7	19.23% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	22.43% Grietas long y transv	-3.20%	0.86
Tr8	10.57% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	21.29% Piel de cocodrilo	-10.72%	0.50
Tr9	22.96% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	30.23% Piel de cocodrilo	-7.27%	0.76
Tr10	14.13% Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	20.53% Piel de cocodrilo	-6.40%	0.69
Tr11	2.68% Bacheos y parcheos (B)	4.11% Piel de cocodrilo	-1.43%	0.65
Tr12	5.76% Bacheos y parcheos (B)	8.59% Parcheo	-2.83%	0.67

Nota. Elaboración propia (2025).

En cuanto a los porcentajes, en tres tramos (Tr1, Tr5 y Tr6) VIZIR reporta valores mayores que PCI ($\Delta\%$ positivo, $R > 1$), lo cual refleja su tendencia a contabilizar una mayor extensión de daños cuando estos se distribuyen a lo largo de la calzada. Destacan los casos de Tr1 (57.07% frente a 32.24%) y Tr5 (25.91% frente a 10.95%), donde VIZIR prácticamente

duplicó la incidencia registrada por PCI. En contraste, en los nueve tramos restantes (75% del total) PCI arrojó porcentajes superiores ($\Delta\%$ negativo, $R < 1$), con el ejemplo extremo de Tr3, en el cual PCI alcanzó un 70.08% de fisuración tipo piel de cocodrilo frente al 13.58% de VIZIR.

En lo referente a la patología predominante, se observa coincidencia en seis tramos (Tr1, Tr3, Tr6, Tr8, Tr9 y Tr10), todos ellos asociados a la fisuración tipo *piel de cocodrilo* (FPC), lo cual evidencia que ambos métodos reconocen este daño como el más representativo en la vía. Sin embargo, en los demás tramos aparecen discrepancias: VIZIR clasifica con mayor frecuencia bacheos y parches (Tr4, Tr11 y Tr12) y pulimento de agregados (Tr2), mientras PCI identifica en esos mismos segmentos deterioros de tipo pulimento de agregados, desprendimiento de agregados, grietas longitudinales y transversales o parcheo. Estas diferencias revelan que, mientras VIZIR tiende a resaltar daños de carácter funcional y reparaciones superficiales, PCI otorga mayor peso a fallas estructurales y a procesos de fatiga.

Tabla 46

Resumen estadístico de $\Delta\%$ y R en la comparación VIZIR–PCI

Métrica	$\Delta\%$ (Diferencia VIZIR – PCI)	R (Razón VIZIR/PCI)
Promedio	-3.66%	0.89
Mediana	-4.80%	0.68
Máximo	24.83%	2.37
Mínimo	-56.50%	0.19
Tramos con VIZIR > PCI (R > 1)	N/A	3 (25%)
Tramos con PCI > VIZIR (R < 1)	N/A	9 (75%)

Nota. Elaboración propia (2025).

El resumen estadístico obtenido a partir de las diferencias de incidencia $\Delta\%$ y la razón de incidencias (R) entre VIZIR y PCI permite identificar tendencias globales más allá de la variabilidad tramo por tramo. En promedio, la diferencia $\Delta\%$ fue de -3.66% , con una mediana

de -4.80% , lo cual confirma que, en términos generales, PCI reportó incidencias ligeramente mayores que VIZIR. Estos valores negativos indican que la mayoría de las veces PCI resulta más sensible en la detección de áreas afectadas, aunque las discrepancias no son excesivamente grandes en el promedio global.

El rango de variación evidencia, sin embargo, que existen tramos con discrepancias notorias: el máximo positivo se alcanzó en $+24.83\%$ VIZIR con mayor incidencia, mientras que el mínimo fue -56.50% PCI con incidencia mucho más alta. Esto demuestra que, aunque en general PCI tiende a ser superior, la magnitud de la diferencia varía de forma considerable según el tramo analizado.

En cuanto a la razón de incidencias R, el promedio fue 0.89 y la mediana 0.68, ambos menores que 1, lo cual refuerza la conclusión de que PCI suele arrojar mayores incidencias que VIZIR. Asimismo, el desglose por frecuencia muestra que en 9 de los 12 tramos 75% PCI superó a VIZIR $R < 1$, mientras que solo en 3 tramos 25% VIZIR reportó mayor afectación $R > 1$.

4.5. Aplicación del índice híbrido de condición (HCI) y priorización de intervenciones

Se obtuvo el HCI por tramo combinando, en partes iguales (0.5/0.5), los valores normalizados de PCI y VIZIR. Con el HCI se generó un ranking (1 = mejor condición).

Tabla 47

Índice Híbrido de Condición (HCI) y ranking de tramos evaluados

Tramo	VIZIR _{norm}	VIZIR _n	PCI	PCIn	HCI (0.5,0.5)	Rank (0.5,0.5)
Tr1	50	75.01	38.3	22.86	48.93	6
Tr2	33.33	24.99	44.38	32.37	28.68	10
Tr3	58.33	100.00	23.69	0.00	50.00	5
Tr4	41.67	50.02	74.45	79.42	64.72	2
Tr5	50	75.01	87.6	100.00	87.50	1
Tr6	58.33	100.00	30.69	10.95	55.48	4
Tr7	41.67	50.02	36.31	19.75	34.88	8
Tr8	41.67	50.02	40.25	25.91	37.96	7
Tr9	33.33	24.99	35.01	17.71	21.35	11

Tr10	50	75.01	51.31	43.22	59.11	3
Tr11	33.33	24.99	50.25	41.56	33.28	9
Tr12	25	0.00	48.2	38.35	19.18	12

Nota. Elaboración propia (2025).

El análisis del HCI (0.5/0.5) evidencia una red con marcada heterogeneidad: el mejor desempeño corresponde a Tr5 (87.50; Rank 1), seguido a distancia por Tr4 (64.72), mientras que los valores más bajos se observan en Tr12 (19.18) y Tr9 (21.35). Según los umbrales adoptados, la distribución por categorías es: Excelente 1/12 (Tr5), Bueno 1/12 (Tr4), Regular 3/12 (Tr10=59.11; Tr6=55.48; Tr3=50.00) y Malo 7/12 (Tr1=48.93; Tr7=34.88; Tr8=37.96; Tr11=33.28; Tr2=28.68; Tr9=21.35; Tr12=19.18), lo que indica predominio de condición Mala en la vía. Se aprecian casos de “compensación” entre componentes: Tr3 presenta VIZIRn muy alto (100.00) y PCIn nulo (0.00), resultando en un HCI justo en Regular (50.00), mientras Tr4 asciende a Bueno (64.72) por su PCIn elevado (79.42) pese a un VIZIRn medio (50.02); cuando ambos componentes son altos (p. ej., Tr5: VIZIRn 75.01, PCIn 100.00) el HCI es muy alto, y cuando ambos son bajos (p. ej., Tr12: 0.00 y 38.35; Tr9: 24.99 y 17.71) el HCI cae a los mínimos. Cabe resaltar que Tr1 (48.93) se ubica muy próximo al umbral de 50, por lo que ligeras mejoras podrían trasladarlo a Regular.

4.5.1. Clasificación cualitativa del HCI y propuesta de intervención.

Con los valores del Índice Híbrido de Condición (HCI) se clasificaron los tramos en cuatro niveles de desempeño y se vinculó cada nivel con una acción de gestión vial. Se emplearon los siguientes umbrales: Excelente ($HCI \geq 80$), Bueno ($65 \leq HCI < 80$), Regular ($50 \leq HCI < 65$) y Malo ($HCI < 50$). A partir de esta clasificación se priorizan intervenciones desde conservación rutinaria hasta rehabilitación, según la condición observada en cada tramo.

Tabla 48

Clasificación cualitativa del HCI y propuesta de intervención en los tramos evaluados

Tramo	HCI (0.5/0.5)	Categoría	Intervención recomendada
Tr5	87.5	Excelente	Conservación rutinaria
Tr4	64.72	Bueno	Mantenimiento preventivo
Tr10	59.11	Regular	Correctivo focalizado
Tr6	55.48	Regular	Correctivo focalizado
Tr3	50	Regular	Correctivo focalizado
Tr1	48.93	Malo	Rehabilitación
Tr7	34.88	Malo	Rehabilitación
Tr8	37.96	Malo	Rehabilitación
Tr11	33.28	Malo	Rehabilitación
Tr2	28.68	Malo	Rehabilitación
Tr9	21.35	Malo	Rehabilitación
Tr12	19.18	Malo	Rehabilitación

Nota. Elaboración propia (2025).

El análisis de la clasificación cualitativa obtenida a partir del Índice Híbrido de Condición (HCI) permitió identificar claramente los tramos en mejor y peor estado de la vía. Se observó que el tramo Tr5 alcanzó la categoría excelente HCI de 87.5, lo que sugiere que únicamente requiere labores de conservación rutinaria, tales como sellado puntual o limpieza de drenaje. Asimismo, el tramo Tr4 se ubicó en la categoría *Bueno*, con un HCI de 64.7, recomendándose en este caso la aplicación de un mantenimiento preventivo para preservar su condición y evitar un deterioro acelerado.

En un nivel intermedio, los tramos Tr10, Tr6 y Tr3 se clasificaron como *Regulares*, lo cual indica la necesidad de mantenimiento correctivo focalizado. Estas intervenciones pueden incluir bacheo estructural, refuerzo puntual o sellado de fisuras, de acuerdo con la patología predominante en cada segmento.

Por otro lado, la mayoría de los tramos restantes Tr1, Tr7, Tr8, Tr11, Tr2, Tr9 y Tr12 fueron clasificados como malos, con valores de HCI inferiores a 50. Este grupo representa los sectores más críticos de la red vial evaluada y, por tanto, requieren de acciones de rehabilitación integral, tales como la reconstrucción de capas de rodadura, refuerzo estructural o reemplazo

de materiales de base, dependiendo de la severidad de las fallas observadas.

En conjunto, los resultados evidencian que el índice híbrido no solo permite integrar la información de PCI y VIZIR en un único valor, sino que también traduce dicha evaluación en decisiones concretas de gestión. De este modo, se facilita la priorización de tramos y la asignación eficiente de recursos, considerando tanto el estado superficial como estructural de la vía.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Discusión de resultado del objetivo 1:

La evaluación superficial del tramo mediante la metodología PCI evidenció una condición global del pavimento entre regular y mala, con una amplia dispersión de valores del Índice de Condición del Pavimento. Se registraron PCI mínimos cercanos a 23 (muy malo) y máximos de hasta 87 (excelente) en distintos segmentos. Esto indica que algunas unidades de muestreo presentaron deterioro severo, mientras que otras conservaron un estado sobresaliente, reflejando la capacidad del PCI para distinguir claramente tramos críticos de aquellos en buen estado. La patología predominante identificada bajo este método fue la fisuración en piel de cocodrilo, acompañada de otras fallas superficiales como grietas longitudinales y parches, lo que confirma que el PCI permite detectar las principales formas de deterioro presentes en la vía. En conjunto, los resultados obtenidos con PCI muestran que el tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca requiere intervenciones de mantenimiento significativas en buena parte de su extensión, dado que la mayoría de sus sectores fueron clasificados en condiciones inferiores a “buena”.

Diversos antecedentes concuerdan con estos hallazgos del método PCI. Por ejemplo, Mojica (2021) aplicó el PCI en una vía urbana de Colombia y reportó que dicha vía presentaba una condición *regular*, con presencia de fisuras longitudinales, parches y grietas tipo piel de cocodrilo, concluyendo que el PCI fue una herramienta adecuada para diagnosticar el pavimento e identificar zonas críticas que requerían mantenimiento correctivo. De modo similar, Aro y Pongo (2023) evaluaron el pavimento de una avenida en Tacna mediante PCI y hallaron que la condición superficial se ubicaba predominantemente entre “buena” y “aceptable”, coherente con la clasificación que proporciona el PCI para pavimentos en buen estado. Este resultado, más favorable que el de nuestra investigación, sugiere que en contextos de mejor mantenimiento el PCI refleja estados generales superiores, sin que ello contradiga su

eficacia diagnóstica. Por el contrario, en todos los casos el PCI ha demostrado ser preciso y detallado: Rudas y Diaz (2022) destacó que este método es una herramienta más confiable y exacta, ya que permite registrar la totalidad de fallas detectadas en la inspección visual y cuenta con siete rangos de valoración, facilitando un diagnóstico minucioso del estado vial. En la misma línea, Cabrera (2022) y Coila y Ticona (2021) reportaron que la aplicación del PCI permitió identificar mayor cantidad de defectos con mayor exactitud que otros métodos en sus estudios comparativos. Estas investigaciones coinciden en que el PCI proporciona un nivel de detalle superior en la clasificación del pavimento, discriminando eficazmente diferentes grados de deterioro. En síntesis, los resultados de nuestro estudio con PCI se alinean con la literatura revisada, confirmando que esta metodología brinda un diagnóstico exhaustivo del pavimento, al captar tanto la variedad de patologías presentes como la severidad de estas en cada tramo.

Discusión de resultado del objetivo 2:

Mediante la metodología VIZIR, el estado superficial del tramo se caracterizó por una rápida identificación de las fallas predominantes, aunque con una clasificación más general del nivel de deterioro. En nuestro estudio, se observó una predominancia de la fisuración en piel de cocodrilo a lo largo de todo el tramo evaluado (misma patología principal que con PCI), y la mayoría de las unidades de muestreo fue calificada en condición “regular” según el Índice de Síntesis (Is) de VIZIR. Solo algunos sectores fueron catalogados como “deficientes” (por encima del umbral de regular), y prácticamente ningún segmento alcanzó clasificaciones extremas de muy bueno o malo bajo este método. Esto sugiere que VIZIR tiende a agrupar el estado del pavimento en rangos intermedios, reflejando el deterioro de forma global, pero sin distinguir con tanto detalle los casos excepcionalmente buenos o críticos. No obstante, el método demostró ser rápida en la evaluación apoyada de la fotogrametría permitió un levantamiento expedito de los datos de campo, cumpliendo el objetivo de registrar rápidamente las patologías superficiales predominantes. Los resultados VIZIR indican un pavimento

mayormente en condición regular, requiriendo intervenciones de mantenimiento preventivo, aunque con menor precisión para resaltar cuáles tramos específicos están en peor o mejor estado en comparación con el análisis PCI.

Al contrastar estos resultados con los antecedentes, se confirma el comportamiento observado del método VIZIR. Cano y Murillo (2023), al aplicar VIZIR en vías urbanas secundarias de Manizales (Colombia), hallaron que la mayoría de dichas vías se clasificaban entre estado deficiente y malo, presentando alta incidencia de fisuras longitudinales y deformaciones. Este resultado difiere parcialmente de nuestra evaluación (donde predominó la categoría regular), probablemente debido a diferencias en el contexto vial: las calles urbanas evaluadas por Cano y Murillo tenían un nivel de deterioro más alto que nuestro tramo carretero, evidenciando que VIZIR refleja fielmente la situación general de la superficie que se inspecciona. Por otra parte, múltiples estudios señalan que VIZIR ofrece rapidez a costa de detalle. Cabrera (2022) observó que, si bien VIZIR es más rápido de aplicar, ofrece un menor nivel de detalle en la detección de defectos respecto al PCI. Del mismo modo, Rudas y Diaz (2022) indicó que, aunque ambas metodologías resultaron útiles, el PCI fue más preciso porque registra todas las fallas encontradas, implicando que VIZIR no logra capturar la totalidad de defectos ni diferenciar su severidad con igual finura. Coila y Ticono (2021) y Muñiz (2024) reportaron observaciones análogas: en sus comparaciones, el VIZIR mostró una menor exactitud y tendió a subestimar o generalizar el nivel de deterioro en ciertos tramos, aunque en términos globales alcanzó conclusiones similares al PCI. En consecuencia, diversos autores recomiendan utilizar VIZIR principalmente como método preliminar o complementario. Por ejemplo, Cano y Murillo (2023) concluyen que VIZIR es una herramienta práctica y rápida para clasificar el estado del pavimento, pero no ofrece el mismo nivel de detalle que PCI, por lo que sugieren emplearlo como técnica de evaluación inicial en planes de mantenimiento vial. De igual forma, Mendoza y Ramos (2025) proponen que el VIZIR se use como alternativa

rápida en combinación con el PCI para aprovechar las ventajas de ambos. En suma, los resultados de nuestra investigación con VIZIR concuerdan con la literatura en que este método proporciona una valoración general eficaz y veloz del pavimento, identificando las patologías dominantes y el estado promedio de la vía; pero también corroboran su limitación al no detallar con profundidad las diferencias de severidad entre tramos, lo que justifica su rol como complemento para diagnósticos más profundos.

Discusión de resultado del objetivo 3:

El análisis comparativo de los resultados obtenidos con PCI y VIZIR permitió identificar coincidencias y divergencias significativas entre ambas metodologías, cumpliendo así el objetivo específico de contrastarlas para orientar propuestas de intervención. En cuanto a las coincidencias, ambos métodos detectaron la misma falla superficial predominante fisuración en piel de cocodrilo como el principal problema del pavimento, lo cual era esperable dado que se evaluó el mismo tramo y dichas grietas son típicas de pavimentos asfálticos envejecidos. Sin embargo, surgieron diferencias notables en la cuantificación y clasificación del estado del pavimento. Por ejemplo, determinados segmentos fueron valorados de forma dispar en un tramo representativo, VIZIR otorgó un índice de condición regular ($I_s = 50$) mientras el PCI lo clasificó como excelente ($PCI \approx 87$), indicando que VIZIR no reflejó la óptima condición que el PCI sí detectó; en contraste, otro segmento obtuvo una calificación deficiente con VIZIR ($I_s = 58$) pero fue considerado muy malo por PCI ($PCI = 24$), evidenciando que el PCI capturó un deterioro extremo que VIZIR solo ponderó como moderado. Estos casos ilustrativos muestran que, aunque ambos métodos parten de la misma realidad física, sus índices no son numéricamente equivalentes. Los coeficientes estadísticos calculados respaldan esta conclusión: se encontró una correlación muy baja (incluso ligeramente negativa) entre los valores PCI y VIZIR en nuestros datos, con r de Pearson = -0.32, y el coeficiente Kappa de concordancia categórica apenas alcanzó 0.37, lo cual indica una

baja concordancia en la clasificación de los tramos por categorías de estado. En otras palabras, las metodologías PCI y VIZIR difieren sustancialmente en cómo gradúan la severidad del deterioro, aun cuando concuerdan en las patologías identificadas. Esta disparidad cuantitativa confirma nuestra hipótesis específica, de que el PCI es más detallado y sensible a las fallas severas que el VIZIR, y explica por qué la condición superficial promedio según PCI resultó peor (regular/mala) que según VIZIR (regular) en el tramo estudiado.

Desde el punto de vista práctico, la comparación de ambas metodologías proporcionó insumos clave para orientar las intervenciones de mantenimiento. Al detectar que el PCI tiende a calificar el pavimento con mayor severidad (al contabilizar más deterioros y con mayor peso a su gravedad) mientras que el VIZIR tiende a promediar hacia clasificaciones intermedias, se decidió integrar ambos resultados para aprovechar las fortalezas de cada uno. En nuestro estudio implementamos un Índice Híbrido de Condición (HCI) que combina la información de PCI y VIZIR, lo cual permitió obtener un diagnóstico más completo. Este índice integrado corroboró, por ejemplo, que el segmento M5 evaluado como excelente por PCI mantuvo una calificación sobresaliente (HCI = 87.5, excelente) y por tanto solo requiere conservación rutinaria, mientras que la mayoría de los tramos obtuvieron HCI bajos correspondientes a condición “mala”, reafirmando la necesidad de rehabilitación prioritaria en aquellos sectores. De esta manera, la comparación VIZIR–PCI no solo evidenció sus diferencias, sino que sirvió para jerarquizar las acciones de intervención: los tramos donde ambos métodos concordaron en mal estado o donde el PCI reportó deterioro crítico fueron señalados como de atención inmediata (rehabilitación mayor), mientras que en los pocos tramos con buenas evaluaciones (especialmente detectados por PCI) se propuso mantenimiento preventivo o rutinario. Este enfoque combinado garantiza que ni las fallas severas pasen inadvertidas (gracias al rigor del PCI) ni se omita la eficiencia de una evaluación rápida en terreno amplio (aporte del VIZIR).

Los antecedentes revisados respaldan ampliamente nuestras observaciones al comparar

PCI y VIZIR. Numerosos estudios previos han encontrado que, si bien ambos métodos suelen coincidir en la evaluación global de la condición del pavimento, presentan discrepancias en el nivel de detalle y en la cantidad de defectos detectados. Por ejemplo, Castillo y Santos (2022) reportaron en Ecuador que ambos métodos arrojaron *clasificaciones generales similares* (identificando los mismos tramos como aceptables o deficientes), pero con diferencias en el número de fallas registradas y en la precisión: el PCI mostró una mayor discriminación entre distintos grados de deterioro, mientras que el VIZIR destacó por su rapidez. De igual forma, Mendoza y Ramos (2025) en Perú y Muñiz González (2024) en Ecuador señalan que el PCI logra identificar más defectos con mayor exactitud, en tanto el VIZIR proporciona una evaluación ágil pero más superficial; no obstante, ambos métodos suelen concordar en la clasificación general del estado vial. Esta convergencia en el diagnóstico macro se evidenció también en estudios nacionales como el de Cabrera (2022) y Coila y Ticona (2021), quienes encontraron que a pesar de las diferencias en detalle (más defectos identificados por PCI, menos por VIZIR), la valoración final de la condición del pavimento coincidía entre ambas metodologías en sus casos de estudio. En términos generales, la literatura coincide en describir al PCI como un método más riguroso y completo en el análisis del pavimento, y al VIZIR como una técnica más rápida y práctica, pero menos minuciosa. Por ello, los autores revisados concluyen que estos métodos deben emplearse de manera complementaria. Coila y Ticona (2021), Muñiz (2024) y Mendoza y Ramos (2025), entre otros, recomiendan aprovechar la capacidad del PCI para estudios exhaustivos y la del VIZIR para evaluaciones preliminares o de gran cobertura, de modo que juntos brinden una apreciación más integral. Asimismo, Castillo y Santos (2022) subrayan que la combinación de ambos métodos incrementa la precisión del diagnóstico y resulta muy útil para planificar las acciones de conservación vial. Estos antecedentes concuerdan plenamente con el enfoque adoptado en nuestra investigación.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1 La aplicación conjunta de las metodologías PCI y VIZIR, integradas mediante fotogrametría, permitió cumplir con el objetivo general de evaluar y comparar el estado superficial del pavimento en el tramo Chalhuanca–Puente Huampuchaca. Los resultados confirman la hipótesis general, al evidenciar diferencias significativas entre ambas metodologías en la clasificación de la condición del pavimento. Asimismo, se demostró que la incorporación de la fotogrametría no solo optimizó el proceso de levantamiento, sino que también aportó mayor precisión en la identificación y cuantificación de las patologías. Esto se tradujo en una evaluación más eficiente y objetiva del estado superficial. La construcción de un Índice Híbrido de Condición (HCI) a partir de ambos métodos permitió sintetizar sus fortalezas, generando un diagnóstico integral que facilita una planificación técnica más precisa y la priorización racional de las intervenciones, optimizando así el uso de los recursos disponibles para la conservación vial.
- 6.2 La metodología PCI aplicada con fotogrametría reveló que la condición superficial del tramo es mayoritariamente regular a mala. Se identificaron sectores muy deteriorados (valores de PCI mínimos cercanos a 23.7, “muy malo”) y otros en estado excelente 87.6, confirmando así la hipótesis de que el PCI ofrece un diagnóstico más detallado y sensible a la severidad de las fallas. Esta amplia dispersión en los valores de PCI evidencia que el método discrimina claramente entre tramos críticos y bien conservados, siendo especialmente apropiado para un análisis exhaustivo del pavimento.
- 6.3 La aplicación de VIZIR con fotogrametría mostró una predominancia de fisuración en piel de cocodrilo en todo el tramo. En consecuencia, la mayoría del tramo se clasificó en condición regular, con algunos sectores en estado deficiente. Estos hallazgos respaldan la hipótesis específica de que VIZIR proporciona una evaluación representativa del pavimento: identifica de forma rápida las áreas deterioradas, aunque con un menor nivel

de detalle que el PCI. En la práctica, VIZIR resulta útil para inspecciones preliminares y para delimitar zonas críticas en redes viales extensas, gracias a su capacidad de síntesis y rapidez.

- 6.4 La comparación de los resultados de PCI y VIZIR evidenció coincidencias en los tipos de patologías detectadas (por ejemplo, piel de cocodrilo como daño predominante), pero reveló discrepancias relevantes en las cuantificaciones y clasificaciones finales. Las correlaciones estadísticas entre los índices fueron débiles y negativas (coeficientes de Pearson, Spearman y Kendall = -0.2 a -0.3) y el coeficiente Kappa ponderado 0,375 indica un nivel de concordancia sólo moderado, lo que demuestra que ambos métodos no arrojan resultados equivalentes en magnitud. Adicionalmente, el análisis de diferencias de incidencia mostró que, en promedio, el PCI tiende a reportar valores de deterioro ligeramente mayores ($\Delta\% = -3,66\%$) que VIZIR, validando la hipótesis de su mayor sensibilidad. Para orientar las intervenciones de mantenimiento, se integró la información en un Índice Híbrido de Condición (HCI). Con el HCI se jerarquizaron los tramos: se identificó un tramo en condición *excelente* (Tr5) y la mayoría de los tramos en estado *malo*, recomendándose rehabilitación integral prioritaria. De este modo, las diferencias entre ambos métodos influyen directamente en la priorización de obras, aprovechando la exhaustividad del PCI y la agilidad del VIZIR para mejorar la gestión del pavimento.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda emplear de manera conjunta las metodologías PCI y VIZIR apoyadas en fotogrametría, ya que el PCI ofrece un diagnóstico más detallado y el VIZIR una evaluación rápida y representativa. Esta complementariedad permite reducir incertidumbres y elaborar diagnósticos integrales del estado superficial del pavimento.
- 7.2 Para la gestión vial del tramo estudiado y de tramos similares, se sugiere utilizar el HCI como indicador integrado, dado que combina la sensibilidad del PCI y la practicidad del VIZIR. Su uso facilitará la jerarquización de intervenciones, optimizando recursos en la conservación de la red vial.
- 7.3 Los resultados del HCI evidencian que la mayoría de los tramos se encuentran en condición *mala*, lo que justifica intervenciones de rehabilitación integral, mientras que el tramo con valores excelentes (Tr5, HCI=87,5) requiere únicamente conservación rutinaria. Se recomienda, por tanto, asignar presupuesto de manera diferenciada y focalizada en los tramos críticos.
- 7.4 La experiencia del estudio confirma la eficacia de la fotogrametría UAV para la identificación y cuantificación de fallas superficiales. Se aconseja institucionalizar esta herramienta tecnológica en proyectos de conservación vial, dado que mejora la cobertura espacial y reduce costos y tiempos frente a métodos tradicionales de inspección.
- 7.5 Se recomienda ampliar estudios orientados a la creación de índices híbridos más robustos (integrando PCI, VIZIR y otras metodologías), así como aplicar técnicas estadísticas avanzadas o inteligencia artificial para mejorar la objetividad y reproducibilidad de los diagnósticos.
- 7.6 Dado que las diferencias entre PCI y VIZIR pueden variar según el tipo de pavimento, condiciones climáticas y cargas de tránsito, se sugiere replicar el análisis en otros tramos de la Carretera Interoceánica y en distintas regiones del país, con el fin de validar y

generalizar la aplicabilidad de los resultados obtenidos en este estudio.

VIII. REFERENCIAS

- Agresti, A. (2019). *An introduction to categorical data analysis* (3rd ed.). Wiley.
- Aro Arocutipa, P. B., y Pongo Machaca, G. E. (2023). *Evaluación del pavimento flexible por la metodología PCI y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad en la avenida Jorge Basadre Grohmann Este – Tacna 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2696>
- ASTM International. (2007). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys* (ASTM D6433–07). ASTM International.
- Autret, P., y Brousse, J.-L. (1991). *VIZIR: Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un réseau routier*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (LCPC-SETRA).
- Becerra, M. (2012). *Tópicos de pavimentos de concreto*. Flujo Libre.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (2.ª ed.). Pearson Educación.
- Cabrera, V. J. (2022). *Análisis comparativo de la aplicación de metodologías VIZIR y PCI en la evaluación superficial del pavimento urbano en el cercado de la ciudad de Tumán, distrito de Tumán, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10665>
- Cano, J. A., y Murillo, L. F. (2023). *Evaluación del estado del pavimento mediante el método VIZIR aplicado a vías secundarias en la ciudad de Manizales* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia
- Casella, G., y Berger, R. (2001). *Statistical inference* (2.ª ed.). Duxbury.
- Castillo, J. S., y Santos, E. T. (2022). *Evaluación superficial mediante los métodos PCI y VIZIR*

- del pavimento flexible de la carretera Cochalán - La Catagua, San José del Alto, Jaén - 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ. <https://hdl.handle.net/20.500.14689/439>
- Coila, O., y Ticona, W. (2021). *Análisis comparativo de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de las fallas del pavimento flexible de la carretera Atuncolla - complejo arqueológico Sillustani – Puno, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75007>
- Deshmukh, A., Rabbani, A., & Dhapekar, N. K. (2017). Study of rigid pavements—review. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(6), 147–152.
- Federal Highway Administration [FHWA]. (2013). *Practical guide for quality management of pavement condition data collection*. U.S. Department of Transportation.
- Gobierno Regional de Puno. (2023). *Diagnóstico de brechas de infraestructura o de accesos a servicios PMI 2025–2027*. <https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/pmi/2023/DIAGN%C3%93STICO%20DE%20BRECHAS%20DE%20INFRAESTRUCTURA%20O%20DE%20ACCESOS%20A%20SERVICIOS%20PMI%202025-2027.pdf>
- Google Earth. (2025). Google Earth [Software]. Google. <https://earth.google.com/>
- Government of Lesotho. (2022). *National strategic development plan II 2018/19–2022/23*. Government of Lesotho. <https://lesotho.co.ls/2022/01/government-of-lesotho-national-strategic-development-plan-ii-2018-19-2022-23/>
- Guan, X., Zhu, J., y Wang, J. (2022). A review on UAV-based remote sensing technologies for construction and civil applications. *Remote Sensing*, 14(5), 1237. <https://doi.org/10.3390/rs14051237>
- Hassani, A., Taghipoor, M., y Karimi, M. M. (2020). A state of the art of semi-flexible pavements: Introduction, design, and performance. *Construction and Building*

Materials, 253, 119196.

Hernández Alonso, J., y López Morán, L. (2016). *Estadística descriptiva* (2.ª ed.). EDIASA.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Instituto Geofísico del Perú [IGP]. (2020). *Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones GPS de Alto Larán y Río Chico, Ica*.
https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/13821_levantamiento-topografico-mediante-fotogrametria-aerea-con-dron-y-mediciones-gps-de-alto-laran-y-rio-chico-ica.pdf

Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (14 de marzo de 2025). *Reporte complementario N.º 3543: Huaico en el distrito de Chalhuanca – Apurímac*. Centro de Operaciones de Emergencia Nacional. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2025/03/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N.%C2%BA-3543-14MAR2025-HUAICO-EN-EL-DISTRITO-DE-CHALHUANCA-APUR%C3%8DMAC-3.pdf>

Instituto Nacional de Vías [INVÍAS]. (2016). *Manual de mantenimiento de carreteras: volumen 1*. Bogotá, Colombia: INVÍAS.

International Road Federation [IRF]. (19 de noviembre de 2025). *Mind the infrastructure gap: Low-income countries share only 1.7% of the world's roads*. IRF World Road Statistics. <https://worldroadstatistics.org/mind-the-infrastructure-gap-low-income-countries-share-only-1-7-of-the-worlds-roads-copy/>

Johnson, R. A., y Wichern, D. W. (2014). *Applied multivariate statistical analysis* (6th ed.). Pearson.

Landis, J. R., y Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.

- Liljequist, D., Elfving, B., y Skavberg Roaldsen, K. (2019). Intra-class correlation – a discussion and demonstration of basic features. *PLOS ONE*, 14(7), e0219854. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219854>
- Meeker, W. Q., Escobar, L. A., y Pascual, F. G. (2022). *Statistical methods for reliability data* (2nd ed.). Wiley.
- Mendoza Calizaya, J. R., y Ramos Cari, E. M. (2025). *Análisis comparativo de metodologías VIZIR y PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible en carretera TA-103 Tarata–Ticaco–Tacna, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/4152>
- Ministerio de Economía y Finanzas [MEF]. (15 de agosto de 2024). *Anexo N.º 1: Reportes de los principales indicadores de las brechas*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/pmi/Anexos_Informe_cierre_de_brechas.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2016). *Decreto Supremo N.º 011-2016-MTC: Aprueban la actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20RVN/Clasificador_Rutas/DS_011_2016_MTC.pdf
- Mohod, M. V., y Kadam, K. N. (2016). A comparative study on rigid and flexible pavement: a review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 13(3), 84–88.
- Mojica, H. (2021). *Evaluación funcional del pavimento de la vía Portillo-Viotá tramo El Piñal-Villa Cecilia mediante la metodología PCI* [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10109>

- Municipalidad Provincial de Aymaraes, y Provías Descentralizado. (2019). *Plan Vial Provincial Participativo de Aymaraes 2019–2023*. Aymaraes: Municipalidad Provincial de Aymaraes / Provías Descentralizado.
- Muñiz González, W. J. (2024). *Análisis del pavimento mediante el método VIZIR y PCI desde la intersección de la vía a Guayaquil hasta el mercado central de El Anegado – Jipijapa* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7132>
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial [ONSV]. (2024). *Siniestros de tránsito por año, 2008–2023* [Base de datos]. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. <https://www.onsv.gob.pe/estaticos/excel/PERU.%20SINIESTROS%20DE%20TRAN%20SITO%20POR%20A%C3%91O%202008-2023.xlsx>
- Organización de las Naciones Unidas en el Perú. (20 de agosto de 2024). *Enviado de la ONU lucha contra una “pandemia silenciosa”: los accidentes de tránsito cobran miles de vidas en América Latina*. Naciones Unidas Perú. <https://peru.un.org/es/276876-enviado-de-la-onu-lucha-contra-una-pandemia-silenciosa-los-accidentes-de-tr%C3%A1nsito-cobran>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). *Global status report on road safety 2018*. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241565684>
- Ortega, V. E., Quevedo, F. D., y Palomeque, G. (2024). Evaluación comparativa de métodos de levantamiento topográfico en minería: estación total y fotogrametría con RPAS y GPD diferencial. *Green World Journal*, 7(3), 192. <https://doi.org/10.53313/gwj73192>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público [OSITRAN]. (2022). *Informe de desempeño 2022: Concesión del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú–Brasil, Tramo 1*. <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/informe-desempeno-iirsa-sur-tramo-1-2022.pdf>

- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. McGraw-Hill.
- Piryonesi, S. M., y El-Diraby, T. E. (2020). Data analytics in asset management: Cost-effective prediction of the pavement condition index. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(3).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000530](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000530)
- Rudas, Y., y Diaz, A. (2022). *Análisis comparativo de las metodologías PCI–VIZIR aplicada en pavimento flexible de la Av. Metropolitana - Ate Vitarte, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12867/6606>
- Santos, L. A., y Tovar, M. C. (2021). *Comparación entre metodologías de evaluación de pavimentos: PCI vs. IRI para vías urbanas en Cuenca, Ecuador* [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement management for airports, roads, and parking lots* (2.^a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/b101538>
- Sheskin, D. J. (2020). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (6th ed.). CRC Press.
- The Asphalt Institute. (2000). *Manual del asfalto, productos asfálticos S. A.* [Publicación; información editorial incompleta].
- Triola, M. F. (2020). *Estadística* (13.^a ed.). Pearson.
- World Bank. (1 de octubre de 2024). *Three Lao provinces to get better roads through World Bank project*. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/10/01/three-lao-provinces-to-get-better-roads-through-world-bank-project>
- Zainal Abidin, M. S., y Ariff, M. F. M. (2023). UAV photogrammetry for road defects mapping. *Journal of Advanced Geospatial Science and Technology*, 3(1), 1–14.
<https://jagst.utm.my>

IX. ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Evaluación y comparación de metodologías vizir y pci en patologías superficiales de la carretera interoceánica (tramo chahuanca-puente huampuchaca), empleando fotogrametría, aymaraes-2024

Problema	Objetivo	Hipótesis	VARIABLES	Metodología
<p>General: ¿Cómo evaluar y comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chahuanca - Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, que permitirá orientar la propuesta de intervención?</p>	<p>General: Evaluar y comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chahuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, que permitirá orientar la propuesta de intervención..</p>	<p>General: La aplicación de fotogrametría en la evaluación de patologías superficiales de la carretera Interoceánica (tramo Chahuanca–Puente Huampuchaca) permite obtener resultados más precisos y eficientes al comparar las metodologías VIZIR y PCI, evidenciando diferencias significativas en la clasificación del estado del pavimento</p>	<p>V. independiente: Metodología de evaluación superficial aplicada (PCI y VIZIR)</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada. Diseño: No experimental, transversal. Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Descriptivo, comparativo y correlacional.</p>
<p>Específico 1: ¿Cómo se evalúa la metodología PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chahuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría?</p>	<p>Específico 1: Determinar el estado superficial mediante la metodología PCI de la carretera interoceánica (Tramo Chahuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.</p>	<p>Específico 1: La metodología PCI aplicada con fotogrametría permite evaluar de manera más detallada el estado superficial de la carretera interoceánica (Tramo Chahuanca–Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.</p>	<p>V. dependiente: Estado superficial del pavimento</p>	<p>Muestreo: No probabilístico, por conveniencia. Técnicas: Observación sistemática de fallas</p>

<p>Específico 2: ¿Cómo se evalúa la metodología VIZIR en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca - Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría?</p>	<p>Específico 2: Determinar el estado superficial mediante la metodología VIZIR de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.</p>	<p>Específico 2: La metodología VIZIR aplicada con fotogrametría permite evaluar de manera representativa el estado superficial de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.</p>	<p>superficiales en ortomosaicos. Instrumento: Ficha de observación adaptada a PCI y VIZIR.</p>
<p>Específico 3 ¿Cómo comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca - Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, que permitirá orientar la propuesta de intervención?</p>	<p>Específico 3: Comparar las metodologías VIZIR y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, orientando a la propuesta de intervención.</p>	<p>Específico 3: Los resultados obtenidos con las metodologías PCI y VIZIR aplicados con fotogrametría presentan diferencias en las categorías de condición de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría.</p>	

ANEXO B. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDADES
V. independiente: Metodología de evaluación superficial aplicada (PCI y VIZIR)	La metodología de evaluación superficial comprende los procedimientos normados que permiten determinar la condición de los pavimentos flexibles mediante la identificación y cuantificación de fallas. El método PCI, según la ASTM D6433-07, expresa la condición del pavimento en un índice numérico de 0 a 100, mientras que el método VIZIR, establecido en la INV E-813-13, emplea una escala discreta de 1 a 7 para calificar su estado (ASTM International, 2007; Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2016).	Aplicación del método PCI	Índice PCI por unidad de análisis	Cuantitativa continua	Índice numérico continuo (0 – 100)
		Aplicación del método VIZIR	Índice VIZIR por unidad de análisis	Cuantitativa discreta ordinal	Escala numérica discreta (1 – 7)
V. dependiente: Estado superficial del pavimento	La metodología de evaluación superficial comprende los procedimientos normados que permiten determinar la condición de los pavimentos flexibles mediante la identificación y cuantificación de fallas. El método PCI, según	Estado superficial según método PCI	Valor PCI Categoría de condición PCI	Cuantitativa continua	Índice numérico continuo (0 – 100) Categoría ordinal cuantificada (1–5)

<p>la ASTM D6433-07, expresa la condición del pavimento en un índice numérico de 0 a 100, mientras que el método VIZIR, establecido en la INV E-813-13, emplea una escala discreta de 1 a 7 para calificar su estado (ASTM International, 2007; Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2016).</p>	Estado superficial según método VIZIR	Valor VIZIR Categoría de condición VIZIR	Cuantitativa discreta	Escala numérica discreta (1 – 7) Categoría ordinal cuantificada (1–7)
	Correlación entre metodologías	Coefficiente de correlación r (Pearson), ρ (Spearman) o τ (Kendall)	Cuantitativa continua	Valor adimensional (r , ρ , τ)
	Concordancia de resultados	Índice de concordancia intraclase (ICC) Coeficiente de concordancia Kappa (ponderado)	Cuantitativa continua	Valor adimensional (0 – 1)
	Discrepancia de valores e incidencias	Diferencia porcentual promedio $\Delta\%$ entre índices PCI y VIZIR Razón de incidencias (R)	Cuantitativa continua	Porcentaje (%) Relación numérica
	Priorización híbrida de condición	Índice híbrido de condición (HCI) Categoría HCI por tramo	Cuantitativa continua	Índice combinado (0 – 100) Categoría ordinal

					cuantificada (1-5)
--	--	--	--	--	-----------------------

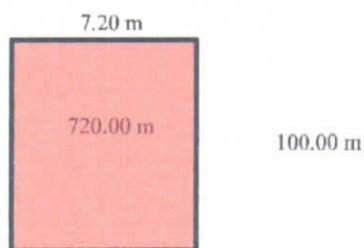
ANEXO C. METODOLOGIA VIZIR

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (VIZIR)

INVENTARIO DE DATOS

NOMBRE DE LA VIA:			TIPO DE FALLA		
TRAMO CHALHUANCA -PUENTE HUAMPUCHACA			Nº	FALLA TIPO A	Und
DISTRITO: CHALHUANCA			1	Ahuellamiento (AH)	m
KILOMETROS EVALUADOS:			2	Depresiones o hundimientos longitudinales (DI)	m
KM 0+000.00	AL	KM 3+800.00	3	Depresiones o hundimientos transversales (DT)	m
CODIGO DE VIA: PE-30A			4	Fisuras longitudinales por fatiga (FLJ)	m
CATEGORIA GEOMETRICA: TIPO B			5	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	m
FECHA: 03/08/2024			6	Bacheos y parcheos (B)	m ²
EVALUADOR: Bach. Ing. YANN HAASER FANOLA VEGA			Nº	FALLA TIPO B	Und

FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES



7	Fisura longitudinal de junta de construcción (FL)	m
8	Fisura transversal de junta de construcción (FT)	m
9	Fisuras de contracción térmica (FCT)	m
10	Fisuras parabólicas (FP)	m
11	Fisura de borde (FB)	m
12	Ojos de pescado (O)	m ²
13	Desplazamiento, abultamiento o ahuellamiento de la mezcla (DM)	m ²
14	Pérdida de la película de ligante (PL)	m ²
15	Pérdida de agregados (PA)	m ²
16	Descascaramiento (D)	m ²
17	Pulimento de agregados (PU)	m ²
18	Exudación (EX)	m ²
19	Afloramiento de mortero (AM)	m ²
20	Afloramiento de agua (AA)	m ²
21	Desintegración de los bordes del pavimento (D)	m ²
22	Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)	m
23	Erosión de las bermas (EB)	m ²
24	Segregación (S)	m ³

Nº Muestra	PROGRESIVA		CARRIL IZQUIERDO				CARRIL DERECHO					
	INICIAL	FINAL	FALLA	Unidad	Gp	Area (m ²)	FALLA	Unidad	Gp	Area (m ²)		
M - 01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	m	1	58.70	5	m	1	224.74		
			5	m	2	118.53	5	m	3	8.96		
			6	m	2	9.49	6	m	2	2.50		
M - 02	KM 0+200.00	KM 0+300.00	5	m	2	6.89	5	m	2	26.30		
			8	m	1	7.21	6	m	2	20.62		
			16	m	1	0.77	8	m	1	12.84		
M - 03	KM 0+500.00	KM 0+600.00	17	m	2	33.31	16	m	1	0.52		
			5	m	3	35.84	17	m	2	10.28		
			5	m	2	56.51	5	m	2	5.44		
M - 04	KM 0+700.00	KM 0+800.00	6	m	2	37.45	6	m	2	47.59		
			8	m	1	19.53	7	m	1	9.38		
			5	m	2	5.79	8	m	1	55.04		
M - 04	KM 0+700.00	KM 0+800.00	6	m	2	8.06	5	m	2	4.05		
			7	m	1	6.28	5	m	3	12.21		
			9	m	1		6	m	2	18.02		
			16	m	1		9	m	1	4.66		
									17	m	2	4.95



Christian Jesus Huarniz Vega
ING. CIVIL
CIP. N° 342821

M - 05	KM 1+000.00	KM 1+100.00	5	m	3	164.14	5	m	2	22.42
			6	m	2	0.20	6	m	2	16.87
							9	m	1	9.05
							12	m	2	0.40
							15	m	2	21.26
M - 06	KM 1+200.00	KM 1+300.00	5	m	1	178.49	5	m	1	231.77
			5	m	3	40.38	6	m	2	8.13
			6	m	2	11.12				
M - 07	KM 1+400.00	KM 1+500.00	5	m	3	105.56	5	m	1	121.70
			6	m	2	25.87	6	m	2	25.10
			11	m	1	0.22	11	m	1	0.01
			15	m	1	12.30	15	m	1	7.34
M - 08	KM 1+500.00	KM 1+600.00	5	m	3	66.81	5	m	2	79.65
			5	m	1	71.72	6	m	2	19.43
			6	m	2	22.78				
			15	m	1	10.28				
M - 09	KM 1+700.00	KM 1+800.00	5	m	1	98.57	5	m	2	39.87
			6	m	2	8.925	6	m	2	18.27
			9	m	1	5.32	9	m	1	12.51
M - 10	KM 1+900.00	KM 2+000.00	5	m	1	102.91	5	m	1	8.66
			5	m	3	1.33	5	m	3	35.31
			6	m	2	6.24	6	m	2	13.96
			9	m	1	5.31	9	m	1	10.94
M - 11	KM 2+000.00	KM 2+100.00	5	m	1	13.65	5	m	1	7.52
			5	m	3	40.67	6	m	2	16.25
			6	m	2	8.65	9	m	2	13.25
			9	m	1	20.36	12	m	1	0.36
M - 12	KM 2+200.00	KM 2+300.00	5	m	1	50.65	5	m	1	10.21
			6	m	2	13.29	5	m	3	15.23
			9	m	1	9.36	6	m	2	4.86
			12	m	1	10.37	9	m	1	10.32
			15	m	2	10.64	12	m	1	0.01



Christian Jesus Huarniz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

M - 13	KM 2+400.00	KM 2+500.00	5	m	1	31.61	5	m	1	7.18
			5	m	3	15.69	5	m	3	18.81
			6	m	2	12.07	6	m	2	7.17
			9	m	1	8.30	9	m	1	5.65
			12	m	1	5.69	12	m	1	0.14
						15	m	1	10.62	
M - 14	KM 2+500.00	KM 2+600.00	5	m	1	94.17	5	m	2	5.92
			5	m	3	5.13	5	m	3	4.10
			6	m	2	9.28	6	m	2	19.16
			8	m	1	5.61	6	m	3	9.46
			9	m	1	5.20	15	m	1	8.03
M - 15	KM 2+700.00	KM 2+800.00	5	m	1	145.17	5	m	1	20.17
			6	m	2	6.50	6	m	2	7.23
			9	m	1	4.24		m	9	9.16
M - 16	KM 2+900.00	KM 3+000.00	5	m	1	87.17	5	m	1	8.31
			5	m	3	4.14	5	m	3	2.16
			6	m	2	7.17	6	m	2	2.61
			9	m	1	15.31	9	m	1	12.35
			12	m	1	0.36				
M - 17	KM 3+200.00	KM 3+300.00	5	m	2	10.15	5	m	1	2.36
			6	m	2	6.32	6	m	2	12.95
			7	m	1	5.70	9	m	1	3.26
			9	m	1	4.26	12	m	1	12.68
			12	m	1	2.03				
M - 18	KM 3+400.00	KM 3+500.00	6	m	2	18.31	5	m	1	1.34
			7	m	7	9.61	6	m	2	23.15
			8	m	8	1.30	8	m	1	1.32
			9	m	9	4.65	7	m	1	0.91
			15	m	1	12.18	9	m	1	3.16
M - 19	KM 3+700.00	KM 3+800.00	5	m	1	131.16	5	m	1	98.85
			5	m	3	11.61	6	m	2	9.90
			6	m	2	38.15	9	m	1	5.79



Cristian Jesus Huariza-Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (VIZIR)

CALCULO DEL INDICE DE FISURACION Y CALIFICACION DE LA SECCION EVALUADA

NOMBRE DE LA VIA:		TIPO DE FALLA		FORMA DE LA MUESTRA	
TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA		FALLA TIPO A	Nº	FALLA TIPO B	Unid
DISTRITO: CHALHUANCA		1 Abuelamiento (AH)	m	13 Desplazamiento, abultamiento o ahuecamiento de la mezcla (DM)	m²
KILOMETROS EVALUADOS: AL KM 3+800.00		2 Depresiones o hundimientos longitudinales (DL)	m	14 Pérdida de la película de ligante (PL)	m²
CODIGO DE VIA: PE-30A		3 Depresiones o hundimientos transversales (DT)	m	15 Pérdida de agregados (PA)	m²
CATEGORIA TIPO B		4 Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)	m	16 Descascaramiento (D)	m²
GEOMETRICA:		5 Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	m	17 Pulimento de agregados (PU)	m²
FECHA: 03/08/2024		6 Bacheos y parcheos (B)	m²	18 Exudación (EX)	m²
EVALUADOR: Bach. Ing. YANN HAASER		FALLA TIPO B		19 Afloramiento de mortero (AM)	m²
FANOLA VEGA		7 Fisura longitudinal de junta de construcción (F)	m	20 Afloramiento de agua (AA)	m²
PROGRESIVA		8 Fisura transversal de junta de construcción (FT)	m	21 Desintegración de los bordes del pavimento (DB)	m
		9 Fisuras de contracción térmica (FCT)	m	22 Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)	m
		10 Fisuras parabólicas (FP)	m	23 Erosión de las bermas (EB)	m²
		11 Fisura de borde (FB)	m	24 Segregación (S)	m²
		12 Ojos de pezado (O)	m²		



Muestra	INICIAL	FINAL	FALLA	Area (m²)	Gp	EXTENSI ON (%)	IF	ID	IS	IF	ID	IS	IF	ID	IS	CLASIFICACION					
																	FALLA	Area (m²)	Gp	EXTENSI ON (%)	IF
M-01	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5	58.70	1	16.31	2														
				118.53	2	32.92	3														
				9.49	2	2.64	2														
				6.89	2	1.91	2														
				7.21	1	2.00	1														
				0.77	1	0.21	1														
M-02	KM 0+200.00	KM 0+300.00	16	0.77	1	0.21	1	2	2	3	REGULAR										
			33.31	2	9.25	2															
			0	0.00	0	0.00															
M-03	KM 0+500.00	KM 0+600.00	5	35.84	3	9.96	3														
			56.51	2	15.70	3															
			37.45	2	10.40	3															
			19.53	1	5.42	1															
			5.79	2	1.61	2															
			8.06	2	2.24	2															
M-04	KM 0+700.00	KM 0+800.00	7	6.28	1	1.74	1	2	2	3	DEFICIENTE										
			0	0.00	0	0.00															
			0	0.00	0	0.00															
			0	0.00	0	0.00															
			164.14	3	45.59	4															
			0.20	2	0.06	2															
M-05	KM 1+000.00	KM 1+100.00	0	0.00	0	0.00		4	2	5	DEFICIENTE										
			0	0.00	0	0.00															
			0	0.00	0	0.00															
			0	0.00	0	0.00															
			178.49	1	49.58	2															
			40.38	3	11.22	4															
M-06	KM 1+200.00	KM 1+300.00	6	11.12	2	3.09	2	4	2	5	DEFICIENTE										
			105.56	3	29.32	4															
			25.87	2	7.19	2															
			0.22	1	0.06	1															
			12.30	1	3.42	1															
			0	0.00	0	0.00															
M-07	KM 1+400.00	KM 1+500.00	6	25.10	2	6.97	2	4	2	5	DEFICIENTE										
			11	0.01	1	0.00	1														
			7.34	1	2.04	1															
			0	0.00	0	0.00															
			21.77	1	64.38	3															
			8.13	2	2.26	2															


Christian Jesus Huarniz Vega
 ING. CIVIL
 C.P. N° 342821

M-08	KM 1+500.00	KM 1+600.00	5 66.81 3 18.56 4	5	4	5	79.65 2 22.13 3	5	2	4	REGULAR
			5 71.72 1 19.92 2	6	2	6	19.43 2 5.40	6	2	3	DEFICIENTE
			6 22.78 2 6.33 2	0	0	0	0.00 0 0.00	0	0	0	REGULAR
			15 10.28 1 2.86 1	0	0	0	0.00 0 0.00	0	0	0	REGULAR
M-09	KM 1+700.00	KM 1+800.00	5 98.57 1 27.38 2	5	2	5	39.87 2 11.07 3	5	2	4	REGULAR
			6 8.93 2 2.48 1	6	2	6	18.27 2 5.07 1	6	2	3	DEFICIENTE
			9 5.32 1 1.48 1	9	2	9	12.51 1 3.47 1	9	2	2	REGULAR
M-10	KM 1+900.00	KM 2+000.00	5 102.91 1 28.58 2	5	3	5	8.66 1 2.41 1	5	3	4	REGULAR
			5 1.33 3 0.37 3	5	2	5	35.31 3 9.81 3	5	2	2	DEFICIENTE
			6 6.24 2 1.73 2	6	2	6	13.96 2 3.88 2	6	2	3	REGULAR
			9 5.31 1 1.48 1	9	1	9	10.94 1 3.04 1	9	1	2	REGULAR
M-11	KM 2+000.00	KM 2+100.00	5 13.65 1 3.79 1	5	4	5	7.52 1 2.09 1	5	4	3	DEFICIENTE
			5 40.67 3 11.30 4	6	2	6	16.25 2 4.51 2	6	2	2	REGULAR
			6 8.65 2 2.40 2	9	2	9	13.25 2 3.68 2	9	2	2	DEFICIENTE
			9 20.36 1 5.66 1	12	1	12	0.36 1 0.10 1	12	1	1	REGULAR
M-12	KM 2+200.00	KM 2+300.00	5 50.65 1 14.07 2	5	2	5	10.21 1 2.84 1	5	2	4	REGULAR
			6 13.29 2 3.69 2	6	2	6	15.23 3 4.23 3	6	2	3	DEFICIENTE
			9 9.36 1 2.60 1	9	2	9	4.86 2 1.35 2	9	2	2	REGULAR
			12 10.37 1 2.88 1	12	1	12	10.32 1 2.87 1	12	1	1	DEFICIENTE
			15 10.64 2 2.96 2	15	1	15	0.01 1 0.00 1	15	1	1	REGULAR
M-13	KM 2+400.00	KM 2+500.00	5 31.61 1 8.78 1	5	3	5	7.18 1 1.99 1	5	3	4	REGULAR
			5 15.69 3 4.36 3	6	2	6	18.81 3 5.23 3	6	2	3	DEFICIENTE
			6 12.07 2 3.35 2	9	2	9	7.17 2 1.99 2	9	2	2	REGULAR
			9 8.30 1 2.31 1	12	1	12	5.65 1 1.57 1	12	1	1	DEFICIENTE
			12 5.69 1 1.58 1	15	1	15	0.14 1 0.04 1	15	1	1	REGULAR
			0 0.00 0 0.00 0	0	0	0	0.00 0 0.00 0	0	0	0	DEFICIENTE
M-14	KM 2+500.00	KM 2+600.00	5 94.17 1 26.16 2	5	3	5	5.92 2 1.64 2	5	3	5	DEFICIENTE
			5 5.13 3 1.43 3	6	2	6	4.10 3 1.14 3	6	2	2	REGULAR
			6 9.28 2 2.58 2	6	2	6	19.16 2 5.32 2	6	2	3	DEFICIENTE
			8 5.61 1 1.56 1	8	1	8	9.46 3 2.63 3	8	1	1	REGULAR
			9 5.20 1 1.44 1	9	2	9	8.03 1 2.23 1	9	2	1	DEFICIENTE
M-15	KM 2+700.00	KM 2+800.00	5 145.17 1 40.32 2	5	2	5	20.17 1 5.60 1	5	2	3	DEFICIENTE
			6 6.50 2 1.81 2	6	2	6	7.23 2 2.01 2	6	2	2	REGULAR
			9 4.24 1 1.18 1	9	1	9	9.16 9 2.54 9	9	1	1	DEFICIENTE
			5 87.17 1 24.21 2	5	3	5	8.31 1 2.31 1	5	3	4	DEFICIENTE
			5 4.14 3 1.15 3	6	2	6	2.16 3 0.60 3	6	2	2	REGULAR
M-16	KM 2+900.00	KM 3+000.00	6 7.17 2 1.99 2	6	3	6	2.61 2 0.73 2	6	3	4	DEFICIENTE
			9 15.31 1 4.25 1	9	1	9	12.35 1 3.43 1	9	1	1	REGULAR
			12 0.36 1 0.10 1	0	0	0	0.00 0 0.00 0	0	0	0	DEFICIENTE
M-17	KM 3+200.00	KM 3+300.00	5 10.15 2 2.82 2	5	2	5	2.36 1 0.66 1	5	2	3	DEFICIENTE
			6 6.32 2 1.76 2	6	2	6	12.95 2 3.60 2	6	2	2	REGULAR
			7 5.70 1 1.58 1	7	2	7	3.26 1 0.91 1	7	2	1	DEFICIENTE
			9 4.26 1 1.18 1	9	1	9	12.68 1 3.52 1	9	1	1	REGULAR
			12 2.03 1 0.56 1	0	0	0	0.00 0 0.00 0	0	0	0	DEFICIENTE
M-18	KM 3+400.00	KM 3+500.00	6 18.31 2 5.09 2	6	0	6	1.54 1 0.37 1	6	0	3	DEFICIENTE
			7 9.61 7 2.67 7	7	2	7	23.15 2 6.43 2	7	2	2	REGULAR
			8 1.30 8 0.36 8	8	2	8	1.32 1 0.37 1	8	2	1	DEFICIENTE
			9 4.65 9 1.29 9	9	1	9	0.91 1 0.25 1	9	1	1	REGULAR
			15 12.18 1 3.38 1	15	1	15	3.16 1 0.88 1	15	1	1	DEFICIENTE
M-19	KM 0+000.00	KM 0+100.00	5 131.16 1 36.43 2	5	3	5	98.85 1 27.46 2	5	3	2	DEFICIENTE
			5 11.61 3 3.23 3	6	2	6	9.50 2 2.75 2	6	2	3	DEFICIENTE
			6 38.15 2 10.60 2	9	1	9	5.79 1 1.61 1	9	1	1	REGULAR



Christian Jesus Huarniz Vega
ING. CIVIL
C.R. N° 342821

ANEXO D. METODOLOGIA PCI

LOGO	INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		
HOJA DE INSPECCION N° 01 (METODO PCI)			
NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 300	DISTRITO : CHALHUANCA	FECHA : 11 de Junio del 2025	
UNIDAD MUESTREADA : M - 01	PROGRESIVA : KM 0+000.00 AL	KM 0+035.40	
AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88	EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA		

TIPO DE FALLAS						FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m 254.88 m 35.40 m
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2
	3.- Agrietamiento en bloque BLO		m2	13.- Huecos	HUE	und
	4.- Abultamiento y hundimie ABH		m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2
	10.- Grietas long y transv	GLT	m			

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
	1			2			3		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	82.17								
TOTAL POR FALLA	82.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10			11			12		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
		7.74			18.23				
		37.50							
TOTAL POR FALLA	0.00	45.25	0.00	0.00	18.23	0.00	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	82.17	32.24%	46.71
10	M	45.25	17.75%	24.35
11	M	18.23	7.15%	26.77
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	97.83

CALCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	46.71
Número máximo de valores deducidos (mi)	5.89

$$m_i = 1.00 + \frac{q}{98} [(100 - HDV_i)]$$
 Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m_i: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.
 HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.

N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	46.71	26.77	24.35	97.83	3	61.7
2	46.71	26.77	2	75.48	2	54.84
3	46.71	2	2	50.71	1	50.71

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100- (MAX VDC)
PCI =	38.3

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

MALO

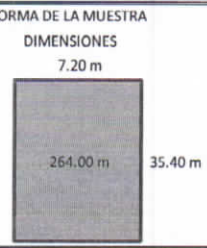


Christian Jesus Huarniz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 02 (METODO PCI)

LOGO: INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 30(DISTRITO : CHALHUANCA FECHA : 11 de Junio del 2025
 UNIDAD MUESTREADA : M - 02 PROGRESIVA : KM 0+247.80 AL KM 0+283.20
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS																																																													
OBSERVACIONES	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">1.- Piel de cocodrilo</td> <td style="width: 10%;">PC</td> <td style="width: 10%;">m2</td> <td style="width: 30%;">11.- Parcheo</td> <td style="width: 10%;">PA</td> <td style="width: 10%;">m2</td> </tr> <tr> <td>2.- Exudación</td> <td>EX</td> <td>m2</td> <td>12.- Pulimiento de agreg.</td> <td>PU</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>3.- Agrietamiento en bloque</td> <td>BLO</td> <td>m2</td> <td>13.- Huecos</td> <td>HUE</td> <td>und</td> </tr> <tr> <td>4.- Abultamiento y hundimie</td> <td>ABH</td> <td>m2</td> <td>14.- Cruce de via ferrea</td> <td>CVF</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>5.- Corrugación</td> <td>COR</td> <td>m2</td> <td>15.- Ahuellamiento</td> <td>AHU</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>6.- Depresión</td> <td>DEP</td> <td>m2</td> <td>16.- Desplazamiento</td> <td>DES</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>7.- Grieta de borde</td> <td>GB</td> <td>m</td> <td>17.- Grieta parabolica</td> <td>GP</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>8.- Reflexion de juntas</td> <td>GR</td> <td>m</td> <td>18.- Hinchamiento</td> <td>HN</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>9.- Desnivel carril/berma</td> <td>DN</td> <td>m</td> <td>19.- Desprendimientos de agregados</td> <td>DAG</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>10.- Grietas long y transv</td> <td>GLT</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2	10.- Grietas long y transv	GLT	m			
1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2																																																								
2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2																																																								
3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und																																																								
4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2																																																								
5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2																																																								
6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2																																																								
7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2																																																								
8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2																																																								
9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2																																																								
10.- Grietas long y transv	GLT	m																																																											



TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	16.56								
TOTAL POR FALLA			0.00	16.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
19.60				14.43					
TOTAL POR FALLA			19.60	0.00	0.00	0.00	14.43	0.00	0.00
13			14			15			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1.07									
TOTAL POR FALLA			1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19			19			19			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	33.95								
TOTAL POR FALLA			0.00	33.95	0.00				

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	16.56	6.27%	40.36
10	L	19.60	7.42%	6.05
11	M	14.43	5.47%	23.43
13	L	1.07	0.41%	9.28
19	M	33.95	12.86%	20.8
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDI=	99.92

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	5
Valor deducido mas alto (HDV)	40.36
Número máximo de valores deducidos (mi)	6.48

$m_i = 1.00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.

Donde:
 m. Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.


N°	VALORES DEDUCIDOS				VDI	q	VDC
1	40.36	23.43	20.08	9.28	6.05	0	99.2
2	40.36	23.43	20.08	9.28	2	0	95.15
3	40.36	23.43	20.08	2	2	0	87.87
4	40.36	23.43	2	2	2	0	69.79
5	40.36	2	2	2	2	0	48.36

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

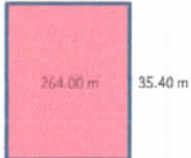
PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	44.38

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

REGULAR


Christian Jesus Huarmiz Vega
 ING. CIVIL
 BTP. N° 342821

LOGO	INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		
HOJA DE INSPECCION N° 02 (METODO PCI)			
NOMBRE DE LA VIA	: TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 30X DISTRITO	: CHALHUANCA	FECHA : 11 de Junio del 2025
UNIDAD MUESTREADA	: M - 03	PROGRESIVA : KM 0+495.60 AL	KM 0+531.00
AREA DE LA MUESTRA (m2):	254.88	EVALUADOR :	YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m 		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	185.02								
TOTAL POR FALLA	0.00	185.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
94.81				21.78					
TOTAL POR FALLA	94.81	0.00	0.00	21.78	0.00	0.00	0.00	0.00	

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	185.02	70.08%	72.31
10	L	94.81	35.91%	16.64
11	M	21.78	8.25%	28.73
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	117.68

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	72.31
Numero máximo de valores deducidos (m)	3.54

$$m_i = 1.00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:
 m: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	72.31	28.73	16.64		0	117.68	71.84
2	72.31	28.73	2		0	103.04	72.52
3	72.31	2	2		0	76.31	76.31

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	23.69

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

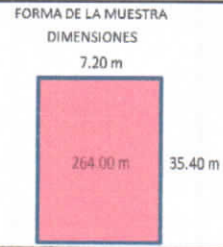
MUY MALO



Christian Jesus Huamániz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

LOGO	INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		
HOJA DE INSPECCION N° 02 (METODO PCI)			
NOMBRE DE LA VIA	: TRAMO CHALHUANCA -PUENTE HUAMPUCHACA KM 300 DISTRITO	: CHALHUANCA	FECHA : 11 de Junio del 2025
UNIDAD MUESTREADA	: M - 04	PROGRESIVA : KM 0+743.40	AL KM 0+778.80
AREA DE LA MUESTRA (m2):	254.88	EVALUADOR :	YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS						
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2
	3.- Agrietamiento en bloque BLO	m2		13.- Huecos	HUE	und
	4.- Abultamiento y hundimie ABH	m2		14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desplazamientos de agregados	DAG	m2
	10.- Grietas long y transv	GLT	m			



TIPO DE FALLAS EXISTENTES											
1			2			3			L	M	H
TOTAL POR FALLA	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

10			11			12			L	M	H
TOTAL POR FALLA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.06	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	3.30	1.25%	23.55
12	M	31.06	11.77%	4.03
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	27.58

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	2
Valor deducido mas alto (HDV)	23.55
Numero máximo de valores deducidos (mi)	8.02

$m_1 = 1.00 - \frac{9}{98} (100 - HDV)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m: Numero máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	23.55	4.03		27.58	2	20.06
2	23.55	2		25.55	1	25.55

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	74.45


CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

MUY BUENO

Christian Jesus Huarniz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

LOGO	INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 05 (METODO PCI)	

NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 30^o DISTRITO : CHALHUANCA FECHA : 11 de Junio del 2025
 UNIDAD MUESTREADA : M - 05 PROGRESIVA : KM 0+991.20 AL KM 1+026.60
 AREA DE LA MUESTRA (m²) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m ²	11.- Parcheo	PA	m ²	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m 		
	2.- Exudación	EX	m ²	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m ²			
	3.- Agrietamiento en bloque BLO	m ²	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie ABH	m ²	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m ²				
	5.- Corrugación	COR	m ²	15.- Ahuellamiento	AHU	m ²			
	6.- Depresión	DEP	m ²	16.- Desplazamiento	DES	m ²			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m ²			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m ²			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m ²			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

	10			11			12		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	27.90							25.78	
TOTAL POR FALLA	27.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.78	0.00
	13			14			15		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
		0.25							
TOTAL POR FALLA	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

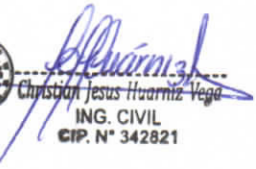
CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	27.90	10.95%	8.4
12	M	25.78	10.11%	3.53
13	M	0.25	0.10%	5.2
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	17.13

CALCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	8.4
Número máximo de valores deducidos (mi)	9.41

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m_i: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo tracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

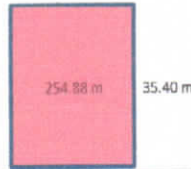
N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	8.4	5.2	3.53	17.13	3	0.00
2	8.4	5.2	2	15.6	2	10.70
3	8.4	2	2	12.4	1	12.40

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :
 PCI = 100 - (MAX VDC)
 PCI = 87.6
 CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO : EXCELENTE


 Christian Jesus Huarmiz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 06 (METODO PCI)

LOGO: FECHA : 11 de Junio del 2025
 NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 300 DISTRITO : CHALHUANCA
 UNIDAD MUESTREADA : M - 06 PROGRESIVA : KM 1+239.00 AL KM 1+274.40
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES <div style="text-align: center;">7.20 m</div>  <div style="text-align: center;">254.88 m</div> <div style="text-align: right;">35.40 m</div>		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque BLO		m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamiento y hundimie ABH		m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

	TIPO DE FALLAS EXISTENTES								
	1			2			3		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	109.55	16.17							
TOTAL POR FALLA	109.55	16.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10			11			12		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	40.45				9.88				
TOTAL POR FALLA	40.45	0.00	0.00	0.00	9.88	0.00	0.00	0.00	0.00
	13			14			15		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	0.04								
TOTAL POR FALLA	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	109.55	42.98%	50.36
1	M	16.17	6.34%	40.48
10	L	40.45	15.87%	10.47
11	M	9.88	3.88%	19.78
13	L	0.04	0.01%	0
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	121.09

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	4
Valor deducido mas alto (HDVI)	50.36
Número máximo de valores deducidos (mi)	5.56

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV: El mayor valor deducción individual para la unidad de muestreo i.

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	50.36	40.48	19.78	10.47	0	0	121.09	4	68.55
2	50.36	40.48	19.78	2	0	0	112.62	3	69.31
3	50.36	40.48	2	2	0	0	94.84	2	67.39
4	50.36	2	2	2	0	0	56.36	1	56.36

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	30.69

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

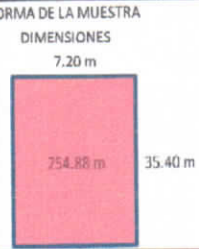
MALO


Christian Jesus Huarriz Vega
ING. CIVIL
CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 07 (METODO PCI)

LOGO: FECHA : 11 de Junio del 2025
 NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 300 DISTRITO : CHALHUANCA
 UNIDAD MUESTREADA : M - 07 PROGRESIVA : KM 1+486.80 AL KM 1+522.20
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS				FORMA DE LA MUESTRA	
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA m2
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU m2
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE und
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de vía ferrea	CVF m2
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU m2
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES m2
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP m2
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN m2
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG m2
	10.- Grietas long y transv	GLT	m		



	TIPO DE FALLAS EXISTENTES								
	1			2			3		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
		93.04							
TOTAL POR FALLA	0.00	93.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10			11			12		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	21.62				14.38				
TOTAL POR FALLA	21.62	0.00	0.00	0.00	14.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	13			14			15		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
		0.01							
TOTAL POR FALLA	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	93.04	36.50%	63.44
10	L	21.62	8.48%	6.69
11	M	14.38	5.64%	23.81
13	M	0.01	0.00%	0
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	93.94

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	63.44
Numero máximo de valores deducidos (mi)	4.36

$m_i = 1.00 - \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m: Numero máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.


N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC	
	1	2	3	4				
1	63.44	23.81	6.69	0	0	93.94	3	59.36
2	63.44	23.81	2	0	0	89.25	2	63.55
3	63.44	2	2	0	0	67.44	1	67.44

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	32.56


CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

MALD


Christian Jesus Huarmiz Vega
ING. CIVIL
CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 08 (METODO PCI)

LOGO: FECHA : 11 de Junio del 2025
 NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 300 DISTRITO : CHALHUANCA
 UNIDAD MUESTREADA : M - 08 PROGRESIVA : KM 1+734.60 AL KM 1+770.00
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES <div style="text-align: center;">7.20 m</div> 		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de vía ferrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	34.31								
TOTAL POR FALLA			0.00	34.31	0.00	0.00	0.00	0.00	
7			8			9			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
7.59									
TOTAL POR FALLA			7.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
57.16				38.89					
TOTAL POR FALLA			57.16	0.00	0.00	0.00	38.89	0.00	

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	34.31	13.46%	48.99
7	L	7.59	2.98%	3.4
10	L	57.16	22.43%	12.9
11	M	38.89	15.26%	36.5
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	101.79

CÁLCULO DEL PCI	
Número de deducidos > 2 (q)	4
Valor deducido mas alto (HDVI)	48.99
Número máximo de valores deducidos (mi)	5.68

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.

Donde:
 m: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	48.99	36.5	12.9	3.4	0	0	0	101.79	4	57.90
2	48.99	36.5	12.9	2	0	0	0	100.39	3	63.20
3	48.99	36.5	2	2	0	0	0	89.49	2	63.69
4	48.99	2	2	2	0	0	0	54.99	1	54.99

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	36.31

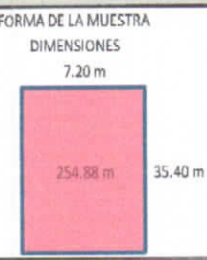
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

MALO


Christian Jesus Huarviz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

LOGO	INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		
HOJA DE INSPECCION N° 09 (METODO PCI)			
NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 300 DISTRITO : CHALHUANCA	FECHA : 11 de Junio del 2025		
UNIDAD MUESTREADA : M - 09	PROGRESIVA : KM 1+982.40 AL KM 2+017.80		
AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88	EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA		

TIPO DE FALLAS				FORMA DE LA MUESTRA	
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA m2
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU m2
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE und
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF m2
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU m2
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES m2
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP m2
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN m2
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG m2
	10.- Grietas long y transv	GLT	m		



TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	51.04								
TOTAL POR FALLA	0.00	51.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
30.35				8.64					
TOTAL POR FALLA	30.35	0.00	0.00	0.00	8.64	0.00	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	51.04	20.07%	55.41
10	L	30.35	11.91%	8.8
11	M	8.64	3.39%	18.45
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	82.66

CALCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	55.41
Número máximo de valores deducidos (mi)	5.1

$m_1 = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m₁: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.
 HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.


N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	55.41	18.45	8.8	82.66	3	52.23
2	55.41	18.45	2	75.86	2	55.10
3	55.41	2	2	59.41	1	59.41

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	40.59


CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

REGULAR


 Christian Jesus Huarniz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

LOGO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 10 (METODO PCI)

NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA -PUENTE HUAMPUCHACA KM 30X DISTRITO : CHALHUANCA FECHA : 11 de Junio del 2025
 UNIDAD MUESTREADA : M - 10 PROGRESIVA : KM 2+230.20 AL KM 2+265.60
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m 		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abuitamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GR	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carni/burma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
	1			2			3		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
		54.27							
TOTAL POR FALLA	0.00	54.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7			8			9		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
		15.10							
TOTAL POR FALLA	0.00	15.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10			11			12		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
					19.00				
TOTAL POR FALLA	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CALCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	54.27	21.29%	56.11
7	M	15.10	5.92%	11.14
11	M	19.00	7.46%	27.33
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	94.58

CALCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	56.11
Numero máxima de valores deducidos (mi)	5.03

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m: Numero máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.
 HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.


N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	56.11	27.33	11.14	94.58	3	59.75
2	43.33	27.13	2	72.46	2	52.72
3	43.33	2	2	47.33	1	47.33

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	40.25

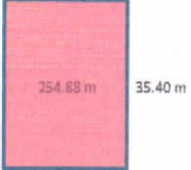
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

REGULAR


 Christian Jesus Huariz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

LOGO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 11 (METODO PCI)

NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA -PUENTE HUAMPUCHACA KM 30x DISTRITO : CHALHUANCA FECHA : 11 de Junio del 2025
 UNIDAD MUESTREADA : M - 11 PROGRESIVA : KM 2+478.00 AL KM 2+513.40
 AREA DE LA MUESTRA (m2): 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m  35.40 m		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	30.27								
TOTAL POR FALLA	0.00	30.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

10			11			12		
L	M	H	L	M	H	L	M	H
10.31				21.32				
TOTAL POR FALLA	10.31	0.00	0.00	0.00	21.32	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	30.27	11.88%	47.44
10	L	10.31	4.05%	3.35
11	M	21.32	8.37%	28.93
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	79.72

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDV)	47.44
Numero máximo de valores deducidos (m)	5.83

$m_i = 1.00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.
 Donde:
 m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .
 HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

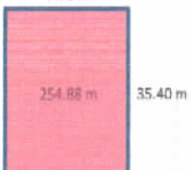
N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	47.44	28.93	3.35	79.72	3	50.33
2	47.44	28.93	2	78.37	2	56.86
3	47.44	2	2	51.44	1	51.44

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO : PCI = 100 - (MAX VDC)
PCI = 43.14

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO : REGULAR


 Christian Jesus Huarritz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

LOGO	INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 12 (METODO PCI)	
NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA -PUENTE HUAMPUCHACA KM 30X DISTRITO : CHALHUANCA	FECHA : 11 de Junio del 2025
UNIDAD MUESTREADA : M - 12	PROGRESIVA : KM 2+725.80 AL KM 2+761.20
AREA DE LA MUESTRA (m2): 254.88	EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m  254.88 m 35.40 m		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	77.04								
TOTAL POR FALLA			0.00	77.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
49.01				7.32					
TOTAL POR FALLA			49.01	0.00	0.00	0.00	7.32	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	77.04	30.23%	60.99
10	L	49.01	19.23%	11.88
11	M	7.32	2.87%	17
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	89.87

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducido mas alto (HDVI)	60.99
Número máximo de valores deducidos (mi)	4.58

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.

Donde:
 m_i: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.


N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	60.99	17	11.88	0	0	89.87	3	56.92
2	60.99	17	11.88	0	0	89.87	2	63.92
3	60.99	2	2	0	0	64.99	1	64.99

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	35.01

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

MALO



 Christian Jesus Huarmiz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 13 (METODO PCI)

LOGO: FECHA : 11 de Junio del 2025
 NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 30X DISTRITO : CHALHUANCA
 UNIDAD MUESTREADA : M - 13 PROGRESIVA : KM 2+973.60 AL KM 3+009.00
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS			
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2
	2.- Exudación	EX	m2
	3.- Agrietamiento en bloque BLO		m2
	4.- Abultamiento y hundimie ABH		m2
	5.- Corrugación	COR	m2
	6.- Depresión	DEP	m2
	7.- Grieta de borde	GB	m
	8.- Reflexion de juntas	GR	m
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m
	10.- Grietas long y transv	GLI	m
	11.- Parcheo	PA	m2
	12.- Pullmientto de agreg.	PU	m2
	13.- Huecos	HUE	und
	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2
	15.- Ahuellamiento	AHU	m2
	16.- Desplazamiento	DES	m2
	17.- Grieta parabolica	GP	m2
	18.- Hinchamiento	HN	m2
	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2



TIPO DE FALLAS EXISTENTES											
1			2			3			L	M	H
	L	M	H	L	M	H	L	M	H		
	52.33										
TOTAL POR FALLA			52.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

10			11			12			L	M	H
	L	M	H	L	M	H	L	M	H		
					16.66						
TOTAL POR FALLA			0.00	0.00	0.00	16.66	0.00	0.00	0.00	0.00	

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	52.33	20.53%	41.07
11	M	16.66	6.54%	25.63
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDI= 66.7

CÁLCULO DEL PCI	
Número de deducidos > 2 (q)	2
Valor deducido mas alto (HDV)	41.07
Número máximo de valores deducidos (ni)	6.41

$m_1 = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas

Donde:
 m: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo L.
 HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo L.

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDI	q	VDC
1	41.07	25.63	0	0	0	66.7	48.69
2	46.58	2	0	0	0	48.58	48.58

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

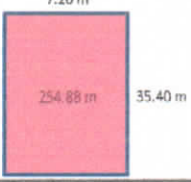
PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	51.31

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO : REGULAR


Christian Jesus Huarniz Vega
ING. CIVIL
CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 14 (METODO PCI)

LOGO: INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 30^o DISTRITO : CHALHUANCA FECHA : 11 de Junio del 2025
 UNIDAD MUESTREADA : M - 14 PROGRESIVA : KM 3+221.40 AL KM 3+256.80
 AREA DE LA MUESTRA (m²): 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m ²	11.- Parcheo	PA	m ²	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.20 m 		
	2.- Exudación	EX	m ²	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m ²			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m ²	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m ²	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m ²			
	5.- Corrugación	COR	m ²	15.- Ahuellamiento	AHU	m ²			
	6.- Depresión	DEP	m ²	16.- Desplazamiento	DES	m ²			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m ²			
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m ²			
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m ²			
	10.- Grietas long y transv	GLT	m						

TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	10.46								
TOTAL POR FALLA			0.00	10.46	0.00	0.00	0.00	0.00	
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
				27.75					
TOTAL POR FALLA			0.00	0.00	0.00	0.00	27.75	0.00	
19									
L	M	H							
3.13									
TOTAL POR FALLA			3.13	0.00	0.00				

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	10.46	4.11%	35.86
11	M	27.75	10.89%	32.35
19	L	3.13	1.23%	2
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDT=	70.21

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	2
Valor deducido mas alto (HDV)	35.86
Numero máximo de valores deducidos (mi)	6.89

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuacion 3. Carreteras pavimentadas.

Donde:
 m_i: Numero máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.
 HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.


N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	35.86	32.35					68.21	2	49.75
2	30.78	2	0	0	0	0	32.78	1	32.78

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

PCI =	100 - (MAX VDC)
PCI =	50.25

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

REGULAR


Christian Jesus Huarniz Vega
Christian Jesus Huarniz Vega
 ING. CIVIL
 CIP. N° 342821

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE INSPECCION N° 15 (METODO PCI)

LOGO: NOMBRE DE LA VIA : TRAMO CHALHUANCA - PUENTE HUAMPUCHACA KM 30X DISTRITO : CHALHUANCA FECHA : 11 de Junio del 2025
 UNIDAD MUESTREADA : M - 15 PROGRESIVA : KM 3+469.20 AL KM 3+504.60
 AREA DE LA MUESTRA (m2) : 254.88 EVALUADOR : YANN HAASER FANOLA VEGA

TIPO DE FALLAS			
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2
	2.- Exudación	EX	m2
	3.- Agrietamiento en bloque BLO		m2
	4.- Abultamiento y hundimie ABH		m2
	5.- Corrugación	COR	m2
	6.- Depresión	DEP	m2
	7.- Grieta de borde	GB	m
	8.- Reflexion de juntas	GR	m
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m
	10.- Grietas long y transv	GLT	m
	11.- Parcheo	PA	m2
	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2
	13.- Huecos	HUE	und
	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2
	15.- Ahuellamiento	AHU	m2
	16.- Desplazamiento	DES	m2
	17.- Grieta parabolica	GP	m2
	18.- Hinchamiento	HN	m2
	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2



	TIPO DE FALLAS EXISTENTES								
	1			2			3		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	15.45								
TOTAL POR FALLA	15.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10			11			12		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	5.55				21.89				
TOTAL POR FALLA	5.55	0.00	0.00	0.00	21.89	0.00	0.00	0.00	0.00
	13			14			15		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H
	4.00								
TOTAL POR FALLA	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CÁLCULO DEL PCI					
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	L	15.45	6.06%	27.69	
10	L	5.55	2.18%	0.44	
11	M	21.89	8.59%	29.3	
13	L	4.00	1.57%	25.01	
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=	82.44

CÁLCULO DEL PCI	
Numero de deducidos > 2 (q)	3
Valor deducida mas alta (HDVI)	29.3
Numero máximo de valores deducidos (mi)	7.49

$m_i = 1.00 - \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.

Donde:
 m: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo tracción, para la unidad de muestreo i.
 HDV: El mayor valor deducción individual para la unidad de muestreo i.

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	29.3	27.69	25.01			82	3	51.80
2	30.63	26.31	2	0	0	0	58.94	2
3	30.63	2	2	0	0	0	34.63	1

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

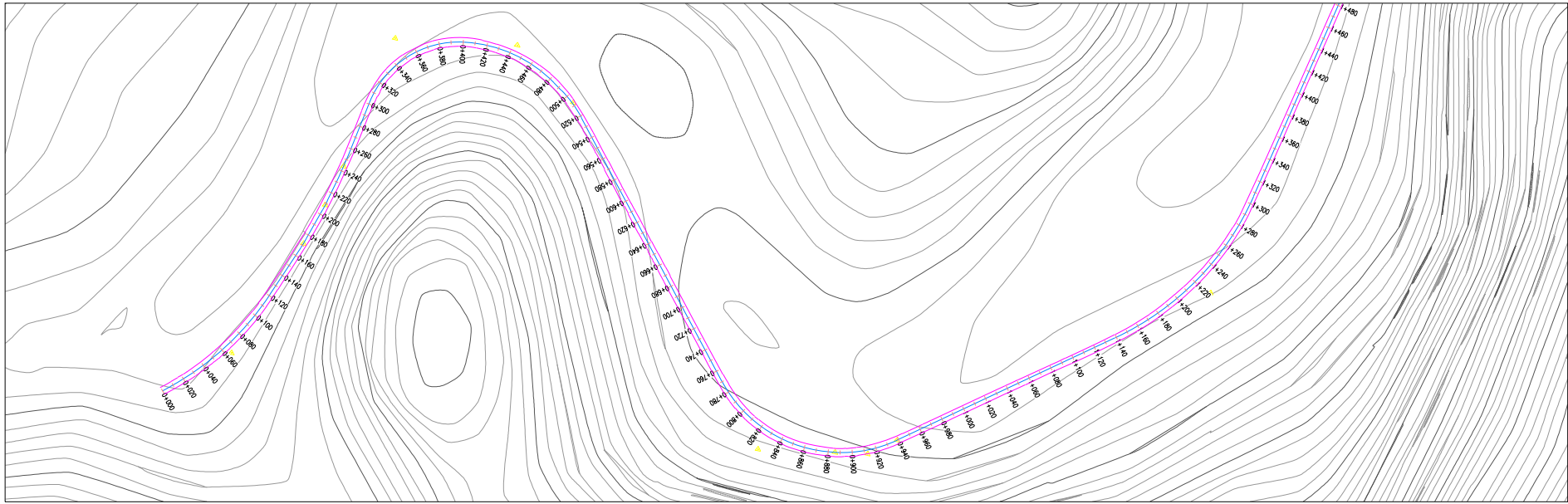
PCI =	100- (MAX VDC)
PCI =	48.2

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :

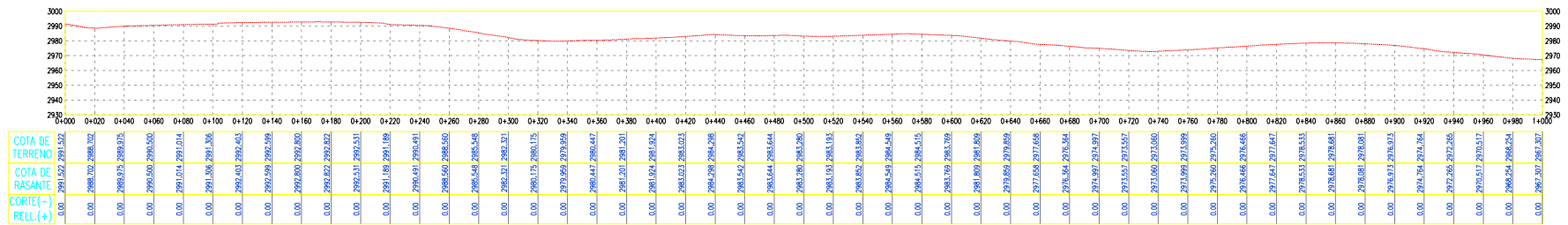
REGULAR

Christian Jesus Huarniz Vega
ING. CIVIL
CIP. N° 342821

ANEXO E. PERFIL LONGITUDINAL



PLANO DE PLANTA ESC. H. 1/2000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL ESC. H. 1/2000 V. 1/2000



Universidad Nacional
Federico Villarreal



Facultad de
Ingeniería Civil

PROYECTO DE TESIS:

"EVALUACION Y COMPARACION DE METODOLOGIAS VIZAR Y PCI EN PATOLOGIAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEANICA (TRAMO CHALHUANCA - HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRIA, LIMA - 2024".

TESISTA:

YANN HAASER FANOLA VEGA

PLANO:

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

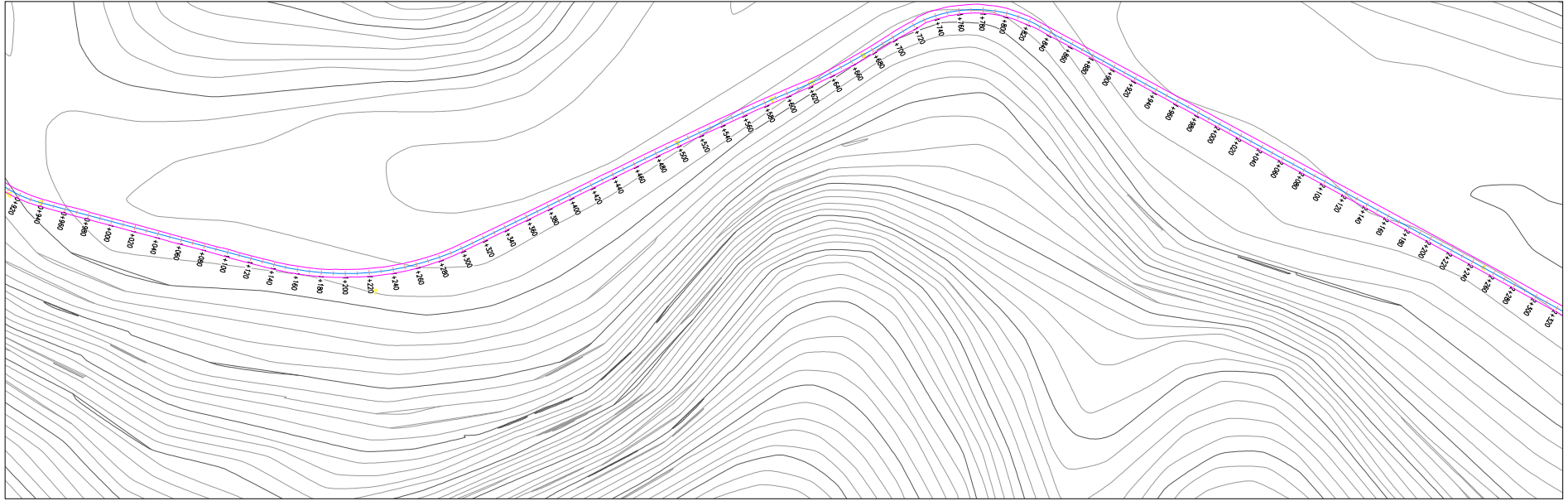
KM: 00+000 - 1+000.00

REGION: APURIMAC
PROVINCIA: AYMARAES
DISTRITO: CHALHUANCA

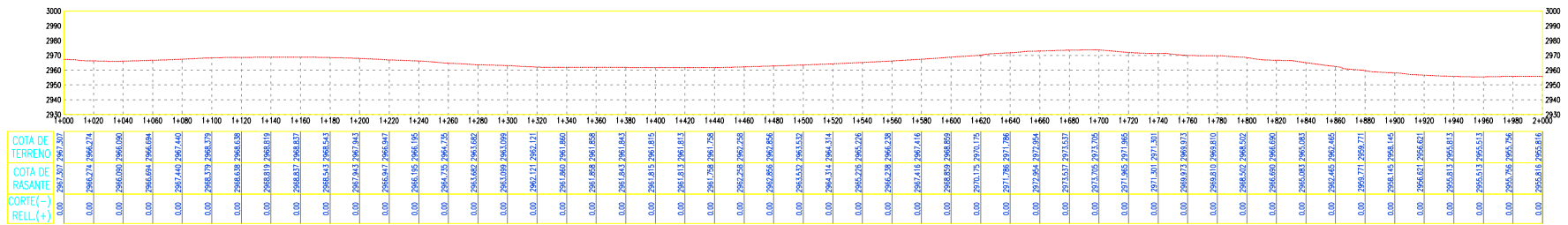
ESCALA: INDICADA
FECHA: 28/05/25

LAMINA:

PL 01



PLANO DE PLANTA EBC
#1/1000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL EBC
#1/1000
#1/200



Universidad Nacional
Federico Villarreal



Facultad de
Ingeniería Civil

PROYECTO DE TESIS:

"EVALUACION Y COMPARACION DE METODOLOGIAS VIZAR Y PCI EN PATOLOGIAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEANICA (TRAMO CHALHUANCA - HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRIA, LIMA -2024".

TESISTA:

YANN HAASER FANOLA VEGA

PLANO:

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

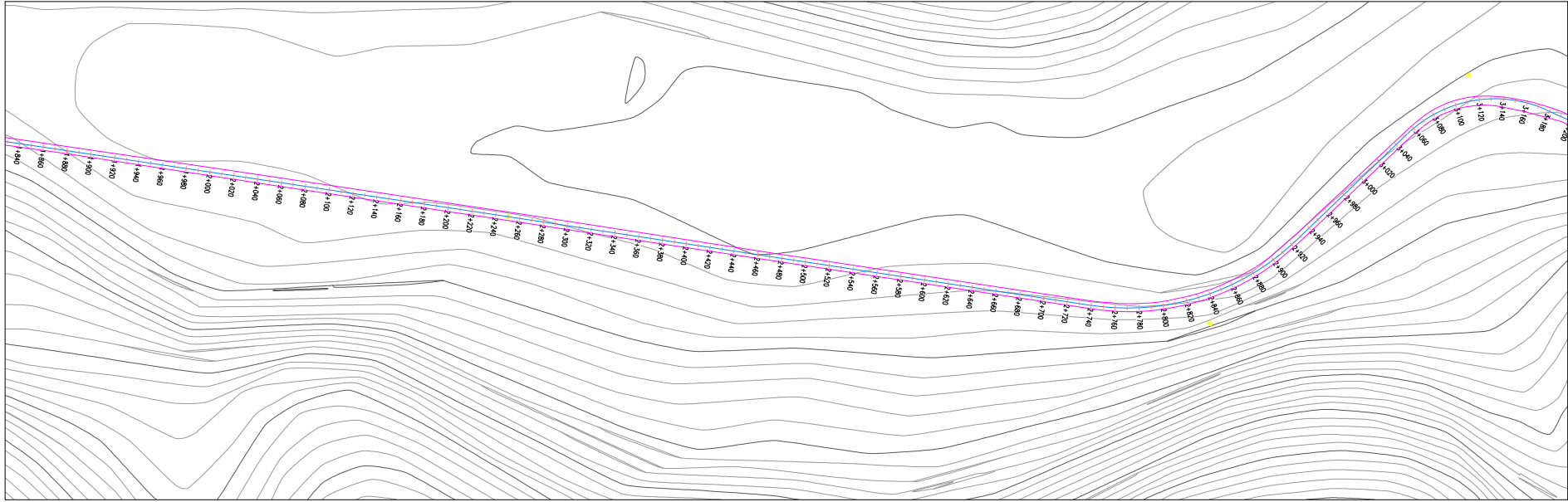
KM: 1+000 - 2+000.00

REGION: APURIMAC
PROVINCIA: AYMARAES
DISTRITO: CHALHUANCA

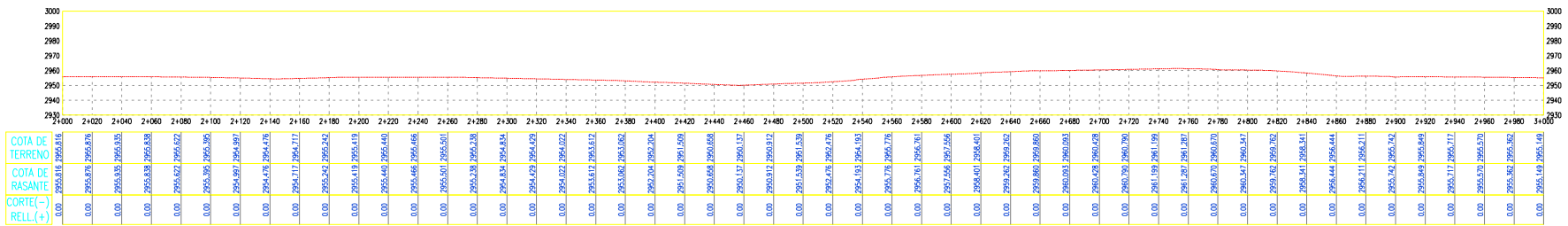
ESCALA: INDICADA
FECHA: 28/05/25

LAMINA:

PL 02



PLANO DE PLANTA E.C. # 1/1000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL E.C. # 1/2000 # 1/2000



Universidad Nacional
Federico Villarreal



Facultad de
Ingeniería Civil

PROYECTO DE TESIS:

"EVALUACION Y COMPARACION DE METODOLOGIAS VIZAR Y PCI EN PATOLOGIAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEANICA (TRAMO CHALHUANCA - HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRIA, LIMA - 2024".

TESISTA:

YANN HAASER FANOLA VEGA

PLANO:

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

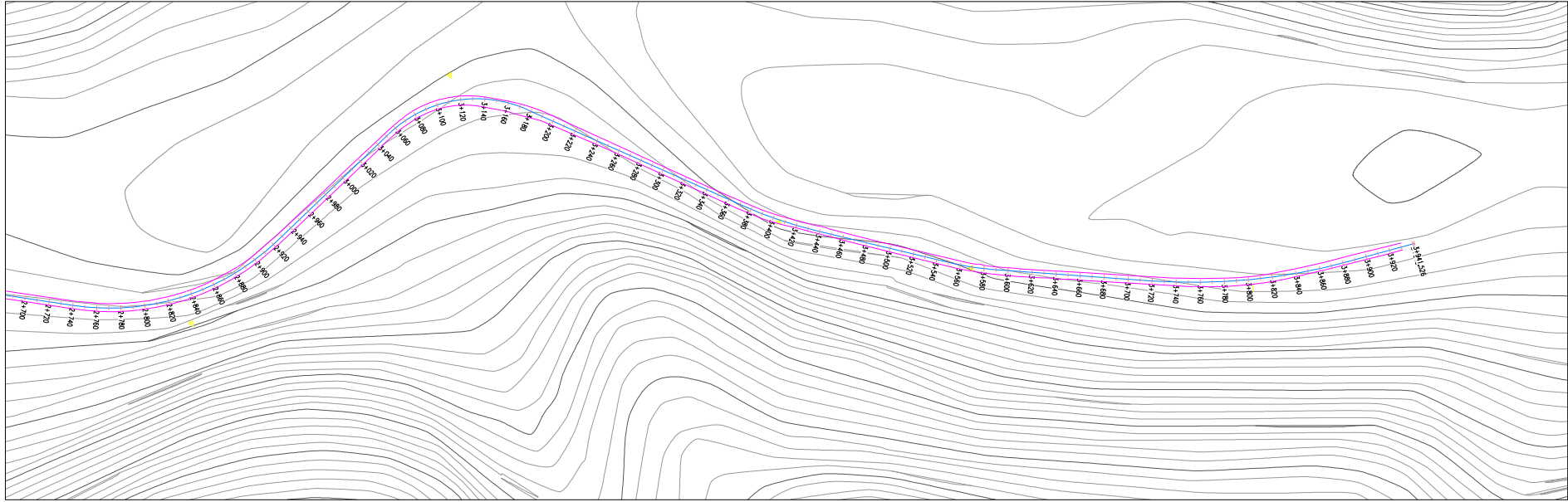
KM: 2+000 - 3+000.00

REGION: APURIMAC
PROVINCIA: AYMARAEAS
DISTRITO: CHALHUANCA

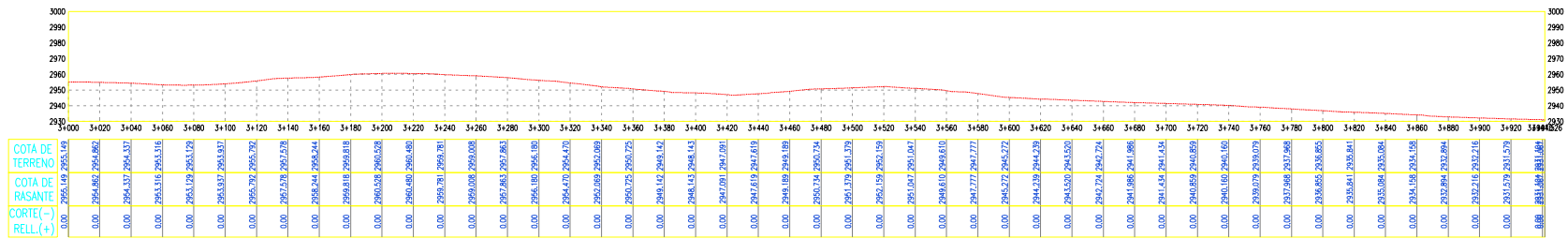
ESCALA: INDICADA
FECHA: 28/05/25

LAMINA:

PL 03



PLANO DE PLANTA E.C. # 1/1000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL E.C. # 1/2000 # 1/2000



Universidad Nacional
Federico Villarreal



Facultad de
Ingeniería Civil

PROYECTO DE TESIS:

"EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZAR Y PCI EN PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEANICA (TRAMO CHALHUANCA - HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAFÍA, LIMA - 2024".

TESISTA:

YANN HAASER FANOLA VEGA

PLANO:

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

KM: 3+000 - 3+941.526

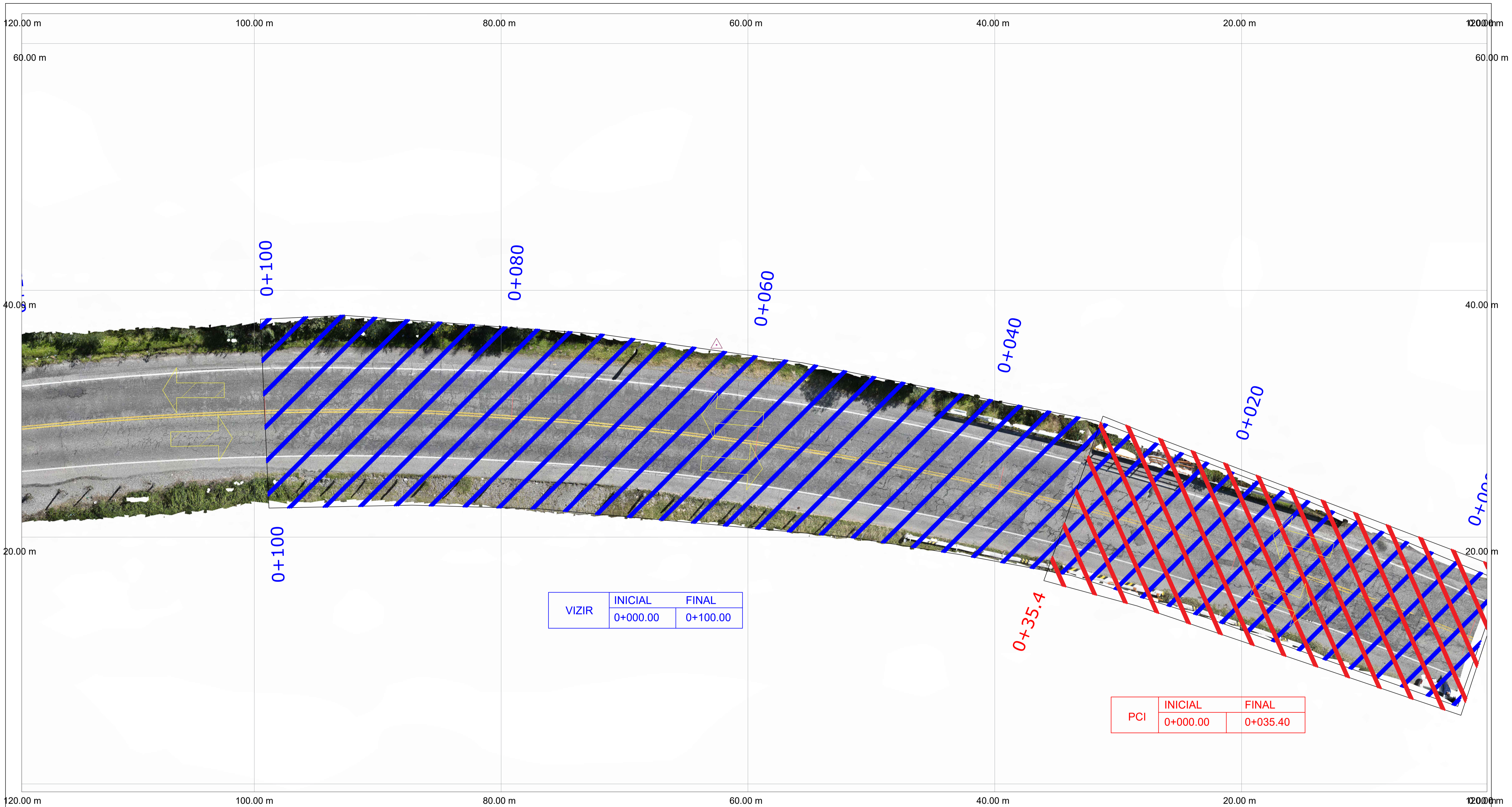
REGION: APURÍMAC
PROVINCIA: AYMARÉS
DISTRITO: CHALHUANCA

ESCALA: INDICADA
FECHA: 28/05/25

LÁMINA:

PL 04

ANEXO F. PLANO EN PLANTA



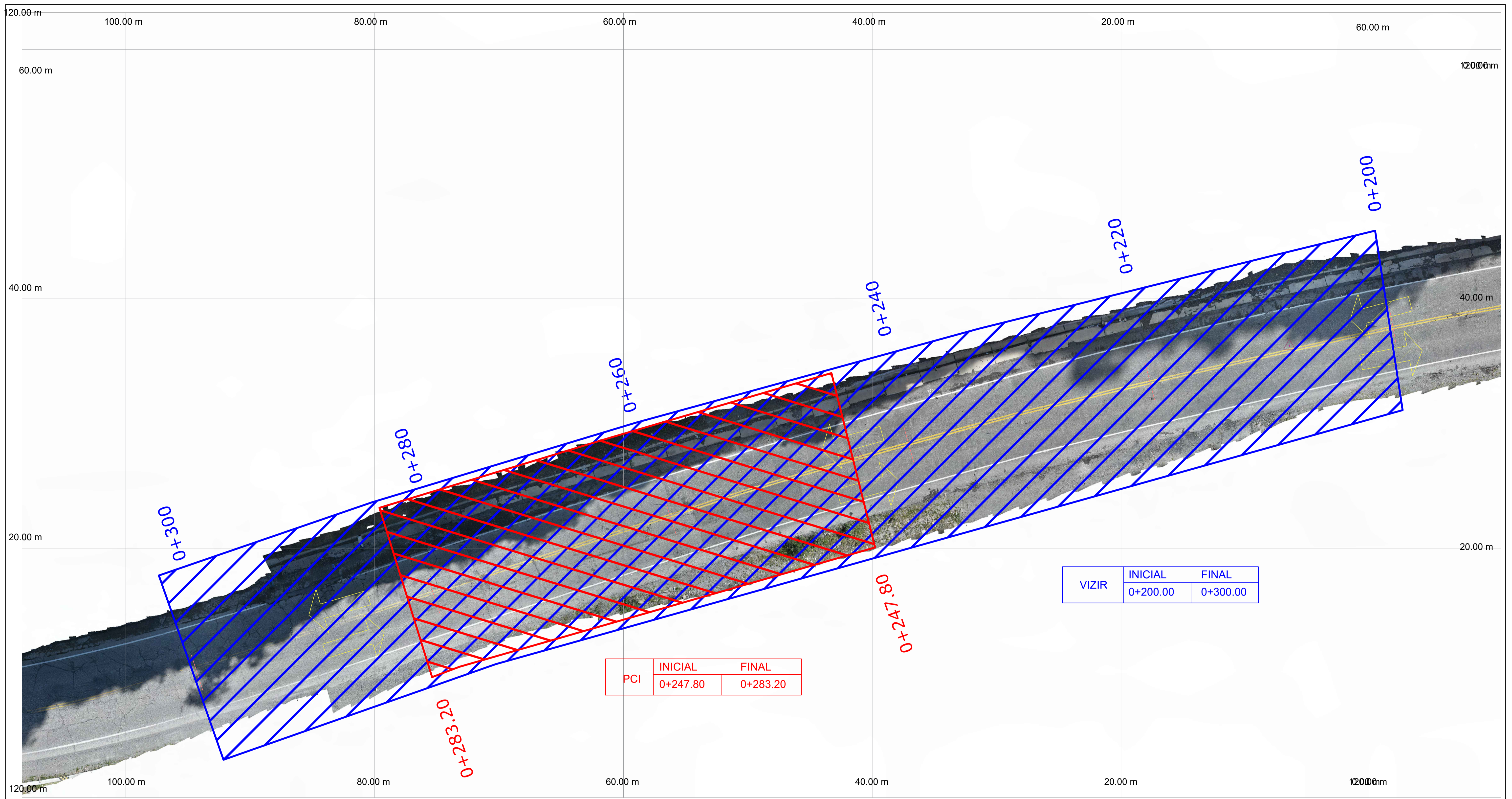
PLANO TRAMO 01 - M.01
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:	Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, Ima-2024		
REGIÓN : APURÍMAC	Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY	Escala:	Fecha:	M-01
DISTRITO : AYMARAEAS	INDICADAS	OCT-2025	
SECTOR : CHALHUANCA			

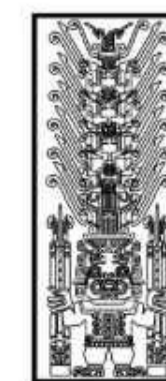


VIZIR	INICIAL	FINAL
	0+200.00	0+300.00

PCI	INICIAL	FINAL
	0+247.80	0+283.20

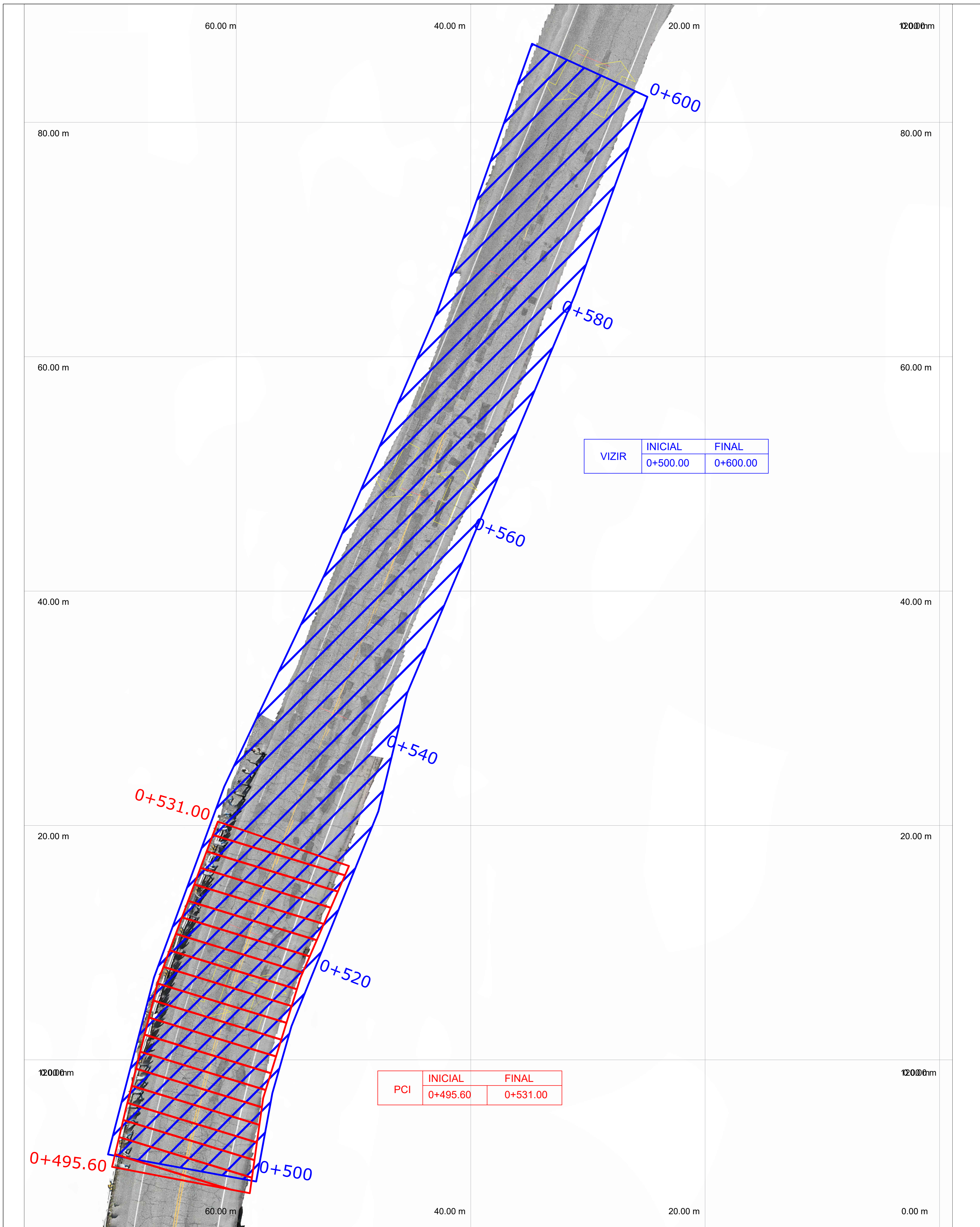
PLANO TRAMO 02 - M.02
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



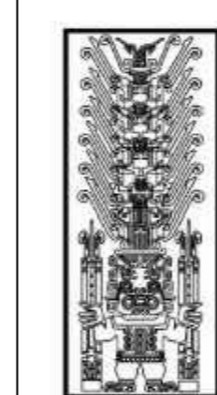
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, Ima-2024	
REGIÓN :	APURÍMAC	Alumno:	YANN HAASER FANOLA VEGA
PROVINCIA :	ABANCAY	Diseño:	INDICADAS
DISTRITO :	AYMARAE	Fecha:	OCT-2025
SECTOR :	CHALHUANCA		M-02



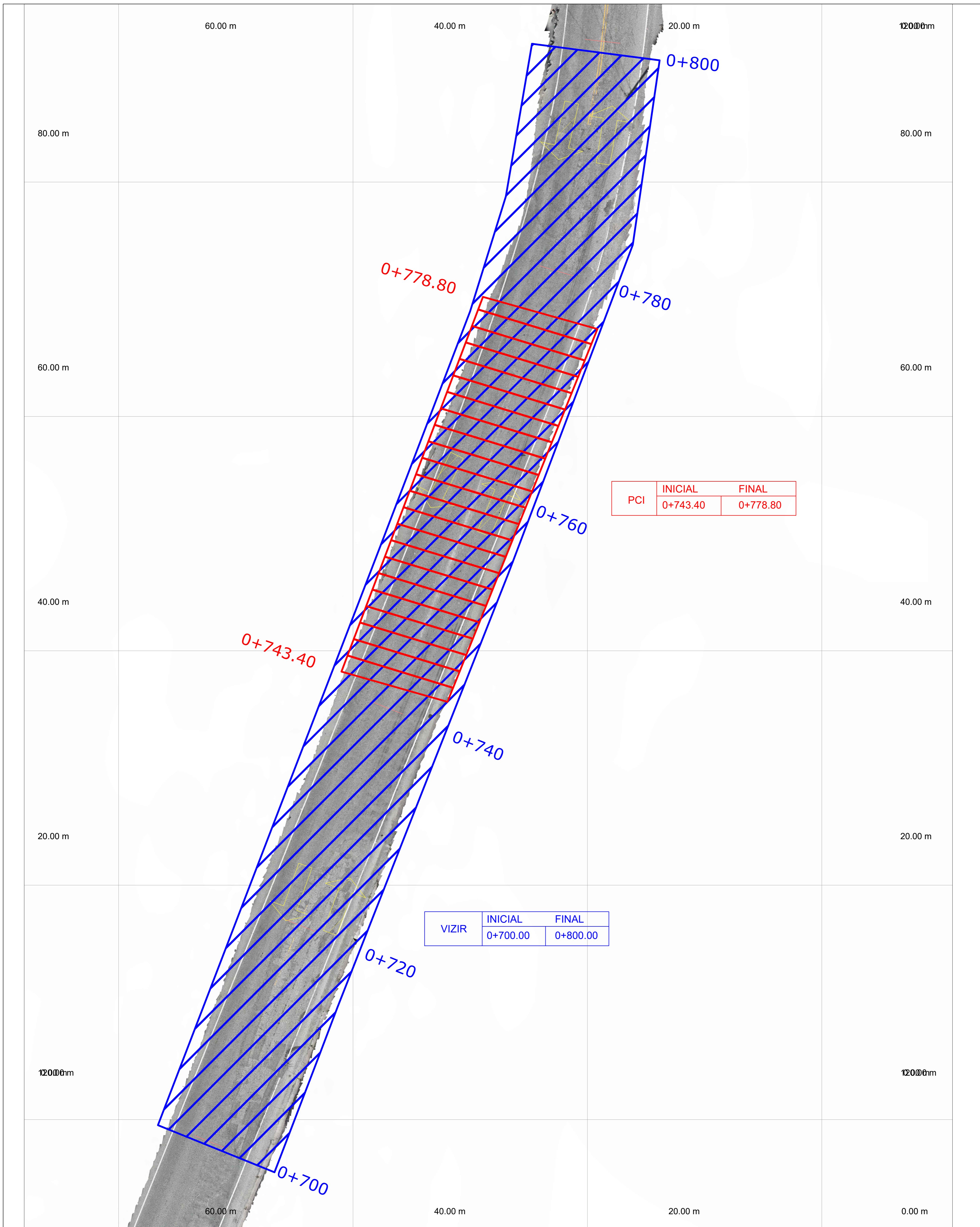
PLANO TRAMO 03 - M.03
Escala: 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
REGIÓN : APURÍMAC		Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY		Diseño:	Escala:	Fecha:
DISTRITO : AYMARAEES		INDICADAS		OCT-2025
SECTOR : CHALHUANCA				M-03



	INICIAL	FINAL
PCI	0+743.40	0+778.80

	INICIAL	FINAL
VIZIR	0+700.00	0+800.00

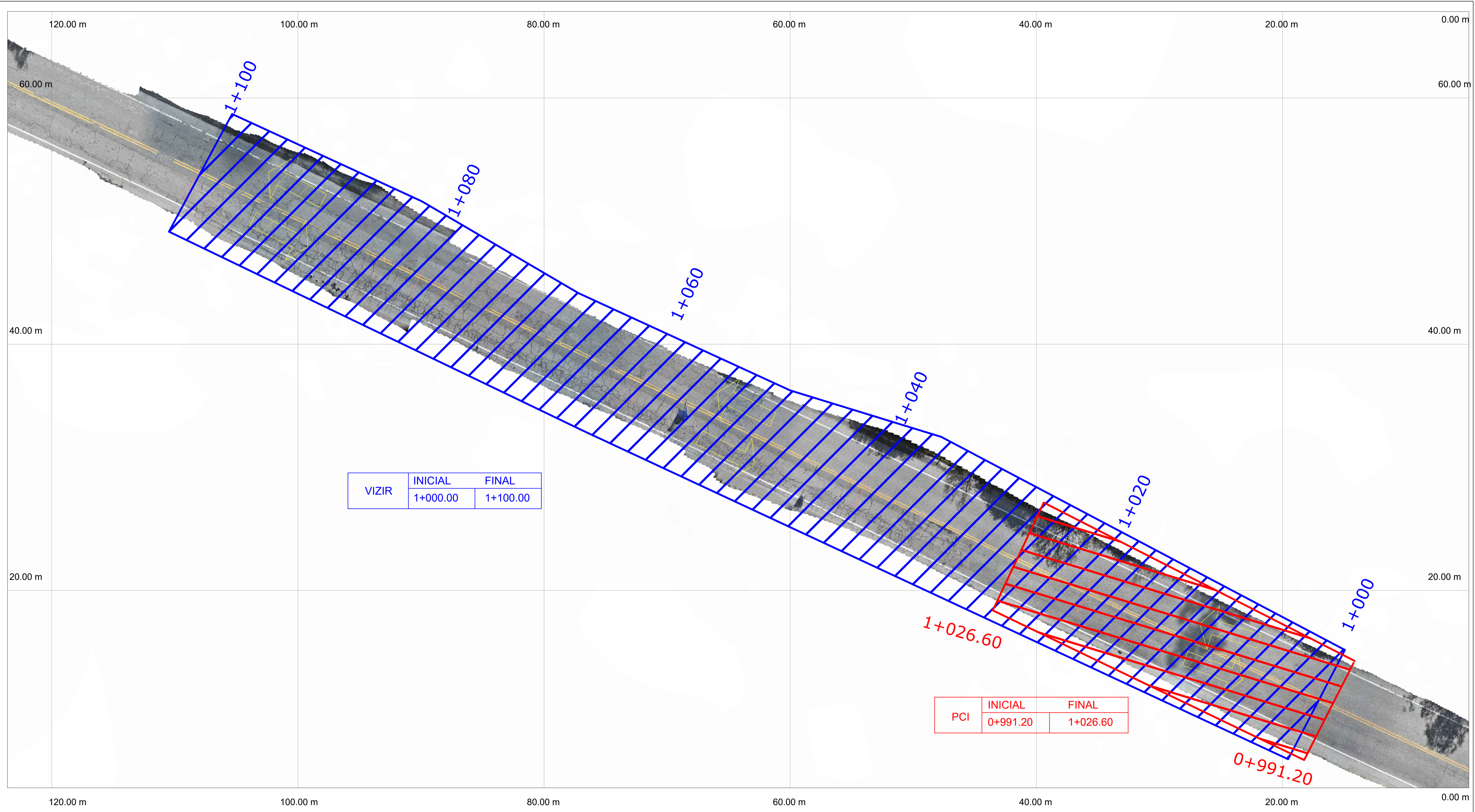
PLANO TRAMO 0+ - M.0+
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



**Universidad Nacional
Federico Villarreal**

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
REGIÓN : APURÍMAC		Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY		Diseño:	Escala:	Fecha:
DISTRITO : AYMARAEES		INDICADAS	OCT-2025	M-04
SECTOR : CHALHUANCA				

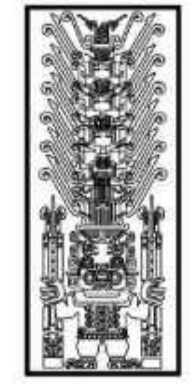


VIZIR	INICIAL	FINAL
	1+000.00	1+100.00

PCI	INICIAL	FINAL
	0+991.20	1+026.60

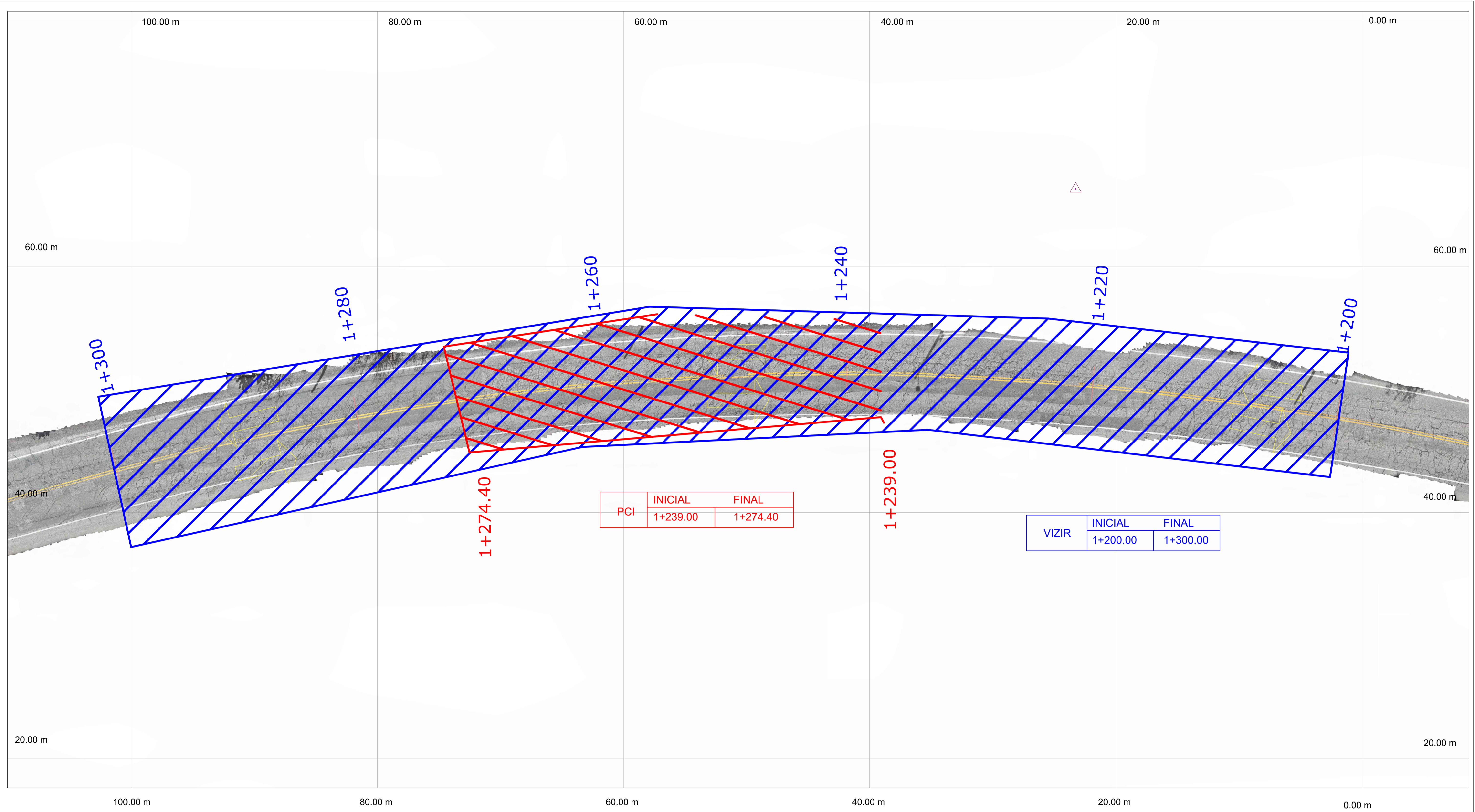
PLANO TRAMO 05 - M.05
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



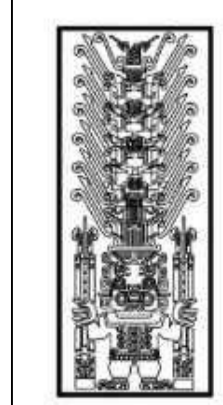
**Universidad Nacional
Federico Villarreal**

Ubicación:	Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, lima-2024		
REGIÓN : APURÍMAC	Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY	Diseño: INDICADAS		
DISTRITO : AYMARAE	Fecha:	OCT-2025	M-05
SECTOR : CHALHUANCA			



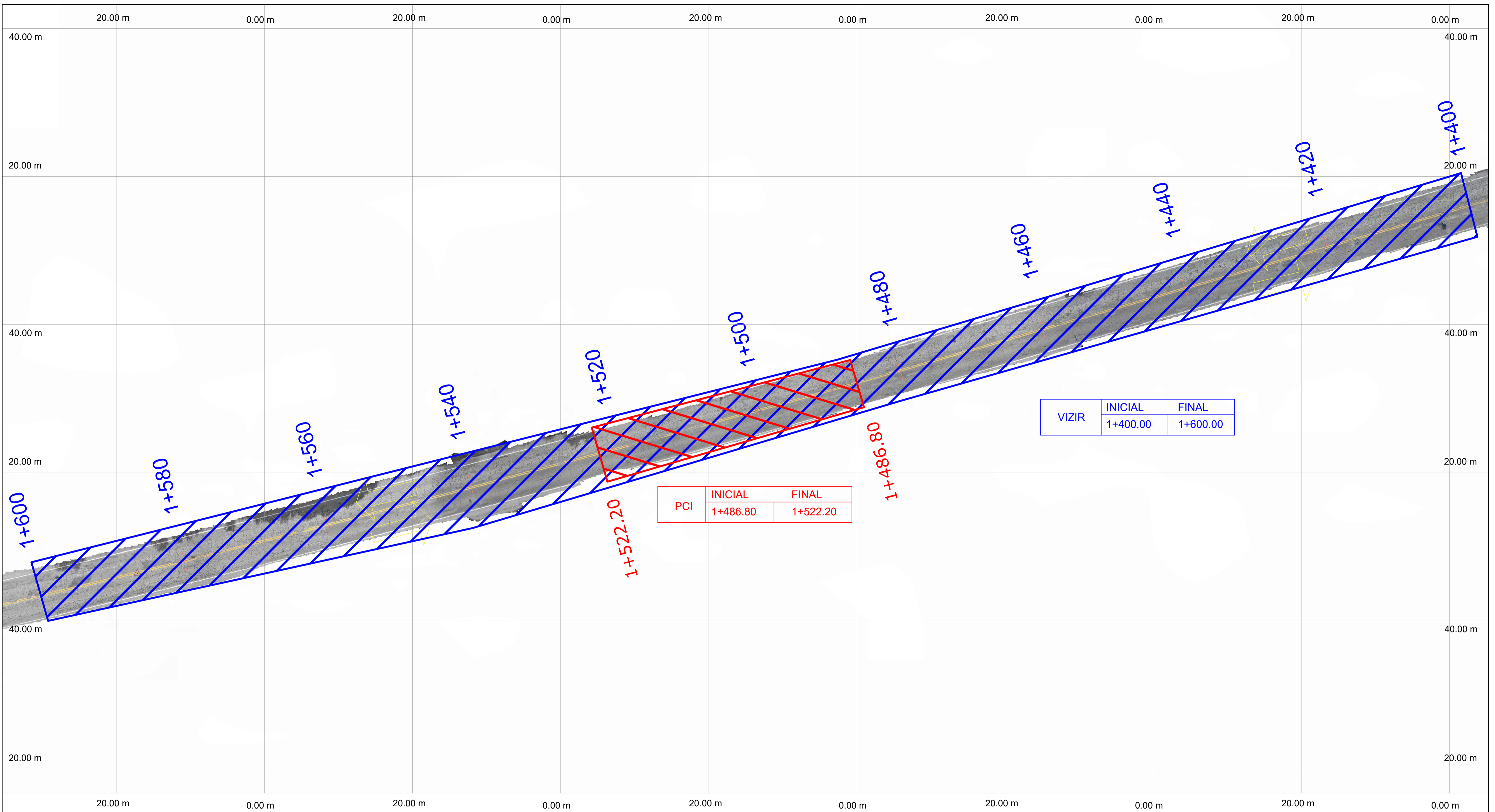
PLANO TRAMO 06 - M.06
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



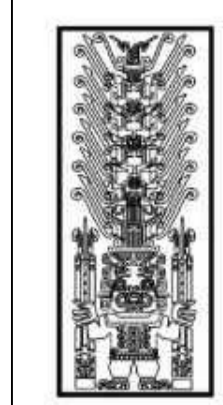
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:	Proyecto:
REGIÓN : APURÍMAC	Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, lima-2024
PROVINCIA : ABANCAY	Alumno:
DISTRITO : AYMARAE	YANN HAASER FANOLA VEGA
SECTOR : CHALHUANCA	Diseño:
	Escala:
	Fecha:
	INDICADAS
	OCT-2025
	M-06



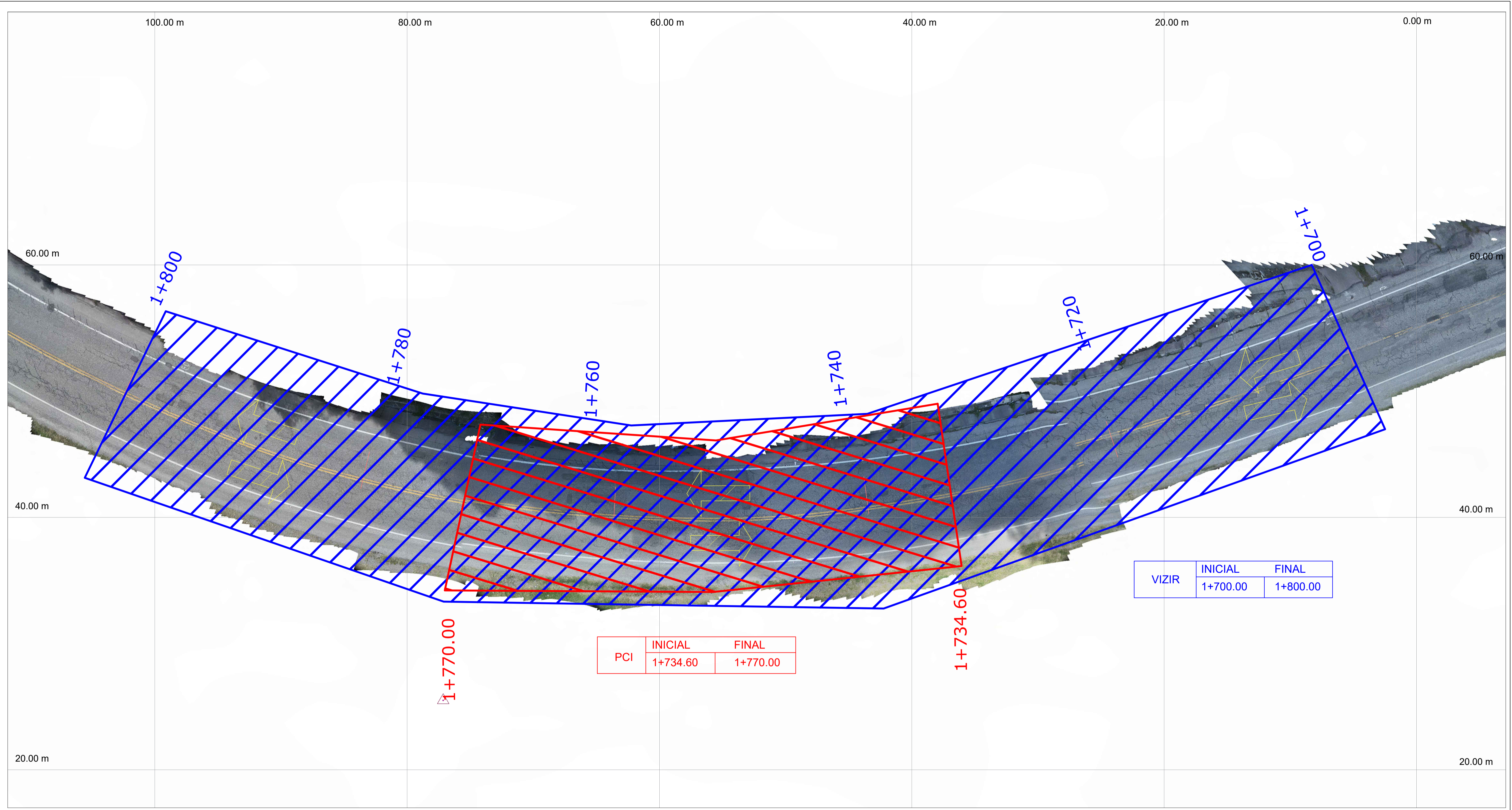
PLANO TRAMO 07 - M.07-08
Esc. 1/250

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:	Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, lima-2024		
REGIÓN : APURÍMAC	Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY	Escala:	Fecha:	M-7-8
DISTRITO : AYMARAE	INDICADAS	OCT-2025	
SECTOR : CHALHUANCA			

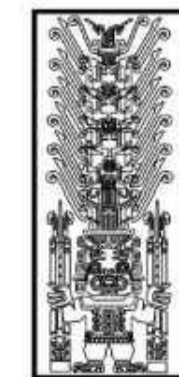


VIZIR	INICIAL	FINAL
	1+700.00	1+800.00

PCI	INICIAL	FINAL
	1+734.60	1+770.00

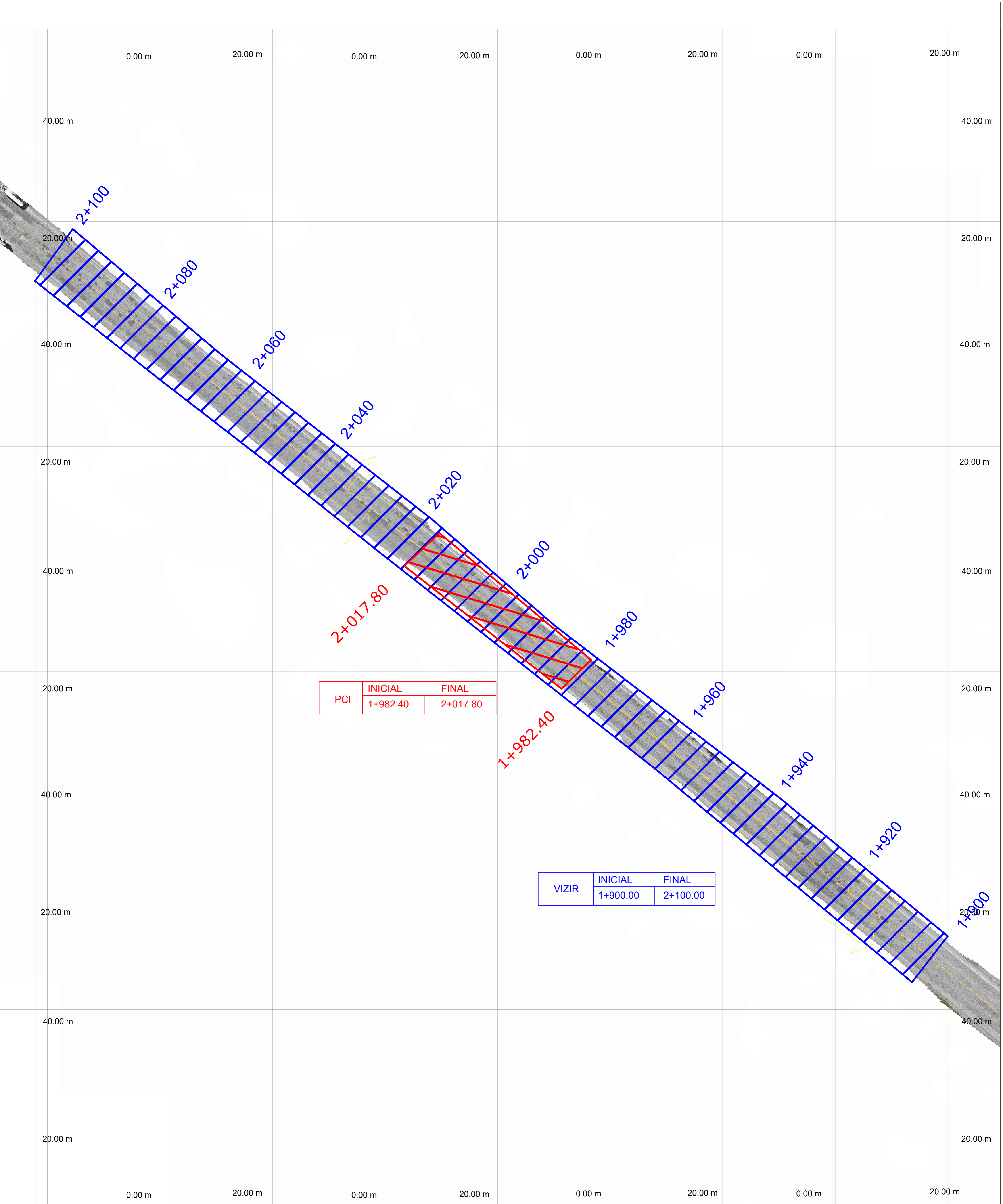
PLANO TRAMO 09 - M.09
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



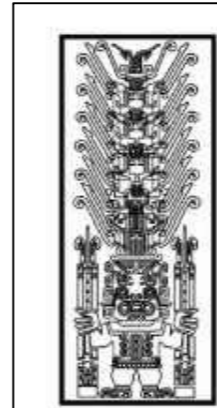
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:	Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, Ima-2024		
REGIÓN : APURÍMAC	Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY	Escala:	Fecha:	M-09
DISTRITO : AYMARAE	INDICADAS	OCT-2025	
SECTOR : CHALHUANCA			



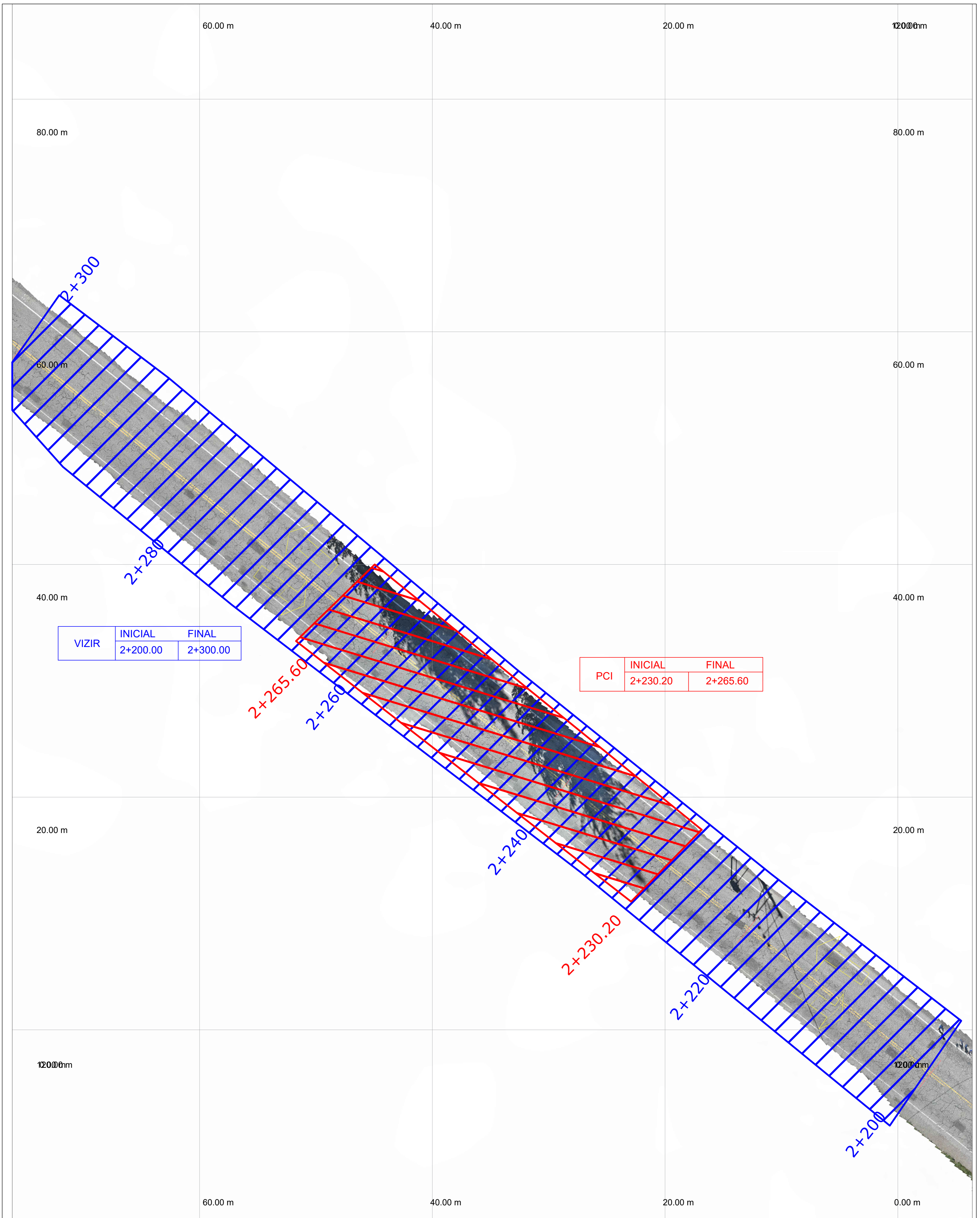
PLANO TRAMO 10-11 - M.10-11
Esc. 1/250

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



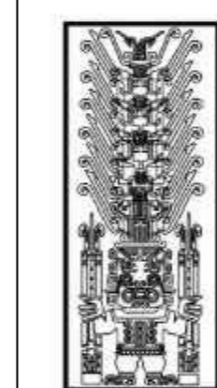
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
REGIÓN : APURÍMAC		Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY		Diseño:	Escala:	Fecha:
DISTRITO : AYMARAE		INDICADAS		OCT-2025
SECTOR : CHALHUANCA		M-10-11		



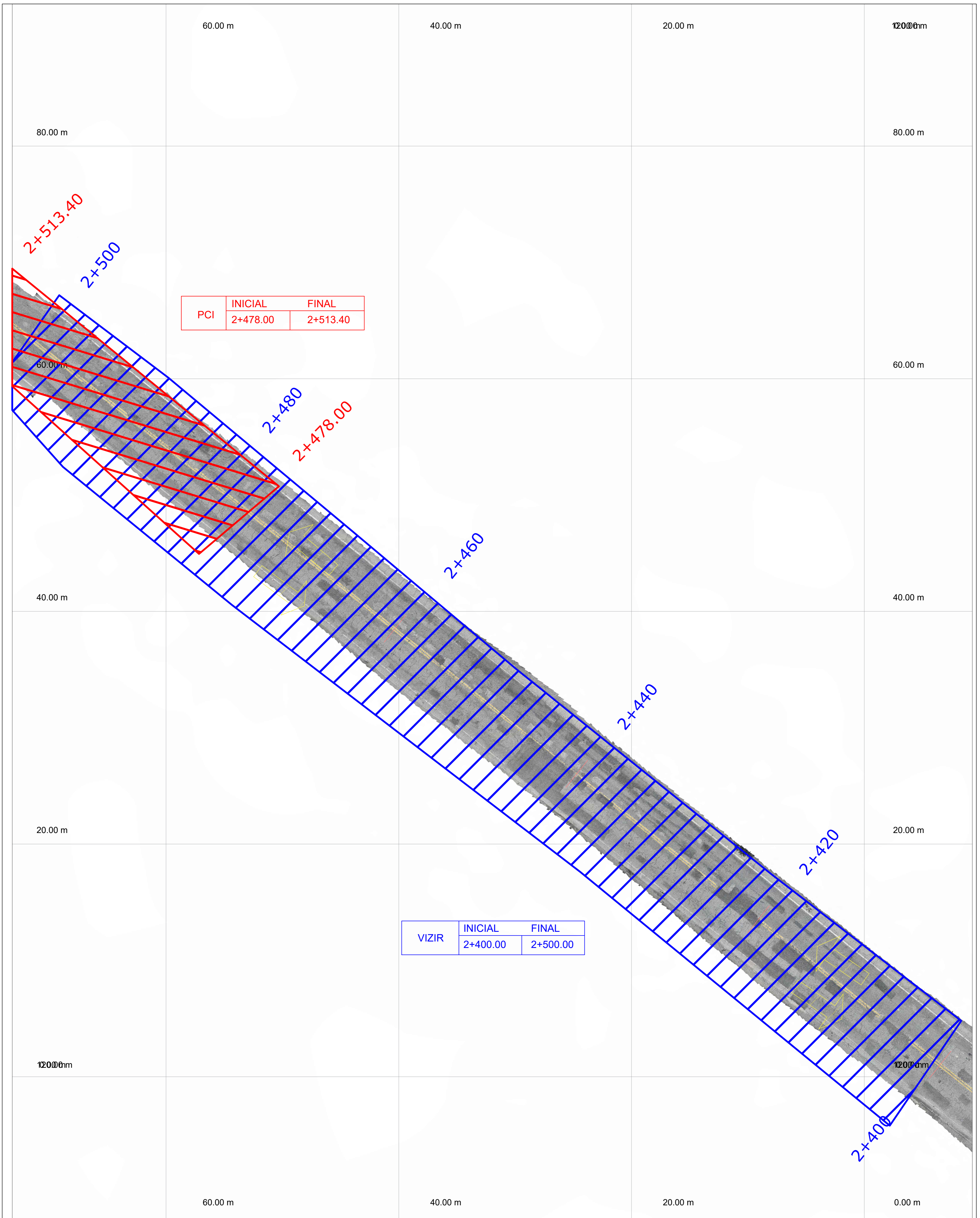
PLANO TRAMO 12 - M.12
Escala: 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



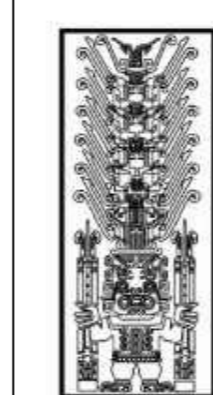
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto:	
REGIÓN : APURÍMAC	PROVINCIA : ABANCAY	Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024	
DISTRITO : AYMARAEES	SECTOR : CHALHUANCA	Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA	
Diseño:	Escala:	Fecha:	M-12
	INDICADAS	OCT-2025	



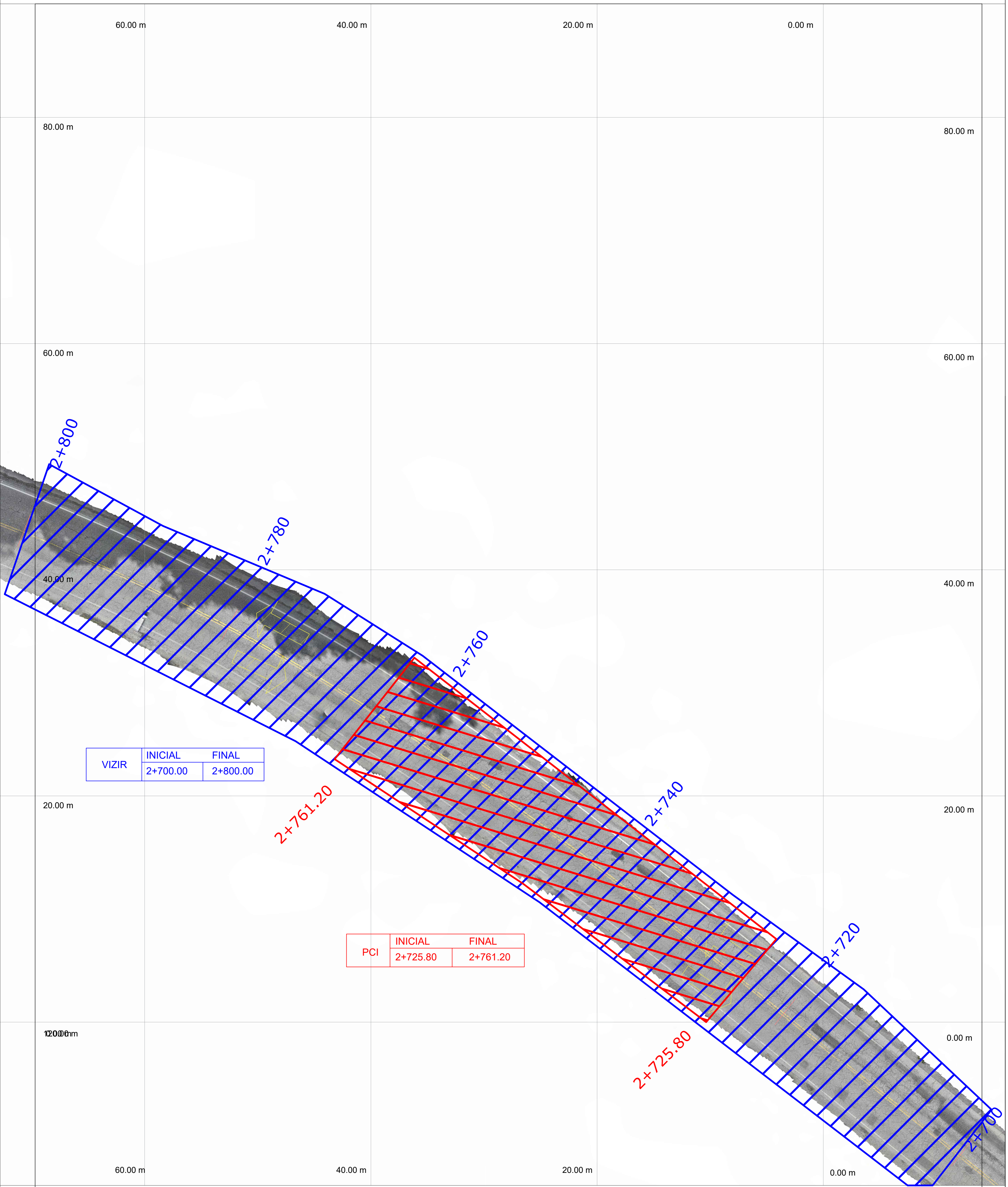
PLANO TRAMO 13 - M.13
Escala: 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



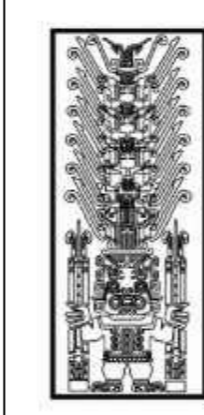
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
REGION : APURÍMAC		Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY		Diseño: INDICADAS		
DISTRITO : AYMARAEAS		Escala: OCT-2025		Fecha: M-13
SECTOR : CHALHUANCA				



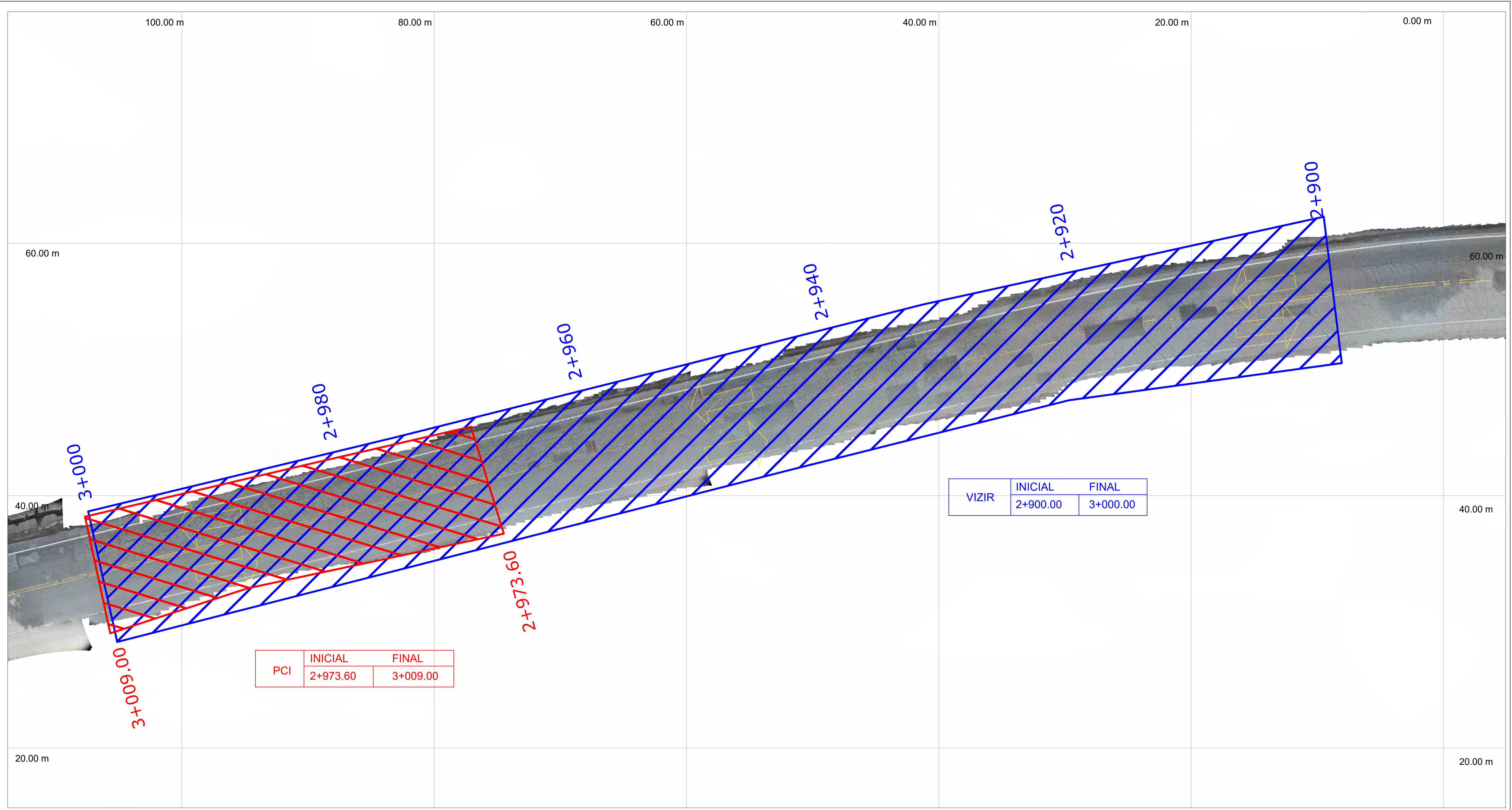
PLANO TRAMO 15 - M.15
Escala: 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
REGIÓN : APURÍMAC		Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY		Diseño: INDICADAS		
DISTRITO : AYMARAEES		Escala: OCT-2025		Fecha: M-15
SECTOR : CHALHUANCA				

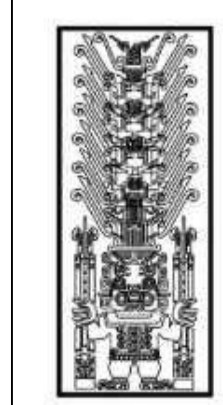


VIZIR	INICIAL	FINAL
	2+900.00	3+000.00

PCI	INICIAL	FINAL
	2+973.60	3+009.00

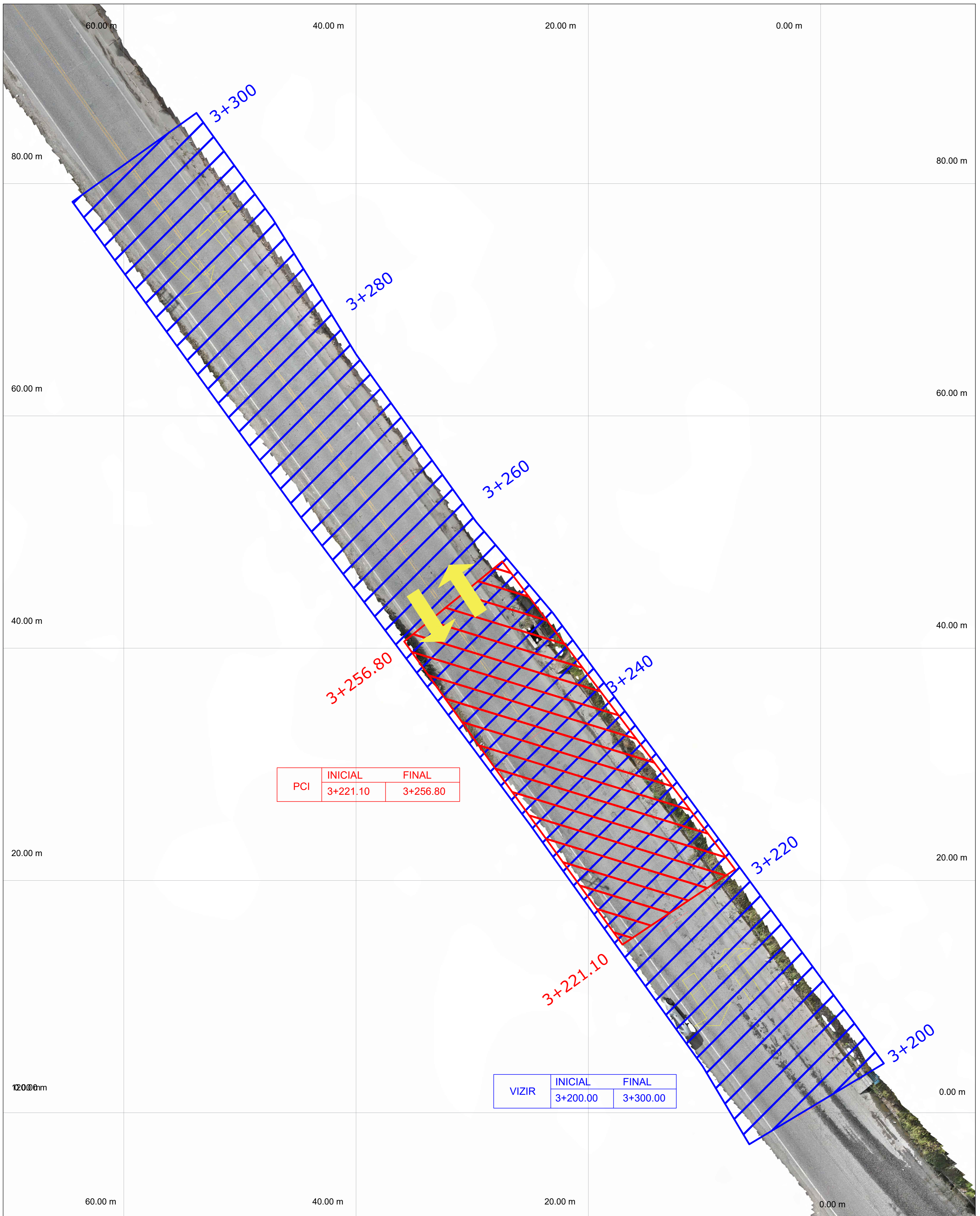
PLANO TRAMO 16-M.16
Esc. 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



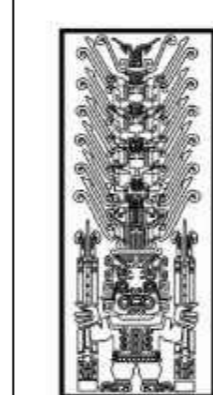
**Universidad Nacional
Federico Villarreal**

Ubicación:	Proyecto:	Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, lima-2024	
REGIÓN : APURÍMAC	Alumno:	YANN HAASER FANOLA VEGA	
PROVINCIA : ABANCAY	Diseño:	INDICADAS	Fecha:
DISTRITO : AYMARAE			OCT-2025
SECTOR : CHALHUANCA			M-16



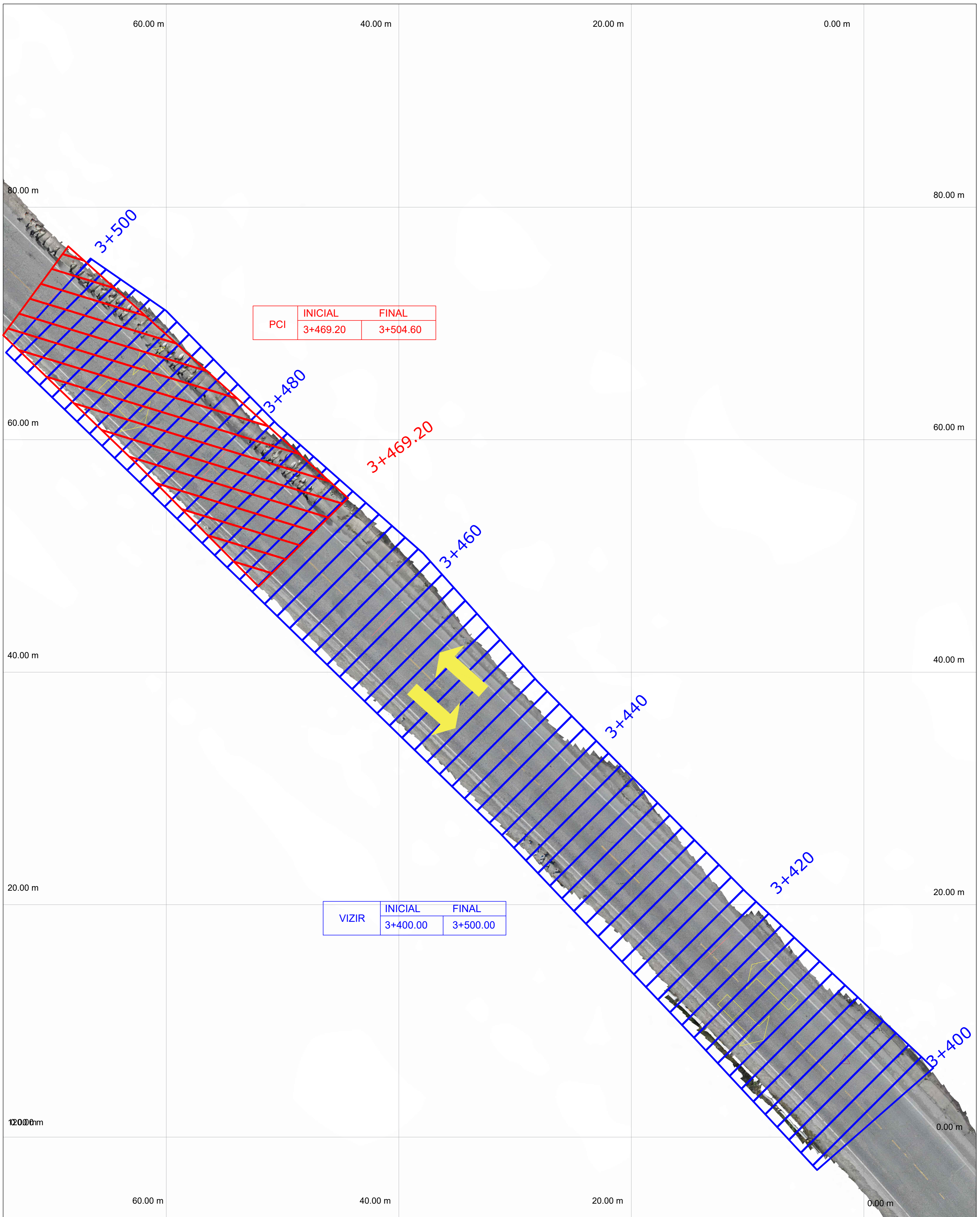
PLANO TRAMO 17 - M.17
Escala: 1/150

LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI



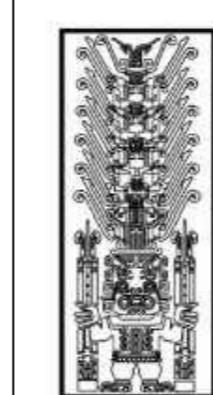
Universidad Nacional
Federico Villarreal

Ubicación:		Proyecto: Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
REGIÓN : APURÍMAC		Alumno: YANN HAASER FANOLA VEGA		
PROVINCIA : ABANCAY		Diseño:	Escala:	Fecha:
DISTRITO : AYMARAEES		INDICADAS		OCT-2025
SECTOR : CHALHUANCA		M-17		



PLANO TRAMO 18 - M.18
E.sc. 1/150

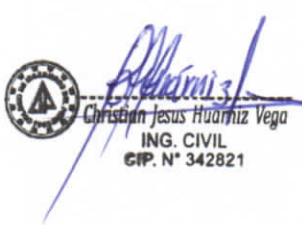


LEYENDA			
	CARRIL DERECHA DE CALZADA		MÉTODO VIZIR
	CARRIL IZQUIERDA DE CALZADA		MÉTODO PCI


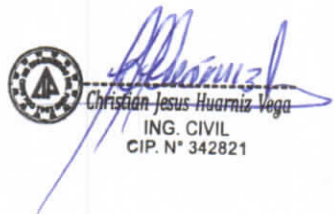




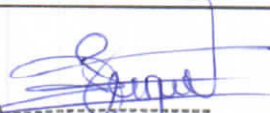

Universidad Nacional
Federico Villarreal


Ubicación:		Proyecto:		
REGION : APURÍMAC		Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI en patologías superficiales de la carretera interoceánica (Tramo Chalhuanca-Puente Huampuchaca), empleando fotogrametría, IIma-2024		
PROVINCIA : ABANCAY		Alumno:		
DISTRITO : AYMARAEES		YANN HAASER FANOLA VEGA		
SECTOR : CHALHUANCA		Diseño:	Escala:	Fecha:
		INDICADAS	OCT-2025	M-18

**ANEXO G. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE
DATOS**

FICHA DE VALIDACIÓN						
TÍTULO				Autor		
EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA, AYMARAES-2024				Bach. FANOLA VEGA YANN HAASER		
Variables empleadas	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS		
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3
V. independiente: Metodología de evaluación superficial aplicada (PCI y VIZIR)	Aplicación del método PCI	Índice PCI por unidad de análisis	Ficha PCI (ASTM D6433), ortomosaico fotogramétrico, verificación en campo	0.91	0.94	0.97
	Aplicación del método VIZIR	Índice VIZIR por unidad de análisis	Ficha VIZIR (INV E-813-13), ortomosaico fotogramétrico, verificación en campo	0.89	0.96	0.90
V. dependiente: Estado superficial del pavimento	Estado superficial según método PCI	Valor PCI Categoría de condición PCI	Índice PCI calculado a partir de fichas y ortomosaicos	0.98	0.90	0.95
	Estado superficial según método VIZIR	Valor VIZIR Categoría de condición VIZIR	Índice VIZIR obtenido con fichas y ortomosaicos	0.93	0.99	0.91
	Correlación entre metodologías	Coefficiente de correlación r (Pearson), ρ (Spearman) o τ (Kendall)	Software estadístico (RStudio, Excel)	0.97	0.92	0.90
	Concordancia de resultados	Índice de concordancia intraclass (ICC) Coefficiente de concordancia Kappa (ponderado)	Software estadístico (RStudio, Excel), ICC y Kappa ponderado	0.80	0.79	0.89
	Discrepancia de valores e incidencias	Diferencia porcentual promedio $\Delta\%$ entre índices PCI y VIZIR Razón de incidencias(R)	Excel y RStudio ($\Delta\%$ y razón de incidencias)	0.93	0.97	0.90
	Priorización híbrida de condición	Índice híbrido de condición (HCI) Categoría HCI por tramo	Índice HCI (combinación PCI-VIZIR), software estadístico (Excel, RStudio)	0.87	0.89	0.92
Interpretación del valor de la validez			Sumatoria	7.28	7.36	7.34
Valor de la validez obtenida	Interpretación					
0 a 0.60	Inaceptable		Sumatoria / (N° de Instrumentos)	0.91	0.92	0.92
> 0.60 ≤ 0.70	Deficiente					
> 0.70 ≤ 0.80	Aceptable					
> 0.80 ≤ 0.90	Buena		Promedio de la Validez obtenida	0.92		
> 0.90	Excelente					
  						

 Universidad Nacional Federico Villarreal	VALIDACION DE INSTRUMENTOS													
	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL													
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:	EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA, AYMARAES-2024													
AUTOR:	Bach. FANOLA VEGA YANN HAASER													
FECHA:	28/11/2025													
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Su redacción es comprensible.											X		
2. Objetividad	Está adecuado a las normas.												X	
3. Actualidad	Está de acuerdo a las necesidades reales de su investigación												X	
4. Organización	Existe una correlación adecuada.												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos											X		
6. Internacionalidad	Están adecuados para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. Consistencia	Está de acuerdo a los fundamentos científicos.											X		
8. Coherencia	Hay coherencia entre los problemas, objetivos e hipótesis.												X	
9. Metodología	Su estrategia responde una adecuada metodología.												X	
10. Pertinencia	Los instrumentos son de acuerdo al método científico.												X	
APORTES Y/O SUGERENCIAS														
PROMEDIO DE VALIDACIÓN:		92.8												
LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO														
PROCEDO SU APLICACIÓN		X												
DEBE CORREGIR														
		  Christian Jesus Huarniz Vega ING. CIVIL CIP. N° 342821												

 Universidad Nacional Federico Villarreal	VALIDACION DE INSTRUMENTOS																										
	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL																										
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																										
TESIS:	EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA, AYMARAES-2024																										
AUTOR:	Bach. FANOLA VEGA YANN HAASER																										
FECHA:	28/11/2025																										
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACPTABLE			ACEPTABLE																	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100													
1. Claridad	Su redacción es comprensible.											X															
2. Objetividad	Está adecuado a las normas.											X															
3. Actualidad	Está de acuerdo a las necesidades reales de su investigación											X															
4. Organización	Existe una correlación adecuada.												X														
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos												X														
6. Internacionalidad	Están adecuados para valorar las variables de la hipótesis.											X															
7. Consistencia	Está de acuerdo a los fundamentos científicos.												X														
8. Coherencia	Hay coherencia entre los problemas, objetivos e hipótesis.												X														
9. Metodología	Su estrategia responde una adecuada metodología.											X															
10. Pertinencia	Los instrumentos son de acuerdo al método científico.											X															
APORTES Y/O SUGERENCIAS																											
PROMEDIO DE VALIDACIÓN:		92																									
LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO		  Ing. Janet Medina Vega ING. CIVIL CIP. 130042																									
PROCEDO SU APLICACIÓN															X												
DEBE CORREGIR																											

 Universidad Nacional Federico Villarreal	VALIDACION DE INSTRUMENTOS													
	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL													
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:	EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI EN PATOLOGÍAS SUPERFICIALES DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA (TRAMO CHALHUANCA-PUENTE HUAMPUCHACA), EMPLEANDO FOTOGRAMETRÍA, AYMARAES-2024													
AUTOR:	Bach. FANOLA VEGA YANN HAASER													
FECHA:	28/11/2025													
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Su redacción es comprensible.													X
2. Objetividad	Está adecuado a las normas.													X
3. Actualidad	Está de acuerdo a las necesidades reales de su investigación													X
4. Organización	Existe una correlación adecuada.													X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos													X
6. Internacionalidad	Están adecuados para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. Consistencia	Está de acuerdo a los fundamentos científicos.												X	
8. Coherencia	Hay coherencia entre los problemas, objetivos e hipótesis.												X	
9. Metodología	Su estrategia responde una adecuada metodología.													X
10. Pertinencia	Los instrumentos son de acuerdo al método científico.													X
APORTES Y/O SUGERENCIAS														
PROMEDIO DE VALIDACIÓN:		93.8												
LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO														
PROCEDO SU APLICACIÓN		X												
DEBE CORREGIR														



Blas Carlos Kari Dávila
 ING. CIVIL
 CIP. N° 302449



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Mantenimiento general	Reparacion OK	Operatividad OK	Garantía 1 año OK	Nuevo OK
-----------------------	------------------	--------------------	----------------------	-------------

Equipo: Drone
Modelo: Drone Mavic 3 Enterprise
N° de serie: 1581F5FHD239900DE6JT

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro. : F002-001244
Fecha : 02/01/2024

ENTIDAD CERTIFICADORA: COSOLA GROUP S.A.C.

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS DRONES

Un drone es un Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS por sus siglas en español).
El MATRICES 300 RTK fue diseñado teniendo en cuenta los requisitos del mercado de topografía y mapeo de aviones datos de centímetro exactos en tiempo real y requiere menos puntos de control de tierra.

Distancia Diagonal	895 mm	
Máxima velocidad	31 mph (50 kph) (modo P)	36 mph (58 kph) (modo A)
Tiempo máximo de vuelo	Aprox. 30 minutos	
Rango ISO	Video: 100-3200 (Auto) 100-6400 (Manual) ;	Foto: 100-3200 (Auto) 100-12800 (Manual)
Precisión de posicionamiento	horizontal: 1.5 m (RMS) RTK Horizontal: 1 cm + 1 ppm (RMS) Vertical: 1.5 cm + 1 ppm (RMS)	Vertical: 0.5 m (RMS)

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Operatividad	Próxima Calibración	Observación
02/01/2024		X	1 año	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	RUC
COSOLA S.A.C.	GRUPO TERRA PERU S.A.C.	20608104811
	Firma y Sello	

ANEXO H. Panel photographic**Foto N°1**

Ubicación de la progresiva 0+000

**Foto N°2**

Verificación en campo Progresiva 0+000 al 0+100



Foto N°3

Verificación en campo parcheo progresiva 1+239 al 1+274

**Foto N°4**

Verificación en campo descascaramiento y ojos de pescado progresiva 1+239 al 1+274



Foto N°5

Verificación en campo piel de cocodrilo progresiva 1+400 al 1+500

**Foto N°6**

Verificación en campo piel de cocodrilo progresiva 1+400 al 1+500



Foto N°7

Verificación de severidad de fisuras y grietas 2+000 al 2+100

