

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**EFFECTIVIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA
FOTOGRAMETRÍA EN LA AUSCULTACIÓN DEL
PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE SAN JUDAS
TADEO - HUANCAYO - 2023**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. COSSIO PARIONA, Jhon Heber

Asesor Metodológico: Mg. Reynoso Oscanoa, Javier

Asesor Temático: Mg. Cardenas Capcha, Jesus Iden

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y urbanismo

Huancayo – Perú

2024

HOJAS DE ASESORES

ASESOR METODOLÓGICO

Mg. REYNOSO OSCANOVA, Javier

ASESOR TEMÁTICO

Mg. CARDENAS CAPCHA, Jesus Iden

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre y hermanos por ser ejemplo de trabajo, disciplina y superación durante el trayecto de mi vida.

Bach. Jhon Heber Cossio Pariona.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mis asesores Mg. Reynoso Oscanoa Javier y Cárdenas Capcha, Jesús Iden por el apoyo y compartir sus conocimientos durante todo el desarrollo de la tesis.

Bach. Jhon Heber Cossio Pariona.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0086 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulado:

EFFECTIVIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA FOTOGRAMETRÍA EN LA AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE SAN JUDAS TADEO - HUANCAYO - 2023

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. COSSIO PARIONA JHON HEBER
Facultad : INGENIERÍA
Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
Asesor(a) Metodología : MG. JAVIER REYNOSO OSCANO
Asesor(a) Tematico : MG. JESUS IDEN CARDENAS CAPCHA

Fue analizado con fecha 15/02/2024; con 141 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

X
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de 19 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 19 de febrero de 2024.



DR. HILARIO ROMERO GIRON
JEFE (e)

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera.
PRESIDENTE

Mg. Alcides Luis Fabian Brañez.
JURADO

Mg. Nataly Lucia Cordova Zorrilla.
JURADO

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil
JURADO

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
SECRETARIO DOCENTE

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPÍTULO I	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	20
1.2 Delimitación del problema.....	23
1.2.1 Delimitación espacial.....	23
1.2.2 Delimitación económica.....	24
1.2.3 Delimitación temporal.....	24
1.3 Formulación del problema.....	25
1.3.1 Problema general.....	25
1.3.2 Problemas específicos.....	25
1.4 Justificación.....	25
1.4.1 La justificación social.....	25
1.4.2 La justificación teórica.....	26
1.4.3 La justificación metodológica.....	26
1.5 Objetivos.....	26
1.5.1 Objetivo general.....	26
1.5.2 Objetivos específicos.....	26
CAPÍTULO II	28
MARCO TEÓRICO.....	28
2.1 Antecedentes	28

2.1.1	Antecedentes internacionales.....	28
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	31
2.2	Bases teóricas o científicas.....	33
2.2.1	La fotogrametría.....	33
2.2.2	Auscultación de pavimentos.....	39
2.2.3	Efectividad técnico económica.....	42
2.3	Marco conceptual.....	44
2.3.1	Fotogrametría.....	44
2.3.2	Auscultación de pavimentos.....	45
CAPÍTULO III.....		46
HIPÓTESIS.....		46
3.1	Hipótesis general.....	46
3.2	Hipótesis específicas.....	46
3.3	Variables.....	47
3.3.1	Definición conceptual de las variables.....	47
3.3.2	Definición operacional de las variables.....	47
CAPÍTULO IV.....		49
METODOLOGÍA.....		49
4.1	Método de la investigación.....	49
4.2	Tipo de investigación.....	49
4.3	Nivel de la investigación.....	50
4.4	Diseño de la investigación.....	50
4.5	Población y muestra.....	51
4.5.1	Población.....	51
4.5.2	Muestra.....	51
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54

4.6.1	Técnicas.....	54
4.6.2	Instrumentos.....	55
4.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	55
4.7.1	Procesamiento de la información.....	55
4.7.2	Técnicas y análisis de datos.....	64
4.8	Aspectos éticos de la investigación.....	69
CAPÍTULO V.....		70
RESULTADOS.....		70
5.1	Descripción del diseño tecnológico.....	70
5.2	Descripción de resultados.....	72
5.2.1	Resultados del objetivo específico 1.....	72
5.2.2	Resultados del objetivo específico 2.....	85
5.2.3	Resultados del objetivo específico 3.....	86
5.2.4	Procesamiento estadístico de los resultados.....	88
5.3	Contrastación de la hipótesis.....	92
5.3.1	Prueba de hipótesis específicas.....	92
5.3.2	Prueba de hipótesis general.....	99
CAPÍTULO VI.....		101
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		101
CONCLUSIONES.....		104
RECOMENDACIONES.....		105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		106
ANEXOS.....		110
Anexo N°01.	Matriz de consistencia.....	110
Anexo N°02.	Matriz de operacionalización de variables.....	111
Anexo N°03.	Matriz de operacionalización de instrumentos.....	112

Anexo N°04.Formatos para evaluación del PCI.....	113
Anexo N°05 Validación de instrumentos por juicios de expertos.....	136
Anexo N°06. Panel fotográfico.....	139

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Necesidades de inversión total hasta de 2030 en infraestructura caminera</i>	21
Tabla 2.1 <i>Tipos de deterioros en pavimentos rígidos</i>	40
Tabla 2.2 <i>Rangos de clasificación del PCI</i>	41
Tabla 2.3 <i>Daños en carreteras con superficie en concreto hidráulico</i>	41
Tabla 3.1 <i>Operacionalización de variables</i>	48
Tabla 4.1 <i>Longitud de la losa según la progresiva</i>	52
Tabla 4.2 <i>Cantidad de unidades de muestreo</i>	53
Tabla 4.3 <i>Parámetros de las 3 misiones de vuelo</i>	58
Tabla 4.4 <i>Coordenadas de los puntos de control tomados con GPS diferencial</i>	62
Tabla 4.5 <i>Unidades de muestreo del pavimento en estudio</i>	64
Tabla 5.1 <i>Características de la calle San Judas Tadeo</i>	70
Tabla 5.2 <i>Diseño empleado para la investigación</i>	71
Tabla 5.3 <i>Fallas existentes en la UM 01 a diferentes alturas de vuelo</i>	73
Tabla 5.4 <i>Comparación del PCI en la UM 01</i>	73
Tabla 5.5 <i>Fallas existentes en la UM 02 a diferentes alturas de vuelo</i>	74
Tabla 5.6 <i>Comparación del PCI en la UM 02</i>	74
Tabla 5.7 <i>Fallas existentes en la UM 03 a diferentes alturas de vuelo</i>	75
Tabla 5.8 <i>Comparación del PCI en la UM 03</i>	76
Tabla 5.9 <i>Fallas existentes en la UM 04 a diferentes alturas de vuelo</i>	77
Tabla 5.10 <i>Comparación del PCI en la UM 04</i>	77
Tabla 5.11 <i>Fallas existentes en la UM 05 a diferentes alturas de vuelo</i>	78
Tabla 5.12 <i>Comparación del PCI en la UM 05</i>	78
Tabla 5.13 <i>Fallas existentes en la UM 06 a diferentes alturas de vuelo</i>	79
Tabla 5.14 <i>Comparación del PCI en la UM 06</i>	79
Tabla 5.15 <i>Fallas existentes en la UM 07 a diferentes alturas de vuelo</i>	80

Tabla 5.16 <i>Comparación del PCI en la UM 07</i>	81
Tabla 5.17 <i>Fallas existentes en la UM 08 a diferentes alturas de vuelo</i>	81
Tabla 5.18 <i>Comparación del PCI en la UM 08</i>	82
Tabla 5.19 <i>Resumen del PCI obtenido con dron a diferentes alturas de vuelo</i>	82
Tabla 5.20 <i>Tiempo utilizado para los trabajos en campo</i>	85
Tabla 5.21 <i>Tiempo utilizado para los trabajos en gabinete</i>	86
Tabla 5.22 <i>Tiempo requerido para los trabajos de campo y de gabinete</i>	86
Tabla 5.23 <i>Costo total de la evaluación a una altura de vuelo de 60 m</i>	87
Tabla 5.24 <i>Costo total de la evaluación a una altura de vuelo de 90 m</i>	87
Tabla 5.25 <i>Costo total de la evaluación a una altura de vuelo de 120 m</i>	88
Tabla 5.26 <i>Resumen de costo total de la evaluación a diferentes alturas</i>	88
Tabla 5.27 <i>Estadísticas de grupo del PCI con dron a 60 m y 90 m de altura de vuelo</i>	93
Tabla 5.28 <i>Prueba de muestras del PCI con dron a 60 y 90 m de altura</i>	94
Tabla 5.29 <i>Estadísticas de grupo del PCI con dron a 60 y 120 m de altura de vuelo</i>	95
Tabla 5.30 <i>Prueba de muestras del PCI con dron a 60 y 120 m de altura</i>	96
Tabla 5.31 <i>Porcentaje de reducción del tiempo para la auscultación con dron</i>	97
Tabla 5.32 <i>Comparación del costo de la auscultación convencional y con dron</i>	98

CONTENIDO DE FIGURAS

<i>Figura 1.1.</i> Estados de pistas en puntos críticos.....	22
<i>Figura 1.2.</i> Estado actual del pavimento de la Calle San Judas Tadeo.....	23
<i>Figura 1.3.</i> Delimitación espacial del proyecto de investigación.....	24
<i>Figura 2.1.</i> Fotogrametría aérea.....	33
<i>Figura 2.2.</i> Representación de número de píxeles por imagen y calidad.....	34
<i>Figura 2.3.</i> Dron tipo multirrotor.....	35
<i>Figura 2.4.</i> Colocación de punto de control terrestre GCP.....	36
<i>Figura 2.5.</i> Ejes de pasada.....	36
<i>Figura 2.6.</i> Recubrimiento longitudinal y transversal.....	37
<i>Figura 2.7.</i> Grand sample distance.....	38
<i>Figura 2.8.</i> Procedimiento para auscultar una red de carreteras.....	39
<i>Figura 2.9.</i> Función de producción y eficacia técnica.....	42
<i>Figura 2.10.</i> La función de costos y la eficacia en costos.....	43
<i>Figura 4.1.</i> Reconocimiento de la zona de estudio.....	56
<i>Figura 4.2.</i> Ubicación de los puntos de control.....	57
<i>Figura 4.3.</i> Instalación de GPS diferencial South.....	57
<i>Figura 4.4.</i> Lectura de puntos de control con GPS diferencial.....	58
<i>Figura 4.5.</i> Armado de Dron Mavic 3E.....	59
<i>Figura 4.6.</i> Operación de Dron Mavic 3E.....	60
<i>Figura 4.7.</i> Extracción de las ortofotos.....	60
<i>Figura 4.8.</i> Obtención de la nube de puntos dispersa.....	61
<i>Figura 4.9.</i> Extracción de las coordenadas de los puntos de control.....	61
<i>Figura 4.10.</i> Proceso de georreferenciación de las ortofotos.....	62
<i>Figura 4.11.</i> Obtención de la nube de puntos densa en el programa.....	63
<i>Figura 4.12.</i> Obtención del ortomosaico.....	63

<i>Figura 4.13.</i> Ubicación de las unidades de muestra en la vía en estudio.....	65
<i>Figura 4.14.</i> Fallas existentes en el pavimento rígido en la UM 06.....	65
<i>Figura 4.15.</i> Registro de fallas en la UM 06.....	66
<i>Figura 4.16.</i> Cálculo del valor deducido para la falla de la losa dividida en la UM 06.....	67
<i>Figura 4.17.</i> Iteración de los máximos valores deducidos.....	67
<i>Figura 4.18.</i> Gráfico de las curvas del valor deducido para la UM 06.....	68
<i>Figura 5.1.</i> Ubicación en planta de las Calle San Judas Tadeo.....	71
<i>Figura 5.2.</i> Valores de PCI obtenidos con dron a diferentes alturas de vuelo.....	84
<i>Figura 5.3.</i> Variación de la clasificación de las UM con respecto a la altura de vuelo.....	89
<i>Figura 5.4.</i> Tiempo para la auscultación con dron a diferentes alturas.....	90
<i>Figura 5.5.</i> Costos de la auscultación con dron a diferentes alturas.....	91
<i>Figura 5.6.</i> Costos en la auscultación con dron a diferentes alturas de vuelo.....	91
<i>Figura 5.7.</i> Porcentaje de reducción del tiempo para la auscultación con dron.....	98
<i>Figura 5.8.</i> Comparación del costo de la auscultación con dron.....	99

RESUMEN

La presente tesis abordó el problema que existe en la dificultad de obtener información del estado de las vías de transporte para su posterior evaluación a nivel funcional, tuvo como objetivo determinar el resultado de la efectividad técnico - económica de la fotogrametría para la auscultación del pavimento rígido, la metodología utilizada fue método científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel utilizado fue correlacional y el diseño experimental. Los resultados obtenidos nos indicaron que la aplicación de la fotogrametría influye favorablemente, tanto técnica como económicamente en la auscultación del pavimento utilizando la metodología del PCI. Se concluye que la fotogrametría utilizando el dron DJI Mavic 3E entre las alturas de vuelo de 60 a 90 m tienen una incidencia minúscula en cálculo de PCI del pavimento, pero a una altura de vuelo de 120 m los datos obtenidos en el ortomosaico no son confiables para el cálculo del PCI. Se comprobó que el costo y el tiempo de la auscultación disminuye conforme aumenta la altura de vuelo del dron. La recomendación fue que la altura de vuelo óptima dependerá de la resolución de la cámara del dron, en este trabajo de investigación utilizando el dron DJI Mavic 3E cuya resolución de la cámara es de 20 megapíxeles la altura de vuelo óptima estuvo en el intervalo de 60 a 90 metros, para la fotogrametría con dron con una cámara de diferente resolución se debe determinar la altura de vuelo óptima para dicha resolución.

Palabras clave: **Fotogrametría, dron, auscultación, ortomosaico, pavimento.**

ABSTRACT

The present thesis addressed the problem that exists in the difficulty of obtaining information on the state of transportation routes for subsequent evaluation at a functional level. Its objective was to determine the result of the technical-economic effectiveness of photogrammetry for auscultation of rigid pavement, the methodology used was scientific method, the type of research was applied, the level used was correlational and the experimental design. The results obtained indicated that the application of photogrammetry favorably influences, both technically and economically, the auscultation of the pavement using the PCI methodology. It is concluded that photogrammetry using the DJI Mavic 3E drone between flight heights of 60 to 90 m has a minuscule impact on pavement PCI calculation, but at a flight height of 120 m the data obtained in the orthomosaic are not reliable. for calculating the PCI. It was proven that the cost and time of auscultation decreases as the flight height of the drone increases. The recommendation was that the optimal flight height will depend on the resolution of the drone's camera. In this research work using the DJI Mavic 3E drone whose camera resolution is 20 megapixels, the optimal flight height was in the range of 60 at 90 meters, for drone photogrammetry with a camera of different resolution, the optimal flight height for said resolution must be determined.

Keywords: **Photogrammetry, drone, auscultation, orthomosaic, pavement.**

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado: Efectividad técnico - económica de la fotogrametría en la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo - Huancayo - 2023, tiene la finalidad de determinar la medida en que influye la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición vial de pavimentos rígidos utilizando la metodología PCI.

La investigación es de importancia porque el uso de fotogrametría mediante drones para evaluar la condición de pavimentos sirvió para mejorar el proceso de auscultación, reduciendo costos y tiempos a comparación de los métodos convencionales. Asimismo, permitió saber que en un intervalo de altura de vuelo (de 60 a 90 metros) del dron DJI Mavic 3E la fotogrametría es confiable.

La metodología empleada es científica, de nivel correlacional, del tipo aplicada y el diseño es experimental.

La investigación está conformada por los siguientes capítulos:

En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema que está conformado por: la descripción de la realidad problemática, delimitación del problema, formulación del problema, la justificación y los objetivos.

En el Capítulo II se presenta el marco teórico que contiene los antecedentes internacionales y nacionales, las bases teóricas y científicas y el marco conceptual.

En el capítulo III, involucra la hipótesis general, hipótesis específicas y estudio de variables.

En el Capítulo IV se presenta la metodología en la cual se expone: el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación y el diseño de

investigación, así como también se define la población y la muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, las técnicas para procesamiento y análisis de datos.

En el Capítulo V corresponde a los resultados y la contrastación de la hipótesis.

En el Capítulo VI se realizó la discusión de resultados.

Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Jhon Heber Cossio Pariona.

El investigador

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El problema del presente trabajo de investigación se basó en la dificultad de obtener información del estado de las vías de transporte para su posterior evaluación a nivel funcional, para que de esta manera se pueda gestionar mejor los recursos destinados a la infraestructura vial.

A nivel internacional se cuenta con un estudio considerando a los países de América Latina y el Caribe con respecto a la infraestructura vial de la región el cual dice: El resultado de este análisis indica que la región necesita invertir alrededor de 310.690 millones de dólares en nueva infraestructura para garantizar la transitabilidad y ampliar la capacidad de la red caminera hasta el año 2030. Adicionalmente, deben considerarse las inversiones necesarias para mantener los activos existentes y reemplazar aquellos que lleguen al fin de su vida útil durante el período considerado. Estas inversiones adicionales alcanzan los 427.822 millones de dólares. Como consecuencia, para cerrar la brecha de acceso rural a la red caminera y alcanzar la meta fijada por el ODS-9, de acuerdo con la

interpretación dada en el presente trabajo, la inversión total de aquí a 2030 deberá llegar a 738.512 millones de dólares. Esto se traduce en necesidades anuales de inversión del orden de 1,04% del PBI regional. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021).

Tabla 1.1. *Necesidades de inversión total hasta 2030 en infraestructura caminera.*

PAÍS	NECESIDAD DE INVERSIÓN		TOTAL
	NUEVA INFRAESTRUCTURA	MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE ACTIVOS	
Argentina	25.716	41.680	67.396
Bolivia	14.440	14.083	28.523
Brasil	154.474	179.001	333.475
Chile	8.676	13.831	22.507
Colombia	21.481	32.146	53.627
Costa Rica	4.55	6.487	11.038
Ecuador	9.935	13.267	23.202
Guatemala	1.909	3.404	5.312
Honduras	1.630	2.178	3.808
Jamaica	2.309	3.467	5.776
México	38.023	81.425	119.448
Nicaragua	2.149	2.891	5.309
Panamá	1.826	3.284	5.110
Paraguay	3.384	4.901	8.285
Perú	16.296	19.470	35.766
República Dominicana	2.223	4.128	6.351
Suriname	391	357	748
Uruguay	1.007	1.824	2.832
Total América Latina y el Caribe	310.690	427.822	738.512
Inversión anual (%del PBI)	0.44%	0.60%	1.04%

Nota: Tomado de “Banco Interamericano de Desarrollo”, por Brichetti et al., 2021, p.105.

A nivel nacional, en el Perú en el año 2022 las inversiones en la Red Vial Nacional alcanzaron los S/ 2,111 millones, lo que correspondió a obras de mejoramiento con solución definitiva, construcción de puentes, liberaciones de predios, conservación de vías, elaboración de estudios, proyectos de Estado a Estado, entre otros. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a través de Provías Nacional, al cierre de este año, ejecuta obras con proyectos de rehabilitación y mejoramiento en 1,440 kilómetros de la red vial nacional no concesionada. Asimismo, informamos que a la fecha se acumula un total de

22,675 kilómetros de vías pavimentadas equivalente al 83.6% de la RVN. (PROVIAS NACIONAL, 2022).

A nivel local, en la ciudad de Huancayo, la Defensoría del Pueblo seleccionó 32 puntos críticos accidentes de tránsito con el propósito de supervisar las condiciones de infraestructura vial que podrían ejercer algún impacto en la producción de accidentes. Los principales resultados respecto del estado de las pistas indican que en 10 lugares las pistas se encuentran en buen estado, y en 22 se observan baches y grietas; y sobre la accesibilidad de veredas y rampas, 10 lugares tienen veredas en buen estado, 21 necesitan mantenimiento y en un punto las veredas son inexistentes. En cuanto a las rampas, sólo dos zonas tienen rampas accesibles, 26 puntos cuentan con rampas inaccesibles y 4 lugares supervisados carecen de las mismas. (Defensoría del Pueblo, 2016).

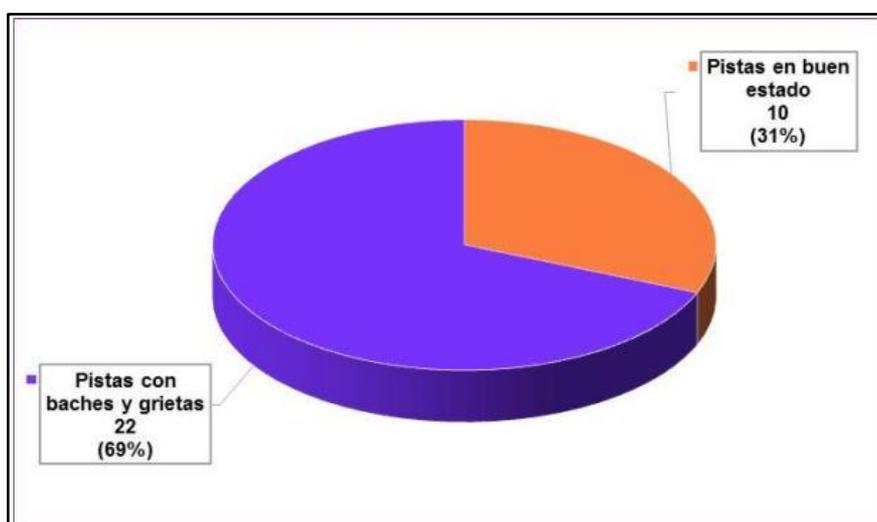


Figura 1.1. Estados de pistas en puntos críticos. Tomado de “Informe de Adjuntía N°002 -2016-DP/AMASPPI.SP”, por Defensoría del Pueblo 2016, p. 11.

Mediante lo descrito se pudo evidenciar que el Estado peruano destina altos montos de recursos económicos para la infraestructura vial del país, es por eso que esta investigación se interesó en utilizar la fotogrametría como

herramienta moderna, ya que en base a fotografías aéreas tomadas por drones se recolectaron información real de los pavimentos, para su posterior procesamiento mediante softwares y de esa forma se optimizaron los recursos en la auscultación de pavimentos y brindó información para la adecuada gestión de la infraestructura vial. En la figura 2 se observa una esquina de la calle San Judas Tadeo donde se evidencia la necesidad de un mantenimiento de la calzada para ofrecer una buena servicialidad a la población, la fotografía muestra la presencia de fallas como: parches, fisuras de esquina, losas divididas.



Figura 1.2.Estado actual del pavimento de la Calle San Judas Tadeo.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación espacial

En términos de la delimitación espacial, esta investigación se desarrolló a lo largo de la Calle San Judas Tadeo, cuyo pavimento rígido inicia en la Av. San Carlos y termina en la Av. Santivañez, pertenecientes al distrito de Huancayo en la provincia de Huancayo.



Figura 1.3. Delimitación espacial del proyecto de investigación.

1.2.2. Delimitación económica

Los costos que involucró el desarrollo del presente trabajo de investigación fueron asumidos en su totalidad por el investigador, en resumen, estos costos fueron por alquiler de equipos como GPS diferencial, dron DJI Mavic 3E, trabajos de campo y gabinete.

1.2.3. Delimitación temporal

En cuanto a la delimitación temporal, la investigación se realizó en los meses de: agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2023.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la efectividad técnico - económica de la fotogrametría en la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo - Huancayo - 2023?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?
2. ¿Cómo influye la aplicación de la fotogrametría en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?
3. ¿De qué manera afecta la aplicación de la fotogrametría en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?

1.4. Justificación

1.4.1. La justificación social

El estudio de la utilización de la fotogrametría en la obtención de datos sobre el estado actual de los pavimentos sean estos rígidos o flexibles, permitió optimizar el proceso de auscultación en términos de costo y tiempo, y según ello plantear obras de mantenimiento, reconstrucción o rehabilitación de la

infraestructura vial para mejorar la serviciabilidad, el confort y la seguridad en las vías de transporte en el distrito de Huancayo.

1.4.2. La justificación teórica

El desarrollo de este proyecto nos permitió ampliar el conocimiento sobre aplicación de la fotogrametría, el uso del dron, características, plan de vuelo, factores a considerar en la operación, para la evaluación de los pavimentos.

1.4.3. La justificación metodológica

Este trabajo de investigación desarrolló procedimientos y métodos para la aplicación de la fotogrametría utilizando drones con el fin de optimizar el proceso de auscultación de los pavimentos, estos procedimientos deben ser confiables para poder reproducirlos en otros trabajos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el resultado de la efectividad técnico - económica de la fotogrametría de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo - Huancayo - 2023.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Establecer la influencia de la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.

2. Evaluar la influencia de la aplicación de la fotogrametría en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo 2023.
3. Determinar la manera en que afecta la aplicación de la fotogrametría en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pucha y Zárate (2020), publicaron su artículo científico para la revista “Avances investigación en ingeniería” en Ecuador, el cual consistió en automatizar la evaluación de pavimentos rígidos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados utilizando la metodología PCI. El diseño fue no experimental transversal cuantitativo, el estudio se enfocó en una vía con pavimento rígido de 680 m, que fue segmentada en 17 unidades de muestra, para la recolección de información se utilizó el VANT Mavic Pro a una altura de vuelo de 25 metros y un GSD de 0.92 cm/px, luego de obtener las imágenes VANT los resultados tuvieron una precisión por inferior a los 0.03m. El error de las mediciones de las fallas entre el método convencional y el VANT para grietas lineales fue de 1.5cm, y para las fallas que consisten en mediar áreas (parches) fue de 0.03m².

Zeybek y Serkan (2020), publicaron el artículo científico denominado Mediciones de las fallas en caminos usando UAV, el estudio lo realizaron en Artvin – Turquía, para ello seleccionaron 100 metros de pavimento flexible. El trabajo consistió en comparar las medidas de las fallas mediante el método tradicional y a partir de ortofotos utilizando el dron DJI Phantom 4 RTK de 20 M CMOS, con una resolución de 5472 x 3648. Las fallas detectadas fueron 11 entre baches y ahuellamientos a los cuales se les midió: diámetro, longitud, perímetro y profundidad, el error entre la medida tradicional y mediante UVA para las medidas del diámetro de las fallas estuvo entre los rangos de 0.1 cm a 1.5 cm, de igual forma se obtuvo un rango de 0.1 cm a 3.7 cm para la profundidad, en un rango de 2 cm a 15.5 cm fue para la longitud y en el rango de 13.4 cm a 32.2 cm fue para el perímetro. Asimismo, se calculó el RMSE para el diámetro fue 0.01, para la longitud fue de 0.076, para el perímetro fue de 0.301 y para la profundidad fue de 0.009, concluyendo que la comparación de las medidas de fallas por ambos métodos produce resultados similares, pero el método de UVA ofrece mejores ventajas en cuanto a la seguridad del trabajo, el tiempo y el costo respecto al método tradicional.

Cárdenas et. al (2019), en su trabajo de tesis desarrollado en Bogotá utilizaron dron DJI Phantom 4 pro para la auscultación visual en pavimentos flexibles. Realizaron las inspecciones con el Dron DJI Phantom 4 Pro en 0.912 km de vía, que fueron divididas en 31 unidades de muestra, el PCI de la vía fue de 52 con una clasificación de REGULAR, teniendo como las principales fallas el ahuellamiento con un 6.7%, el parcheo con un 14.32% y el desprendimiento de agregados con un 6.78%. Mientras que utilizando la metodología VIZIR se encontró que las fallas tipo A son el parcheo con 14.32%, la piel de cocodrilo

con un 1.61%, para las fallas tipo B la exudación representó un 0.57%, el desprendimiento de agregados fue de 0.57%, el abultamiento y hundimiento fue de 1.16% en referencia al área total del tramo, obteniendo un valor del VIZIR de 3 con la clasificación REGULAR.

Vargas (2018), en la tesis desarrollada en Colombia, comparó los resultados de la evaluación visual del pavimento flexible obtenidos por el método tradicional y por sensores remotos. Para ello seleccionó un kilómetro de pavimento flexible sobre el cual se utilizó el dron DJI Phantom 3 estándar a una altura de vuelo de 30 m con una resolución de 3 cm/pixel. El costo de la evaluación convencionalmente fue de \$/. 214.20 mientras que el costo de la inspección con Dron fue de \$/. 429.95, en este caso es aproximadamente el doble, respecto al tiempo de trabajo para la evaluación con dron fue de 1 hora y convencionalmente el tiempo fue de 7 horas.

Berríos et. al (2020) luego de realizar su trabajo de investigación en El Salvador el cual consistía en comparar los resultados de la evaluación superficial del pavimento usando la metodología tradicional y un vehículo aéreo no tripulado. Para ello el tipo de investigación fue mixto cuantitativo y cualitativo, se trabajó con 4 unidades de muestreo, los resultados de la evaluación superficial de 300 metros lineales de pavimento rígido utilizando el método tradicional el PCI fue de 21.87 y con Dron DJI Mavic 2 Pro a una altura de vuelo de 30 metros y una resolución de 7.4 mm/pix con 6 puntos de control el PCI fue de 23.5. El tiempo para la auscultación de 10 unidades de muestreo mediante el método convencional fue de 11 horas con 15 minutos, mientras que utilizando el dron (VANT) fue de 21 horas con 25 minutos, asimismo el costo para los 300 metros lineales fue de \$/. 53.60 y de \$/. 325.00 respectivamente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cruz y Guitierrez (2019), desarrollaron el artículo científico que consistió en evaluar superficialmente un conjunto de vías utilizando un vehículo aéreo no tripulado, dicho trabajo fue publicado en la revista “Métodos y materiales”. La zona de estudio se trabajó en 7 unidades de muestra con un dron Phantom 4 Pro (VANT) a una altura de vuelo de 20 m y un GSD de 5mm/pixl y luego de procesar las ortofotos se obtuvo un PCI igual a 33.85, mientras que con el método tradicional se obtuvo un PCI igual a 35.85. Con respecto al tiempo empleado en la evaluación se tiene que el método tradicional empleó 5.5 horas para la evaluación de 7 UM a diferencia del método VANT que para la evaluación de las vías urbanas empleó 4.5 horas.

Mamani (2023), en su artículo científico “Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG y VANT” estudió 3 vías urbanas en la ciudad de Juliaca, el tipo de muestreo fue no probabilístico, con 62 unidades de muestra. En cuanto a la metodología utilizada, el tipo de investigación fue cuantitativo, el diseño de investigación fue el no experimental – transversal. La conclusión fue que entre la media del PCI obtenida por ambos métodos no existió una diferencia significativa. El costo de evaluación por 1 Km de pavimento fue de S/.304.00 en un tiempo de 16 horas por el método VANT, mientras que fue de S/. 405.00 en un tiempo de 22 horas por el método convencional, obteniendo una eficiencia entre el método convencional y el VANT en tiempo y costo son de 27.3% y 24.9% respectivamente.

Meza (2022), realizó la tesis de pre grado el cual buscó analizar la precisión de un levantamiento fotogramétrico utilizando un dron a las alturas de vuelo de 60, 90 y 120 metros para luego compararlas con un levantamiento

topográfico utilizando estación total. Luego de comparar los resultados de la fotogrametría a diferentes alturas de vuelo, se concluyó que la fotogrametría a 120 metros de altura de vuelo es la más óptima para un levantamiento topográfico respecto a las alturas de vuelo de 60 y 90 metros, ya que las diferencias de precisión entre dichos modelos a distintas alturas fueron de 1 cm. Para el levantamiento topográfico de un área de 24 ha se obtuvo una mayor precisión con el modelo georreferenciado con 15 puntos de apoyo respecto a los modelos con 10 y 5 puntos de apoyo de georreferenciación.

Cubas (2021), al desarrollar su tesis de enfoque cuantitativo, alcance correlacional, y de diseño cuasiexperimental el cual consistía en la evaluación de la condición del pavimento flexible de 678 metros lineales, utilizando el dron Phantom 4 Pro V2.0 a una altura de vuelo de 20 m. El trabajo de investigación tuvo un diseño cuasi experimental y un enfoque cuantitativo, el autor obtuvo como conclusiones que la evaluación dio un valor del PCI de 51 con una clasificación de “BUENO”, también hizo la evaluación del pavimento por el método convencional y obtuvo un PCI de 59 con una clasificación de “BUENO”. el uso del dron Phantom 4 Pro V2.0 redujo el tiempo y el costo de evaluación en un 35 % y 28% respectivamente respecto al método de evaluación convencional.

Quispe (2020), en la tesis de pre grado que consistió en evaluar la confiabilidad del dron Phantom 4 pro V2.0 al utilizarlo para determinar el PCI de la Av. Miraflores en el distrito de Comas, el trabajo de investigación tuvo como diseño de investigación no experimental-transeccional, tipo de investigación cuantitativo, y de nivel correlacional. La longitud de la vía fue de 1246.6 metros por lo que la evaluación se hizo sobre 33 unidades de muestra.

Las conclusiones fueron que utilizando el dron Phantom 4 Pro v2.0 el valor del PCI de la vía fue de 50 (estado regular), y utilizando la medición directa el PCI fue de 49 (estado regular).

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. La fotogrametría

Para Quirós (2016), nos da a conocer que la fotogrametría es la técnica, el arte y la ciencia para preparar planos a partir de fotografías aéreas las cuales contienen datos de objetos concretos susceptibles a ser medidos y que garanticen fiabilidad.

a) Fotogrametría aérea digital

Es la que utiliza fotografías aéreas que son tomadas desde una cámara fotográfica que fue instalada en un vehículo aéreo no tripulado, al procesar las fotografías mediante software dan origen a modelos digitales del terreno 3D o simplemente imágenes digitales en formato raster o vectorial. (Orellana, 2021).

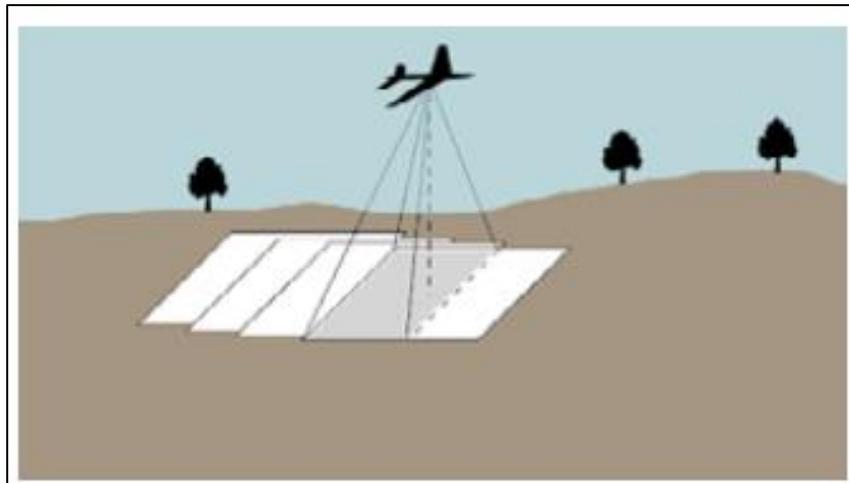


Figura 2.1. Fotogrametría. aérea. Tomada de “Introducción a la fotogrametría y cartografías aplicadas a la ingeniería civil”, por Elia Quiroz Rosado 2014, p.56.

b) Elementos de la fotogrametría

- Cámaras fotográficas

Para Dávalos (2016), son unos dispositivos electrónicos que se utilizan con la intención de recoger información del terreno sobre la cual se harán mediciones y de analizar e interpretar los datos contenidos en la fotografía tomadas verticalmente.

- ❖ Imagen digital

Quiroz (2021), nos dice que la imagen digital es una matriz en dos direcciones conformados por un conjunto de píxeles que a su vez son las unidades mínimas de información el cual tienes las siguientes características:

- ❖ Resolución: tiene como unidad al ppp (píxeles por pulgada) y es la calidad de la imagen digital que está en función del tamaño del pixel, si el pixel es de gran tamaño la información es pobre, de forma contraria, si es demasiado pequeña, la imagen tendrá mucha calidad, pero necesitará más espacio de almacenamiento.

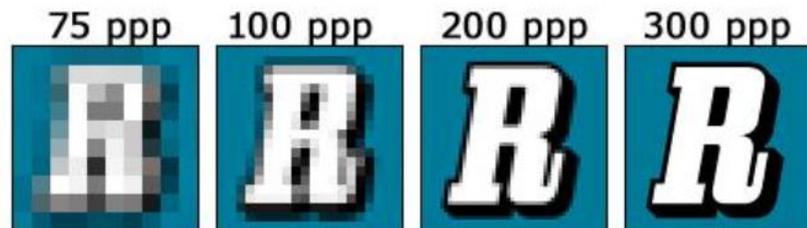


Figura 2.2. Representación de número de píxeles por imagen y calidad. Tomada de “Aerofotogrametría inteligente”, por Pavel Dávalos Gonzales 2016, p.22.

- ❖ Dimensión: son las longitudes del ancho y el alto de la imagen cuya unidad de medida puede ser el pixel.

- Dron

También conocido como aeronaves civiles pilotadas por control remoto “RPAS” (Remotly Piloted Aircraft). Un dron es cualquier tipo de aeronave que no tiene un piloto a bordo, pudiendo ser estos del tipo de ala fija, ala rotatoria e híbridos, que están diseñados para volar a baja altitud, que pueden ser pilotadas manualmente o mediante un plan de

vuelo. (Confederación Regional de Organizaciones Empresariales de Murcia, 2018).



Figura 2.3. Dron tipo multirotor. Tomada de “Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil”, por Manuel Oñate de Mora. 2018, p.57.

- **La georreferenciación**

Es un proceso que consiste en localizar espacialmente el trabajo realizado dentro de un sistema de coordenadas, para ello se utilizará los Sistemas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS) para atribuirle a nuestro trabajo: orientación, posicionarlo y darle escala. (Dávalos, 2016).

- **Puntos de control**

Son marcas legibles dejadas en la superficie, tienen que ser de un color que sea contraste con el terreno. La cantidad y su distribución dependerá del área del polígono, siendo recomendable utilizar 5 puntos de control como mínimo espaciadas a 500 m de distancia entre punto y punto como máximo. Estos puntos de control tienen coordenadas UTM conocidas. (Orellana, 2021).

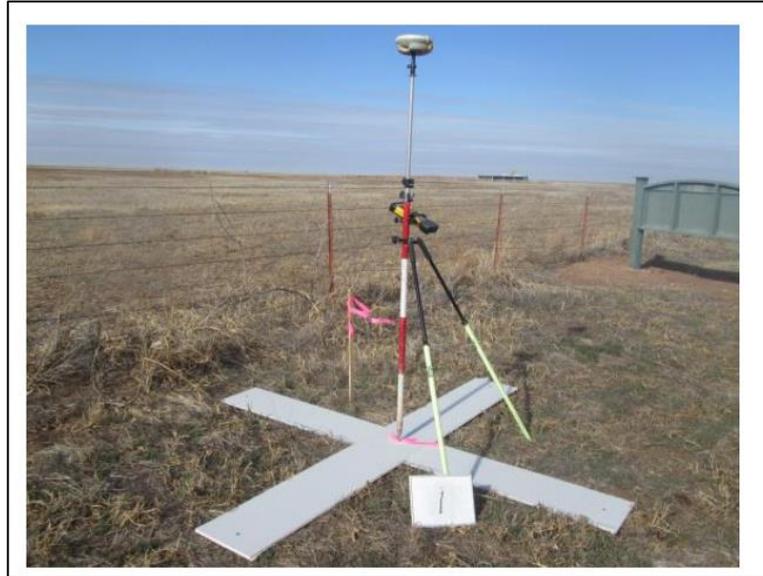


Figura 2.4. Colocación de punto de control terrestre GCP. Tomada de “Aerofotogrametría inteligente”, por Pavel Dávalos Gonzales 2016, p.29.

- **El proyecto de vuelo**

El vuelo del dron debe cubrir el terreno en su totalidad, realizando pasadas longitudinales y transversales, las mismas que deben ser paralelas y a la misma altura de vuelo. (Santamaría y Sanz, 2011).

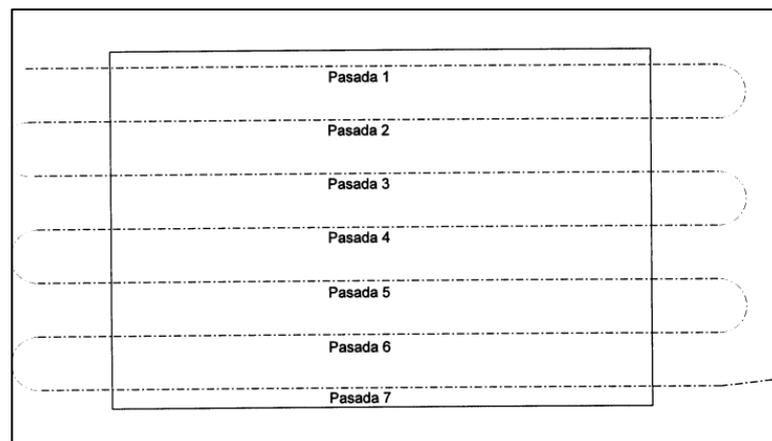


Figura 2.5. Ejes de pasada. Tomada de “Fundamentos de fotogrametría”, por Santamaría y Sanz 2011, p.12.

- **Recubrimiento**

De acuerdo a Santamaría y Sanz (2011), sostienen que de acuerdo a que las ortofotos se trabajan en estereoscopía y que cada fotografía tiene

una parte común con la fotografía anterior y con la siguiente, a esa área de intersección del terreno en dos fotografías consecutivas se le llama “zona de recubrimiento”, los intervalos de recubrimiento longitudinal y transversal pueden estar en los intervalos de 60% al 90 % de la superficie del fotograma.

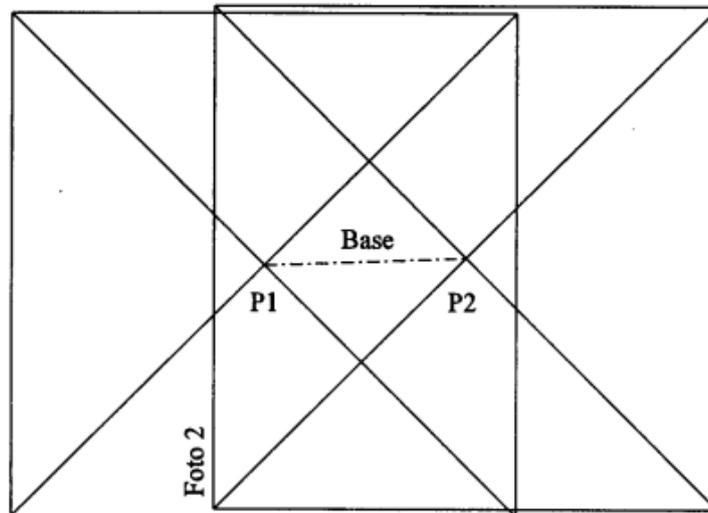


Figura 2.6. Recubrimiento longitudinal y transversal. Tomada de “Fundamentos de fotogrametría”, por Santamaría y Sanz 2011, p.17.

- **Velocidad de vuelo.**

La velocidad de vuelo de dron está restringida por la velocidad de obturación de las cámaras, que pueden tomar fotografías hasta cierta velocidad en movimiento con respecto al objeto. Se considera una velocidad moderada 7 m/s y velocidades altas entre 10 m/s y 15 m/s. (Dávalos, 2016).

- **Ground sample distance (GSD)**

Traducido al español significa distancia de muestreo del suelo, tiene por unidades al cm/píxel, y describe la distancia entre el punto central de dos píxeles consecutivos cuyo valor se representa en el terreno. (Dávalos, 2016).

$$GSD = \frac{hv * Sw}{R * f}$$

Ecuación 1. Ecuación para calcular el GSD

Donde:

GSD: Ground sample distance (cm/pixl)

hv: Altura de vuelo (mm)

Sw: Ancho del sensor de la cámara (mm)

R: Resolución del sensor (pixel)

f: Distancia focal (mm)

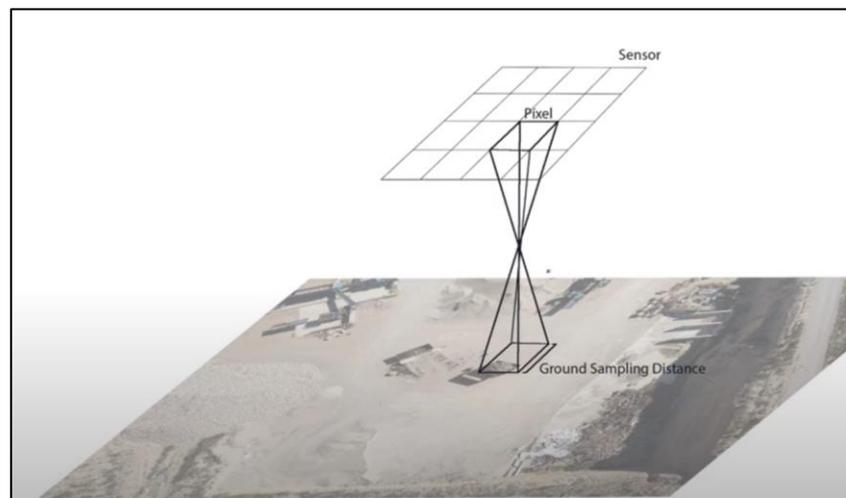


Figura 2.7. Grand sample distance. Tomada de “Introducción a la fotogrametría y cartografía aplicadas a la ingeniería civil” Por Quiros 2014, p.60.

- **Condiciones ambientales**

Según Dávalos (2016), los factores meteorológicos que condicionan el plan de vuelo del dron son: la presencia de nubes o precipitaciones, el viento que puede ser originado por la diferencia de presión o cambios de temperatura de las masas de aire en la atmósfera. Es muy importante considerar el viento en la planificación del vuelo. Se dice que la velocidad del viento es moderado superior a 30 km/h y superior a los 40 km/h es un viento fuerte.

2.2.2. Auscultación de pavimentos

El objetivo de recoger datos visualmente de un pavimento para luego ser evaluados es brindar información sobre el estado actual de la estructura, y colaborar con el hallazgo de las causas que originaron los deterioros en el pavimento. Al realizar las evaluaciones visuales del pavimento con una frecuencia determinada, esta se convierte en una herramienta para la evaluación del desempeño y predecir el tiempo de vida del pavimento. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT], 2016).

La auscultación de pavimentos también se aplica a un sistema o red de carreteras a cargo de una Entidad, estas mediante el sistema de gestión vial determinan los montos necesarios para conservarlas en buen estado. En función de los resultados de la auscultación del pavimento se escogen las acciones de conservación, de acuerdo a su clasificación, rutinaria, periódica o de reconstrucción. (Secretaría de comunicaciones y transportes [SCT], 2014).

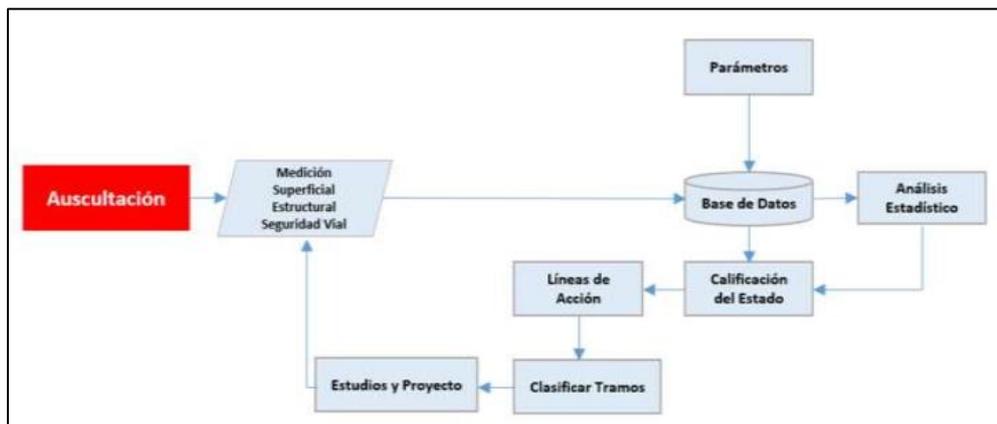


Figura 2.8. Procedimiento para auscultar una red de carreteras. Tomada de “Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México”, por Secretaría de comunicaciones y transportes, 2014, p.33.

- Evaluación de pavimentos

El análisis y evaluación de un pavimento se aplica a un tramo en particular dentro de una carretera y tiene como objetivo determinar la capacidad

estructural, las condiciones de servicio y la calidad de los materiales mediante equipos especializados y metodologías estandarizadas. (MOPT, 2016).

- Deterioros de la capa de rodamiento

Los daños o desperfectos que se manifiestan en la estructura del pavimento sea esta rígido o flexible reducen el confort y la seguridad que perciben los usuarios, así como la vida útil del pavimento. El origen de estos deterioros puede ser: debido a las condiciones ambientales y de tránsito, la existencia de materiales de baja calidad o defectos en los procesos constructivos, las consecuencias de todos estos factores afectan desfavorablemente al desempeño del pavimento. (MOPT, 2016).

Tabla 2.1. *Tipos de deterioros en pavimentos rígidos.*

Grietas	Juntas	Deterioro superficial	Misceláneos
Agrietamiento lineal	Daño en el sello de junta	Pulimiento de agregados	Escalonamiento entre calzada y juntas
Grietas de esquina	Fracturas de esquina	Desprendimiento de agregados	Escalonamiento entre calzada y espaldón
Grietas por contracción	Fracturas de junta		Cruce de líneas férreas
Grietas en malla			Bombeo
Losa dividida			Punzonamiento
			Baches
			Voladura

Nota: Tomado de "Manual de auscultación visual de pavimentos de Costa Rica", por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2016, p.8.

- Índice de condición del pavimento (PCI)

Los daños o desperfectos en la estructura del pavimento dependen de: la clase de daño, su severidad y cantidad, estos factores fueron combinados para indicar el grado de afectación sobre la condición del pavimento. El PCI es un valor numérico calificando para un pavimento en mal estado con un valor de

cero (0), y para un pavimento en perfecto estado con un valor de cien (100). (Vasquez, 2002).

Tabla 2.2. Rangos de clasificación del PCI

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

Nota: Tomada de "Pavement Condition Index", por Vásquez, 2002, p.2

Para Vásquez (2002) los resultados de la auscultación visual de la condición del pavimento en el cual se plasman la clase, severidad y cantidad y la relación entre estos factores se concretan en el cálculo del PCI, el cual indica la condición de la superficie del pavimento, así como su integridad estructural.

El trabajo de campo consistente en la identificación y localización los daños considerando la cantidad, clase y severidad de los mismos. Los daños o fallas para el pavimento rígido que considera el método PCI son:

Tabla 2.3. Daños en carreteras con superficie en concreto hidráulico.

Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico	
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido
22. Fisura de esquina	32. Popouts
23. Losa dividida	33. Bombeo
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascaramiento mapa de fisuras, craquelado
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción
28. Fisuras lineales	38. Descascaramiento de esquina
29. Parches grandes	39. Descascaramiento de junta
30. Parches pequeños	

Nota: Tomada de "INGEPAV", por Luis Ricardo Vasquez Varela, 2002, p.4.

Cuando una empresa busca reducir los costos de producción, nos referimos a la eficiencia en costos, para evaluar este aspecto es necesario que los factores de producción se combinen de tal manera que sea la más barata. La función de costos $C(y,w)$ representa el mínimo costo en el que las empresas pueden obtener diferentes niveles de producción “Y” con una tecnología dada, relacionando los precios “w” de los factores “x”. (García, 2002).

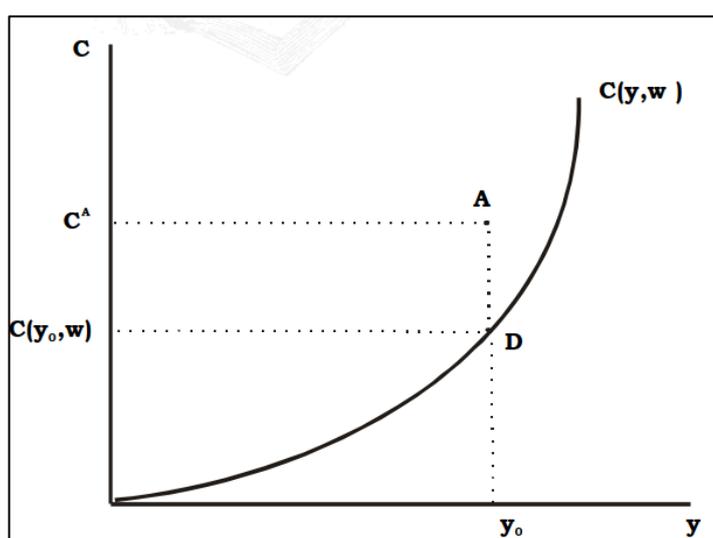


Figura 3.0. La función de costos y la eficacia en costos.

c) Eficiencia

Es la división de la producción total entre los recursos utilizados en una unidad de tiempo determinado, con el concepto de eficiencia se busca optimizar los recursos y minimizar los desperdicios. (Gutiérrez, 2014).

d) Eficacia

Es la relación de los resultados obtenidos acorde a las actividades programadas respecto al empleo de un tiempo útil. (Gutiérrez, 2014).

Según Bouza (2000), la eficacia ocurre cuando se dan condiciones de máximo rendimiento para alcanzar un fin y éste se consigue, entonces se dice que los recursos destinados a lograr dicho fin fueron eficaces.

e) Efectividad

Al poner en práctica actividades para conseguir un objetivo que se logró con anteriormente usando condiciones ideales y ahora se consigue con condiciones reales, los recursos destinados para este fin fueron efectivos. (Bouza, 2000).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Fotogrametría

Es una agrupación de técnicas y procedimientos secuencialmente lógicas que nos sirven para conocer o determinar las características de un objeto como son: la forma, sus dimensiones y la posición en el espacio a partir de fotografías. (Santamaría, 2011).

a) Plan de vuelo de dron

Se refiere a la programación de las actividades para realizar el proceso de vuelo de dron, considerando factores como: condiciones atmosféricas, área del proyecto, altura de vuelo, velocidad de vuelo, valor GSD, tiempo de vuelo. (Dávalos, 2016).

b) Altura de vuelo

Es un factor que es inversamente proporcional con el GSD, lo cual da a entender que cuanto mayor es la altura de vuelo, disminuye la calidad y el tiempo de vuelo del dron, Para seleccionar la altura de vuelo debemos

considerar: el área de terreno del proyecto y el nivel de trabajo profesional a realizar. (Dávalos, 2016).

c) Ortofotos

Es una fotografía aérea del terreno en las cuales se han corregido las deformaciones de la imagen, así como las distorsiones planimétricas a causa del relieve del terreno y de la falta de verticalidad del eje óptico de la cámara en el momento de la toma. (Orellana, 2021).

2.3.2. Auscultación de pavimentos

Es una metodología el cual consta de procedimientos y técnicas para recolectar datos del estado actual de los pavimentos para luego ser procesados e interpretados, con el objetivo de poder evaluar la condición superficial del pavimento a nivel de su capacidad estructural y funcional. (Manual de Auscultación visual de Pavimentos de Costa Rica, 2016).

a) Índice de condición del pavimento

Es una metodología para realizar la evaluación de la condición actual del pavimento (PCI), el procedimiento ofrece garantías en cuanto a la repetición y es confiable en cuanto al análisis estadístico de los resultados, aporta información veraz sobre la clase de patologías del pavimento, la cantidad y su severidad, el PCI varía de 0 -100, en el cual 0 es la peor condición y 100 la mejor. Rondon et. al (2015).

CAPITULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La aplicación de la fotogrametría influye significativamente en la efectividad técnico-económica de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.

3.2. Hipótesis específicas

1. La aplicación de la fotogrametría afecta significativamente en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.
2. La aplicación de la fotogrametría influye favorablemente en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.
3. La aplicación de la fotogrametría afecta significativamente en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente

VI = Efectividad técnico – económica de la fotogrametría.

La fotogrametría utiliza el estudio de las fotografías de la superficie del terreno para representarlas en un plano topográfico. (Santamaría, 2011).

b) Variable dependiente

VD = la auscultación de pavimentos.

La auscultación son los pasos consistentes en recolectar datos, procesarlos e interpretarlos para caracterizar y evaluar el estado superficial de los pavimentos. (Manual de auscultación visual de pavimentos de Costa Rica, 2016).

3.3.2. Definición operacional de las variables

a) Variable independiente

VI = Efectividad técnico – económica de la fotogrametría.

Técnicamente la fotogrametría se utilizó para obtener ortomosaicos del pavimento rígido con el dron DJI Mavic 3E a diferentes alturas de vuelo, a la vez se pudo hacer una comparación de los costos involucrados en dichas actividades.

b) Variable dependiente

VD = la auscultación de pavimentos.

A partir de los datos obtenidos se pudo caracterizar las patologías del pavimento de acuerdo a la metodología PCI y determinar el índice de condición del pavimento.

Tabla 3.1. Operacionalización de variables.

Título: Efectividad técnico-económico de la fotogrametría en la auscultación de pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Efectividad técnico económica de la fotogrametría.	Según Santamaría (2011) La fotogrametría utiliza el estudio de las fotografías de la superficie del terreno para representarlas en un plano topográfico.	Técnicamente la fotogrametría se utilizó para obtener ortomosaicos del pavimento rígido con el dron DJI Mavic 3E a diferentes alturas de vuelo, a la vez se pudo hacer una comparación de los costos involucrados en dichas actividades.	Altura de vuelo de dron DJI Mavic 3E	60	m	Razón
				90	m	Razón
				120	m	Razón
			Ortomosaico	Distancia de muestreo del suelo (GSD)	cm/pixel	Razón
VD: Auscultación de pavimentos.	La auscultación son los pasos consistentes en recolectar datos, procesarlos e interpretarlos para caracterizar y evaluar el estado superficial de los pavimentos. Manual de auscultación visual de pavimentos de Costa Rica (2016).	A partir de los datos obtenidos se pudo caracterizar las patologías del pavimento de acuerdo a la metodología PCI y determinar el índice de condición del pavimento.	Evaluación de la condición del pavimento	PCI	%	Intervalo
			Plazo de ejecución	Tiempo para la auscultación	horas	Razón
			Costo de ejecución	Costo de la auscultación	S/.	Razón

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de la investigación

El método científico es el conjunto de pasos secuenciales que obedecen a un orden lógico que se sigue para alcanzar un conocimiento fiable y legítimo que se pueda verificar según los criterios de la ciencia, aplicando para ello mecanismos que sean confiables. (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

Según lo sustentado y de acuerdo a las características de esta investigación se aplicó el método científico.

4.2. Tipo de la investigación

La investigación aplicada es una investigación que tiene intenciones de realizar algún tipo de cambio o variaciones en una zona definida de la realidad, cuyos fines son efectivos, concisos y precisos. (Carrasco, 2006).

La investigación fue de tipo aplicada ya que haciendo uso de los conocimientos ya descubiertos se pretende estudiar la fotogrametría para optimizar la auscultación de pavimentos nivel técnico y económico.

4.3. Nivel de la investigación

En el nivel correlacional el objetivo de este tipo de estudio es dar a entender la interacción o los vínculos que existen entre las variables o juicios en un sector de la población o en una muestra. (Hernández et al., 2006).

Es de nivel correlacional porque hizo interactuar la variable independiente: fotogrametría utilizando el dron Mavic 3E pro a diferentes alturas de vuelo para generar ortofotos, y analizar la relación que existe de esas variaciones con la variable dependiente: auscultación del pavimento rígido.

4.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue experimental, en este tipo de estudio se realizaron cambios deliberadamente en la variable independiente para luego conocer los efectos que surgieron en la variable dependiente a causa de dicha manipulación. (Hernández et al.,2006).

Asimismo, el diseño de investigación fue cuasi experimental que estudios auto controlados, no se tiene un grupo de control especial, la única forma de controlar es con mediciones antes y después de la intervención a cuya diferencia de mediciones se le vincula a la intervención denominando a este hecho como un criterio de relación temporal. (Supo,2020)

Fue experimental ya que se manipularon intencionalmente una de las dimensiones de la variable independiente (altura de vuelo de dron) para observar los efectos que causa en la auscultación del pavimento rígido.

Fue cuasiexperimental puesto que se dispuso de un grupo de control interno el cual estuvo conformado por unos puntos de control terrestre, cuyas coordenadas UTM fueron conocidas.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población es el universo conformado por elementos que cumplen características en común o unas especificaciones determinadas. Hernández et al (2006).

La población estuvo conformada por los 540 metros lineales de pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo en el distrito de Huancayo.

4.5.2. Muestra

Es un subconjunto con características específicas, objetivas y típicas de la población cuyo objetivo es que estas sean un reflejo del conjunto que las contiene. Carrasco (2006).

De acuerdo a Vásquez (2002), para el caso de los pavimentos rígidos la determinación de las unidades de muestreo se hace fragmentando la vía: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de 20 +/- 8 losas.

a) Número total de unidades de muestreo (N)

Este número se calcula mediante la ecuación:

$$N = \frac{\text{Long Proyecto}}{\text{Long U.M.}}$$

Ecuación 2. Ecuación para calcular las unidades de muestreo.

Dónde:

- N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
- Long. Proyecto: La longitud total del proyecto a evaluar (m)
- Long. UM: La longitud de la unidad de muestra.

Aplicación:

Se tomaron como datos de las dimensiones de la losa del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo resultando estas de diferentes dimensiones a lo largo de su trayectoria, las cuales se expresan de la siguiente forma:

Tabla 4.1. *Longitud de la losa según la progresiva.*

Progresiva (m)	Longitud de losa (m)
0 - 0+312	60
0+312 - 0+358	40
0+358 - 0+523	50

La calzada estuvo conformada por 2 losas en todo su ancho, y el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de 20 +/- 8 losas según la norma ASTM D 6433, luego de contabilizar y clasificar en zonas para realizar el trabajo según las dimensiones de losa.

Para el caso donde las losas tienen una longitud de 6 metros de largo, asumimos que la unidad de muestra es de 26 losas, por lo tanto, la longitud de la unidad de muestra fue:

$$\text{Long U.M.} = \text{Long losa} * \text{Número de losas}$$

Ecuación 3. Ecuación para calcular la longitud de la unidad de muestreo.

$$\text{Long U.M.} = 6 * 13 = 78m$$

Utilizando el dato de que las losas son de 6 metros desde las progresivas 0+000 Km hasta 0+312 Km, se calculó el número de unidades de muestra:

Al reemplazar en la ecuación 2 tenemos:

$$N = \frac{312}{78} = 4$$

Obteniendo 4 unidades de muestra para las losas de 6 metros de largo.

De forma similar se hicieron los cálculos para las losas de 4 y 5 metros de largo. El resumen de las unidades de muestra está representado en la siguiente tabla:

Tabla 4.2. Cantidad de unidades de muestreo.

Progresiva (Km)	Longitud de la unidad de muestra (m)	Longitud de losa (m)	Cantidad de unidades de muestra
0+000 - 0+312	312	6	4
0+312 - 0+358	46	4	1
0+358 - 0+523	165	5	3

En total se obtuvo 8 unidades de muestreo.

b) Determinación de las unidades de muestreo para evaluación:

Para Vasquez (2002), menciona que: en principio se deberían inspeccionar todas las unidades, en el caso de que no fuera posible, la cantidad mínima de unidades de muestreo se determinó con la ecuación 1,

la cual arroja un PCI +/- 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Ecuación 4. Ecuación para calcular el número de unidades de muestreo.

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Las unidades de muestreo para la evaluación de la Calle San Judas Tadeo fueron de 8 UM según la fórmula indicada. En este trabajo de investigación se optó por evaluar las 8 unidades de muestra calculadas.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas

- **Observación directa**

El investigador estará presente durante el tiempo en que se realizó el vuelo del dron sobre la Calle San Judas Tadeo, y mediante la observación sobre las ortofotos procesadas se reunieron los datos de las patologías en el pavimento rígido. (Alan y Cortez,2018).

Se observaron los diferentes tipos de fallas existentes en cada una de las unidades de muestra, así como la cantidad y severidad con que estas afectan a las losas.

- **Análisis documental**

Es un recurso conformado por etapas que sirve para la recolección de datos mediante formatos estandarizados, con el objetivo de que este procedimiento sea más organizado y los datos sean confiables. (Sampieri et al, 2013).

Se registró la información del tipo, cantidad y severidad de las fallas en formatos digitales (hojas de cálculo) otorgados por la norma ASTM 6433.

4.6.2. Instrumentos

Ficha de recolección de datos y evaluación (Formato PCI pavimento rígido). Para registrar los datos se utilizó el formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico del PCI.

a) Validez de instrumento

Es el nivel o grado de la medida que realiza un instrumento el cual refleja la característica o la dimensión de lo que se pretende medir. (Valderrama, 2002).

La validez al instrumento de recolección de datos está garantizada por el cumplimiento de la norma ASTM 6433, asimismo la validez del instrumento fue afirmada por jueces expertos.

b) Confiabilidad

La confiabilidad tiene que ver con el hecho de obtener resultados consistentes al utilizar el instrumento de medición sobre el mismo objeto en diferentes ocasiones, es decir es reproducible. (Valderrama, 2002).

Para garantizar la confiabilidad de los resultados se utilizaron equipos topográficos y dron que cuenten con certificado de calibración actualizados.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1. Procesamiento de la información

a) Etapa 1: Gabinete

Se hizo la búsqueda de la información enfocada en el la aplicación de la fotogrametría y referente al método del índice de condición del pavimento (PCI) aplicado a los pavimentos, asimismo información para el manejo de programas que permitan procesar la información de imágenes tomadas por el dron. Esta información está basada en artículos científicos como Scielo, Scopus.

b) Etapa 2: Campo

- **Reconocimiento del terreno**

Se realizó un recorrido de la Calle San Judas Tadeo del distrito de Huancayo con el objetivo de hacer una inspección visual de la zona de estudio para identificar posibles factores que dificulten el vuelo del dron como: edificios con más de 30 m de altura, antenas de radio o internet, árboles de gran altura.

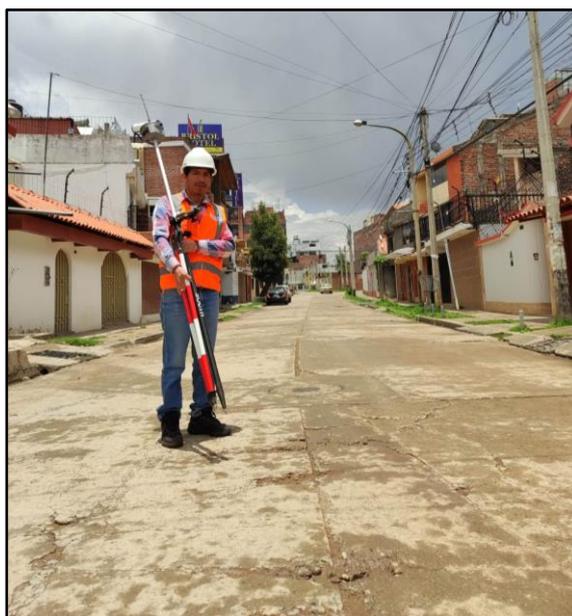


Figura 4.1. Reconocimiento de la zona de estudio.

- **Ubicación de puntos de control**

En concordancia a la forma y topografía de la zona de estudio se procedió a colocar un BM donde se estacionó la base del GPS diferencial South y posteriormente se colocaron 7 puntos de control en cada cuadra del pavimento rígido de la calle San Judas Tadeo, con el fin de dar precisión al estudio.

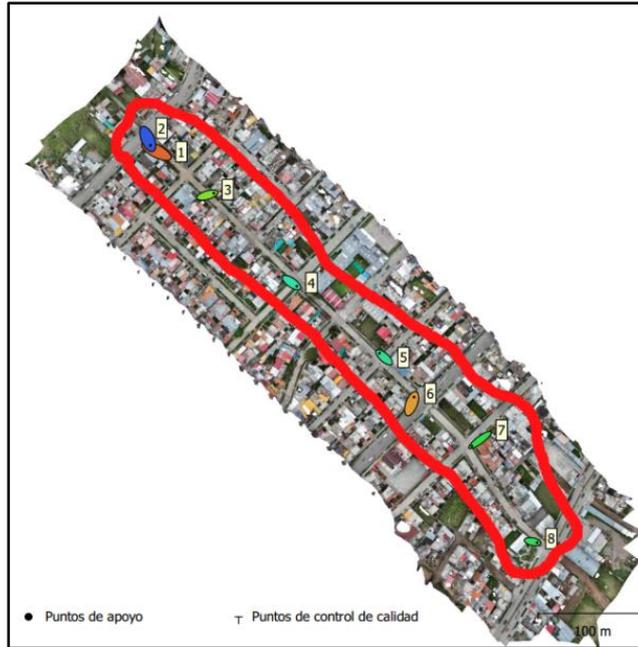


Figura 4.2. Ubicación de los puntos de control.

La instalación de la base del GPS diferencial South se realizó al interior de una vivienda ubicada en la esquina de la calle San Judas Tadeo y la Avenida San Carlos, esto con fines de dar seguridad al equipo, luego se obtuvo las coordenadas del BM.



Figura 4.3. Instalación de GPS diferencial South.

Se colocaron marcas circunferenciales de colores blanco y negro que servirán como puntos de control para la georreferenciación del ortomosaico, con el rover del GPS diferencial se obtuvieron las coordenadas de los 7 puntos de control a lo largo de toda la muestra.



Figura 4.4. Lectura de puntos de control con GPS diferencial.

- **Planificación de la misión de vuelo**

En este trabajo de investigación se tuvieron que planificar tres misiones de vuelo utilizando la aplicación DJI Pilot 2, en la cual se especificaron los parámetros como: altura de vuelo a 60, 90 y 120 m, solapamiento frontal de 80% y solapamiento lateral de 80%, tipo de ruta, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4.3. *Parámetros de las 3 misiones de vuelo.*

Parámetros de vuelo	Misión de vuelo		
	1	2	3
Altura de vuelo (m)	60	90	120
Ground Sample Distance (cm/pixl)	1.67	2.38	3.19
Solapamiento frontal	80%	80%	80%
Solapamiento lateral	80%	80%	80%
Velocidad de vuelo (m/s)	10	10	10
Tiempo de vuelo(min)	2	2	2

Ejecución de los vuelos del dron

Antes de ejecutar los vuelos con el dron, se tuvo que tener en cuenta lo establecido en la Norma Técnica Complementaria NTC 001-2015

emitida por DCA/DGAC “Requisitos para las operaciones de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia”.

Para la ejecución del vuelo de dron primero se tuvo que conectar mediante Wi fi la base del GPS diferencial South con el dron DJI Mavic 3E para que el dron obtenga fotografías con información espacial, coordenadas en el eje X, Y y Z, luego de planificar las misiones de vuelo a 60, 90 y 120 metros de altura, colocar los puntos de control en el terreno y verificar la ausencia de vientos y precipitaciones de consideración en la zona de estudio, se procedió a realizar la ejecución de los vuelos de dron, en la cual el operador mediante el control remoto estuvo monitoreando el desarrollo normal del vuelo del dron, controlando el punto de despegue, la batería, la intensidad de señal, las fotografías tomadas y el punto de aterrizaje.

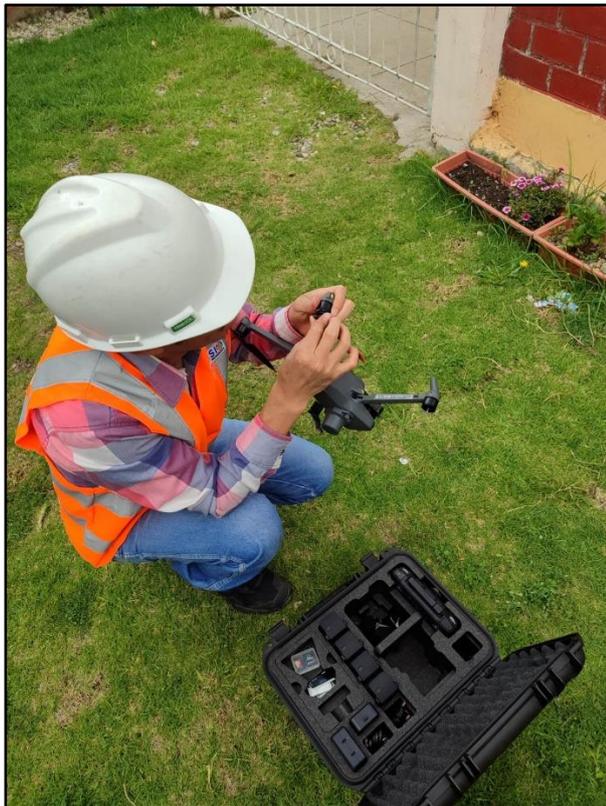


Figura 4.5. Armado de Dron Mavic 3E.

Se realizó la recolección de los datos del estado del pavimento rígido mediante el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60, 90 y 120 metros,



Figura 4.6. Operación de Dron Mavic 3E.

Al concluir cada vuelo el dron aterrizó en el punto especificado en la misión de vuelo, sin ningún tipo de inconvenientes, se procedió a apagar los equipos y a guardarlos correctamente.

c) Etapa 3: Gabinete

Extracción de la información

Cada misión de vuelo a las alturas de 60m, 90m, y 120m ha almacenado las ortofotos en una carpeta respectiva para cada misión de vuelo en una memoria micro SD en el dron, las ortofotos fueron transferidas a la laptop para luego ser clasificadas.

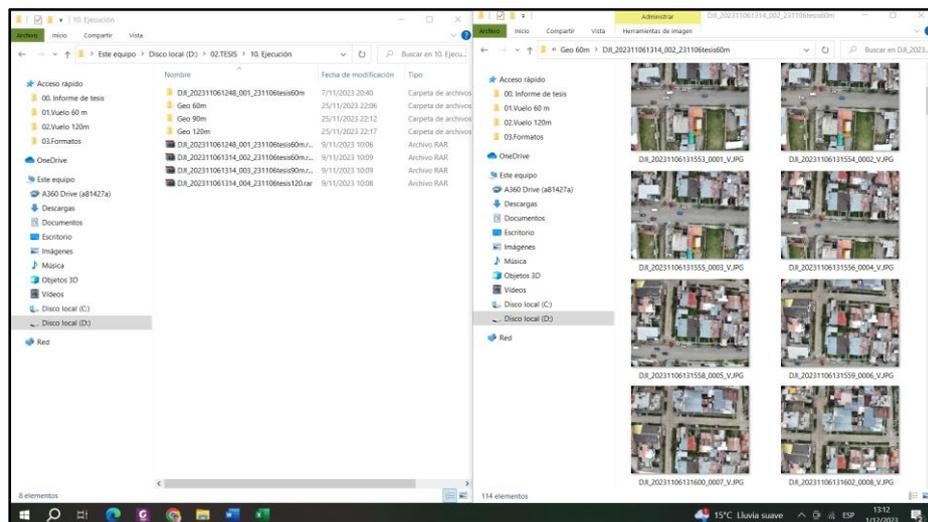


Figura 4.7. Extracción de las ortofotos.

Procesamiento de la información

Para el procesamiento de las ortofotos para cada misión de vuelo se utilizó el software Agisoft Metashape Professional, una vez obtenida el producto final que es el ortomosaico, se utilizará el Civil 3D para realizar el metrado de las fallas en el pavimento rígido.

- Nubes de puntos dispersa

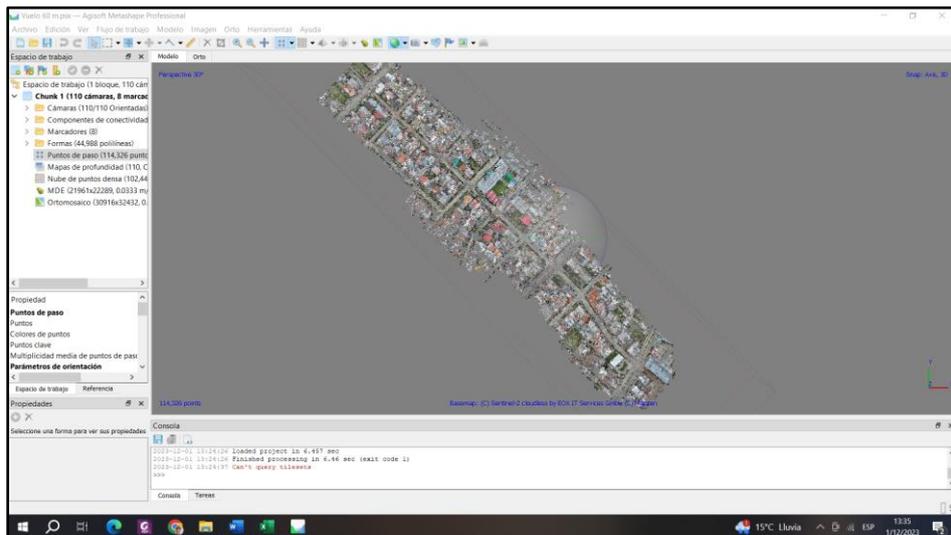


Figura 4.8. Obtención de la nube de puntos dispersa.

- Puntos de control

En esta fase del proyecto se importó el archivo que contiene la información de las coordenadas espaciales de los puntos de control dejados con el GPS diferencial South.



Figura 4.9. Extracción de las coordenadas de los puntos de control.

El archivo se exportó mediante la aplicación SurvX 4.0 en extensión CSV.

Tabla 4.4. *Coordenadas de los puntos de control tomados con GPS diferencial.*

Punto	Este (E)	Norte (N)	Cota (Z)
BM1	478164.582	8667973.902	3300.048
PCI	478167.344	8667974.946	3300.184
PC2	478226.346	8667929.954	3299.922
PC3	478303.598	8667842.34	3297.117
PC4	478380.684	8667779.333	3298.497
PC5	478412.928	8667738.121	3299.131
PC6	478466.708	8667691.983	3298.393
PC7	478527.599	8667601.247	3297.585

El archivo que contiene la información del BM y los 7 puntos de control se importó al Agisoft Metashape para georreferenciar las ortofotos tomadas por el dron,

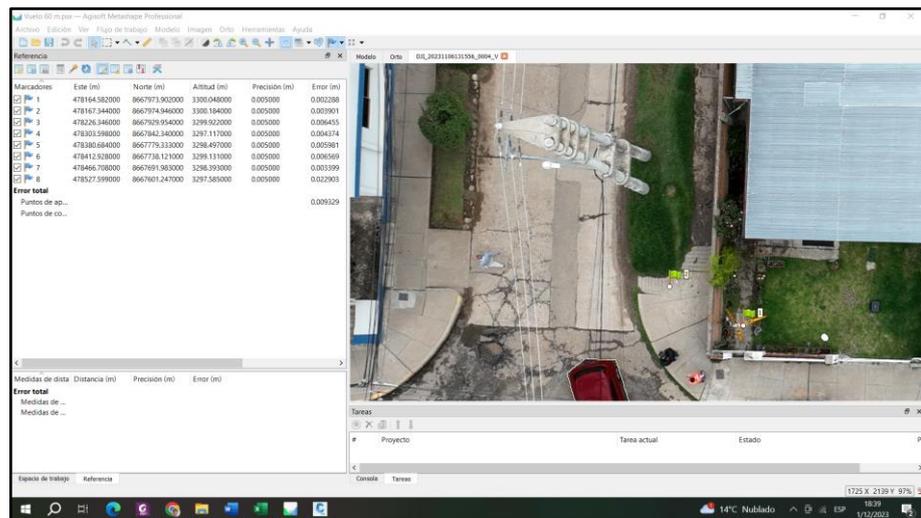


Figura 4.10. Proceso de georreferenciación de las ortofotos.

- Nubes de puntos densa

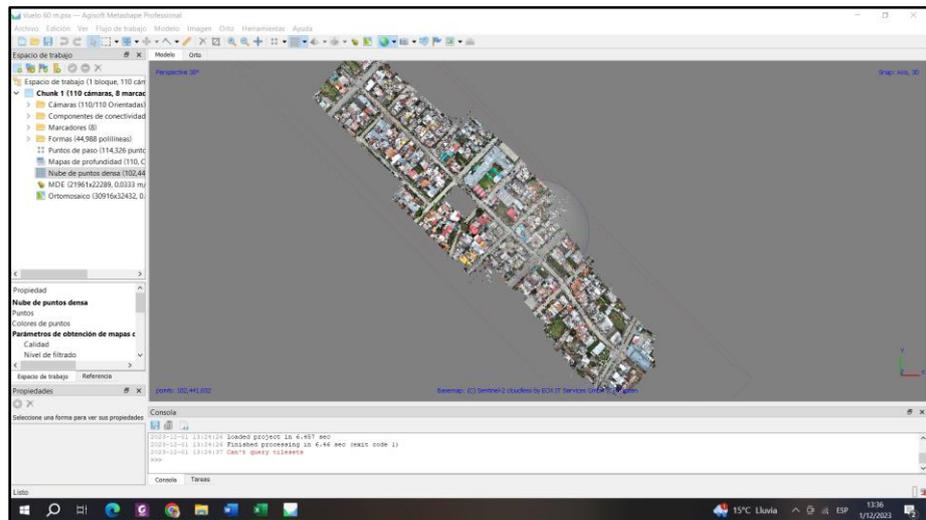


Figura 4.11. Obtención de la nube de puntos densa en el programa.

- Modelo digital del terreno
- Ortomosaico

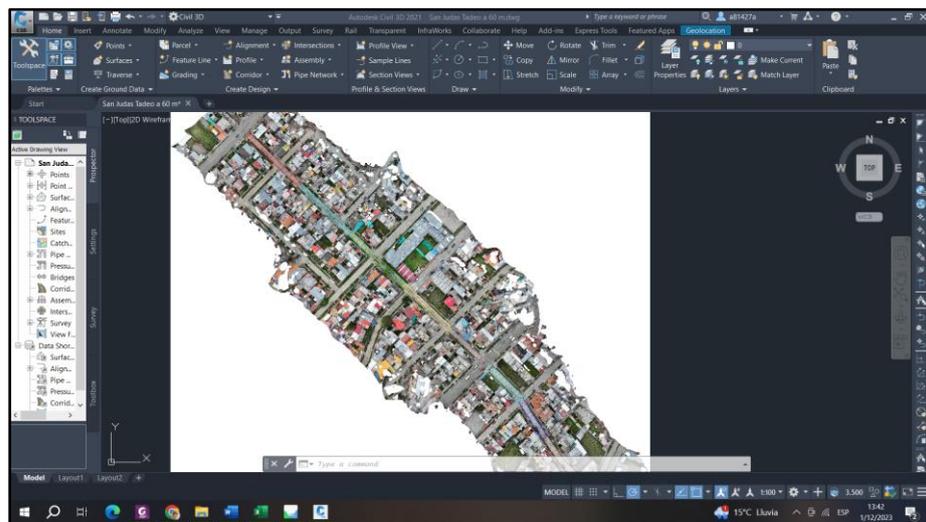


Figura 4.12. Obtención del ortomosaico.

- Datos de los procesos realizados

Identificación, medición y registro de fallas según el método PCI

Una vez que se tenga el ortomosaico, este se pasó al programa GlobalMapper para guardarlo en una extensión reconocible por el Civil 3D, en donde se realizó la identificación y el metrado de las fallas en el pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo.

Primero se identificó las unidades de muestra en la Calle San Judas Tadeo.

4.7.2. Técnicas y análisis de datos

a) Identificación de las unidades de muestra

En cumplimiento de la Norma ASTM D 6433 se seleccionó el área de la unidad de muestreo en el intervalo de 20 +/- 8 losas, considerando que la longitud total del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo es de 523 m y que las losas en su mayoría son de 4,5 y 6 m de largo por 3m de ancho se obtuvieron 8 unidades de muestreo los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 4.5. *Unidades de muestreo del pavimento en estudio.*

Unidad de muestreo	Número de losas	Ancho de losa (m)	Largo de losa (m)
UM-01	26	3	6
UM-02	26	3	6
UM-03	26	3	6
UM-04	26	3	6
UM-05	23	3	4
UM-06	20	3	5
UM-07	20	3	5
UM-08	26	3	5

b) Determinación de las unidades de muestra para evaluación

La Norma ASTM D 6433 menciona que en la evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades de muestra, es por ello que teniendo en cuenta que solo hay 8 unidades de muestra en este proyecto, se evaluaron todas las unidades de muestra.

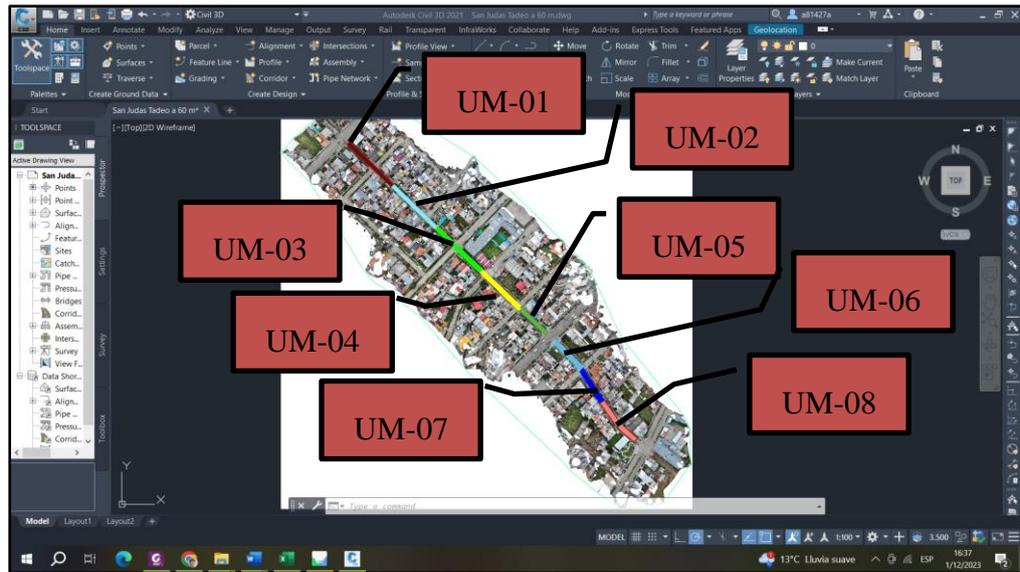


Figura 4.13. Ubicación de las unidades de muestra en la vía en estudio.

c) Evaluación de condición del pavimento

A partir del ortomosaico obtenido con el dron a una altura de vuelo de 60, se tuvo que identificar las fallas existentes en cada losa, en la siguiente figura se muestran las losas que conforman la UM 06.

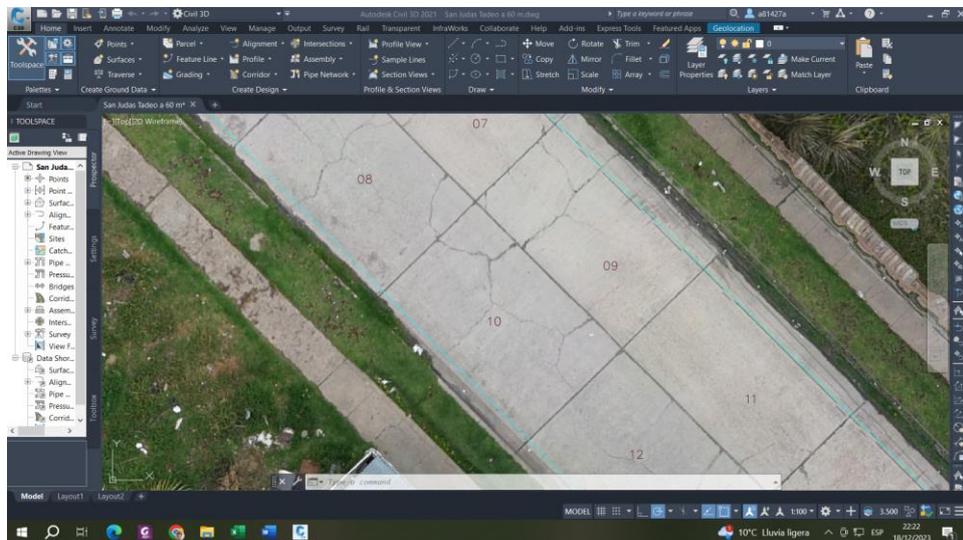


Figura 4.14. Fallas existentes en el pavimento rígido en la UM 06.

Se identificaron las fallas existentes en cada losa, considerando el tipo, la cantidad y la severidad de las fallas, para finalmente registrarlo en el formato de evaluación del PCI.

UPLA		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				Esquema:	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
Evaluado por:	Jhon Heber Cossio Pariona			Nombre de la vía:			Losa 2: 34H
Fecha :	7/11/2023	Ubicación: Huancayo-Junin		Calle San Judas Tadeo			Losa 1: 23H
Progresiva inicial:	0+358	Unidad de muestreo:	6	Método:	Dron	Losa 4: 24H	Losa 3: 23M
Progresiva final:	0+408	Número de losas:	20	Altura de vuelo (m) :	60	Losa 6: 22L,31,36H,37	Losa 5: 22H,28M,34H,36M
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico							
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido						
22. Fisura de esquina	32. Popouts						
23. Losa dividida	33. Bombeo						
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento						
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea						
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascaramiento mapa de fisuras,craquelado						
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción						
28. Fisuras lineales	38. Descascaramiento de esquina						
29. Parches grandes	39. Descascaramiento de junta						
30. Parches pequeños							

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-06																				Total	Densidad %	Valor deducido							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
22	L						1	1																			2	10	6		
22	M										1		1			1	1										4	20	28		
22	H					1						1															2	10	23		
23	M			1					1	1	1																4	20	34		
23	H	1	1		1																				1	1	1	1	7	35	65
28	L											1		1													2	10	6		
28	M					1										1											2	10	8		
28	H							1																			1	5	10		
31						1					1	1	1	1		1											6	30	5		
34	H				1												1										2	10	32		
36	M					1								1													2	10	8		
36	H						1	1				1		1		1	1										6	30	36		
37							1	1					1	1	1		1										6	30	2		
38	L												1														1	5	2		
38	M													1	1												2	10	4		
39	L														1	1	1	1									4	20	5		
Total VD=																											274				

Figura 4.15. Registro de fallas en la UM 06.

Una vez registrado el total del tipo de fallas presentes en cada losa de la unidad de muestro 06, se calculó la densidad, en la figura anterior se tiene que el total de fallas del tipo división de losa (23) con nivel de severidad alta (H) fue de 7, este valor se dividió entre el total de losas que conforman la unidad de muestreo ,que en este caso fue de 20 cuyo resultado expresado en porcentaje dio un valor de 35%, el mismo procedimiento se hizo para cada falla registrada apoyándonos en una hoja de cálculo, estos datos de densidad de fallas nos servirán para obtener valores deducidos para cada tipo de falla. Utilizando los ábacos otorgados por la norma ASTM D 6433, utilizamos los valores de densidad para cada tipo de falla para calcular el valor deducido. Para el caso de la falla losa dividida de alta severidad (23H) se tuvo que la densidad fue 35%, para esta densidad el valor deducido en el ábaco fue de

65. De forma similar se calculan los valores deducidos de todos los tipos de fallas registrados.

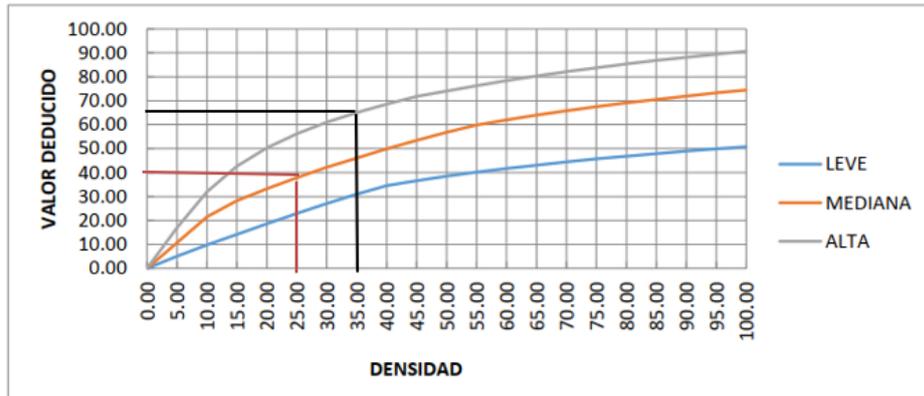


Figura 4.16. Cálculo del valor deducido para la falla de losa dividida en la UM 06.

c) Cálculo del PCI de la unidad de muestra 06

Se calcularon los números admisibles máximos deducidos “m” utilizando la ecuación 3, en la unidad de muestra 06, el mayor valor deducido individual (HDVi) corresponde a la falla por losa dividida cuyo valor deducido fue de 65, con este dato se obtuvo un “mi” de 4.21.

$$mi = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

Ecuación 5. Fórmula para calcular el número de valores deducidos.

A partir de este valor de “m” se seleccionaron los 4 valores máximos deducidos, se ordenaron de forma descendente y luego se obtuvieron los “valores deducidos totales” sumando los valores en forma horizontal, para la fila 1 el total de valores deducidos fue de 167 y de manera similar se obtuvieron los valores para las filas restantes.

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$	CALCULO DEL PCI						
Rango	Clasificación		Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV		
100-85	Excelente	Valor deducido más alto (HDVi):	1	65 36 34 32	167	4	89		
85-70	Muy bueno	Nº máximo de valores deducidos (mi):	2	65 36 34 2	137	3	69		
70-55	Bueno		3	65 36 2 2	105	2	73		
55-40	Regular		4	65 2 2 2	71	1	73.5		
40-25	Malo							MAX CDV=	89
25-10	Muy malo								
10-0	Fallado								
			PCI=	11	CALIFICACION=	MUY MALO			

Figura 4.17. Iteración de los máximos valores deducidos.

A partir del total de los valores deducidos calculamos los valores deducidos corregidos utilizando el ábaco de la norma americana ASTM D6433.

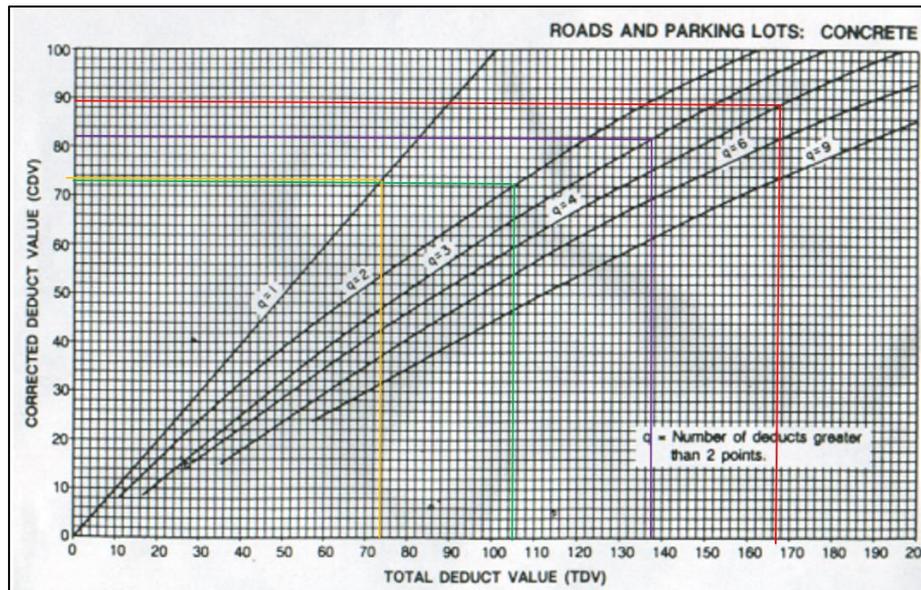


Figura 4.18. Gráfico de las curvas del valor deducido para la UM 06.

Finalmente se calcula el PCI de la unidad de muestra utilizando la siguiente fórmula.

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

Ecuación 6. Cálculo del PCI de la unidad de muestra.

Utilizando la ecuación 6 tenemos que el PCI para la unidad de muestra 06 fue:

$$PCI = 100 - 89 = 11$$

Para este valor la clasificación correspondiente es MUY MALO.

De igual forma se obtuvieron el PCI para las unidades de muestra 01, 02, 03, 04, 05, 07 y 08. Para calcular el PCI de la sección estudiada bastó con sacarle el promedio al PCI de todas las unidades de muestra.

Este procedimiento nos permitió calcular el PCI a partir del ortomosaico generado con las imágenes del dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 60 metros, de forma análoga se obtuvieron los PCI con imágenes de dron a las alturas de vuelo de 90 y 120 metros.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

Durante el desarrollo de la presente investigación se utilizaron métodos respaldados en normas internacionales, equipos topográficos modernos y en buen estado operativo, asimismo se empleó una ficha de recolección de datos que brinda confianza, los datos obtenidos no han sido manipulados o sufrido algún tipo de variación. Por cuanto, con el objetivo de no incurrir en faltas éticas como la copia, falsificación de datos, apropiación de información u omisión del citado de fuentes bibliográficas, pongo a disposición este trabajo para ser sometido a las diferentes pruebas existentes a fin de validar la información contenida en este trabajo

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

Las muestras que se seleccionaron en este trabajo de investigación fueron las losas del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo en el distrito de Huancayo, en la mencionada vía se ejecutaron los indicadores de la variable independiente: altura de vuelo de dron y el Ground sample distance (GSD) para la recolección de información, luego se procedió a calcular los indicadores de la variable dependiente: índice de condición del pavimento, el tiempo y costo de ejecución requeridos para la auscultación del pavimento. Las características de la vía urbana en estudio se muestran a continuación.

Tabla 5.1. *Características de la calle San Judas Tadeo.*

Descripción	Características
Vía urbana	Calle San Judas Tadeo
Distrito	Huancayo
Longitud	522 metros
Número de carriles	2 carriles de circulación
Numero de cuadras	10 cuadras
Número de cuadras parte de la muestra	8 cuadras
Tipo de pavimento	Pavimento rígido



Figura 5.1. Ubicación en planta de la Calle San Judas Tadeo.

En función a los objetivos planteados, se realizó la recolección de información mediante el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 m, 90 m y 120 m, se formó el ortomosaico correspondiente a cada altura de vuelo y se hizo la evaluación según la metodología PCI.

Tabla 5.2. Diseño empleado para la investigación.

	Descripción
Diseño 1	Altura de vuelo a 60 m y GSD 1.67 cm/pixel
Diseño 2	Altura de vuelo a 90 m y GSD 2.38 cm/pixel
Diseño 3	Altura de vuelo a 120 m y GSD 3.19 cm/pixel

Para cada diseño se recolectaron los datos en el formato otorgado por la norma ASTM D 6433 en las cuales se registraron el tipo de falla, la cantidad de fallas y la severidad, para finalmente calcular el PCI en cada unidad de muestra.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Resultados del objetivo específico 1

Para establecer la influencia de la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición del pavimento rígido, se calculó el valor del PCI para las 8 unidades de muestra utilizando los ortomosaicos obtenidos mediante el dron a las alturas de vuelo de 60 m, 90 m y 120 m.

Unidad de muestreo N°01

De la evaluación de las losas de la unidad de muestra N°01 en el ortomosaico a 60 m de altura las fallas que determinaron el PCI fueron: 9 fallas losa dividida de alta severidad, 4 losas divididas de mediana severidad, 4 fisuras lineales de alta severidad y 4 fisuras de esquina de baja severidad. En el ortomosaico a 90 m de altura, las fallas fueron: 9 losa dividida de alta severidad, 2 losas divididas de mediana severidad, 2 fisuras de esquina de mediana severidad y 5 fisuras lineales de alta severidad y a 120 m de altura de vuelo: 7 fallas de losas dividida de alta severidad, 9 fisuras lineales de mediana severidad, 3 fisuras lineales de alta severidad y 6 fisuras de esquina de baja severidad.

Tabla 5.3. *Fallas existentes en la UM 01 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	4	4	6
22	M	0	2	2
23	M	4	2	0
23	H	9	9	7
28	L	0	1	0
28	M	3	4	9
28	H	4	5	3
29	L	2	3	9
29	M	5	6	0
31		9	9	0
34	M	0	0	1
36	L	1	2	3
36	M	0	3	0
36	H	3	0	2
37		4	3	3
38	L	2	2	2
39	L	1	2	3
39	M	2	3	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 28, 29, y 33 respectivamente.

Tabla 5.4. *Comparación del PCI en la UM 01.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	28	29	33
Clasificación	MALO	MALO	MALO

Unidad de muestreo N°02

El tipo de fallas que tuvieron más relevancia para calcular el PCI en el ortomosaico a 60 m de altura de vuelo fueron: 10 losa dividida de severidad alta, 7 losa dividida de severidad mediana, 2 fisuras lineales de alta severidad y 3 descascaramiento de alta severidad. En el ortomosaico obtenido a la altura de vuelo de 90 m tenemos: 3 fallas fisura de esquina de mediana severidad, 5

losas divididas de mediana severidad y 9 losas divididas de alta severidad y 5 fisuras lineales de de alta severidad, asimismo en el ortomosaico a 120 m de altura de vuelo las fallas más incidentes fueron: 8 losa dividida de severidad alta, 3 losas dividida de severidad mediana, 3 fisuras de esquina de mediana severidad y 3 punzonamiento de mediana severidad.

Tabla 5.5. *Fallas existentes en la UM 02 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	3	0	0
22	M	1	3	3
23	M	7	5	3
23	H	10	9	8
25	M	1	0	0
28	L	0	0	7
28	H	2	5	0
29	L	0	2	4
29	M	6	3	4
29	H	2	2	0
34	M	0	1	3
34	H	1	0	0
36	M	2	4	3
36	H	3	0	0
38	L	1	0	0
39	L	2	2	2

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 21, 22, y 31 respectivamente.

Tabla 5.6. *Comparación del PCI en la UM 02.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	21	22	31
Clasificación	MUY MALO	MUY MALO	MALO

Unidad de muestreo N°03

En cuanto a la unidad de muestreo N°03 el valor del PCI en el ortomosaico a 60 metros de altura de vuelo fue de 16, esto debido a que las fallas como losa dividida con severidad alta, punzonamiento de alta severidad, parches grandes de alta severidad y losa dividida de mediana severidad fueron las que más afectaron a las losas, en el ortomosaico a 90 m de altura las fallas más determinante fueron: 3 losas divididas de mediana severidad, 10 losas divididas de alta severidad, 8 parches grandes de mediana severidad y 3 fallas por punzonamiento de alta severidad, finalmente a la altura de vuelo a 120 m se encontraron las siguientes fallas: 8 losa dividida de alta severidad, 4 losas divididas de mediana severidad, 2 parches grandes de alta severidad y 5 punzonamiento de severidad media.

Tabla 5.7. *Fallas existentes en la UM 03 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	5	5	2
23	M	3	3	4
23	H	10	10	8
28	L	0	0	4
28	M	2	4	2
28	H	3	1	0
29	L	0	0	6
29	M	6	8	3
29	H	5	3	2
34	M	2	2	5
34	H	3	3	1
36	L	4	4	5
36	M	2	2	0
37		7	6	0
38	L	1	1	0
39	L	2	2	3
39	M	1	1	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 16, 21, y 22 respectivamente.

Tabla 5.8. *Comparación del PCI en la UM 03.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	16	21	22
Clasificación	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Unidad de muestreo N°04

En el ortomosaico obtenido a 60 m de altura las fallas que determinaron el PCI fueron: 9 fallas losa dividida de alta severidad, 3 losas divididas de mediana severidad, 7 fisuras lineales de alta severidad y 4 punzonamientos de alta severidad. En el ortomosaico a 90 m de altura, las fallas fueron: 9 losa dividida de alta severidad, 3 losas divididas de mediana severidad, 5 fisuras lineales de alta severidad y 2 fallas por punzonamiento de alta severidad y a 120 m de altura de vuelo: 8 fallas de losas dividida de alta severidad, 2 fallas de losas divididas de mediana severidad, 3 fisuras lineales de alta severidad, 3 fallas por punzonamiento de alta severidad.

Tabla 5.9. *Fallas existentes en la UM 04 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	3	3	2
22	M	1	1	1
22	H	2	2	0
23	M	3	3	2
23	H	9	9	8
28	L	1	0	0
28	M	0	3	5
28	H	7	5	3
31	0	7	7	0
29	M	0	0	2
34	M	1	1	1
34	H	2	2	3
36	L	2	3	0
36	M	3	4	0
36	H	2	0	0
37	0	1	0	0
39	L	2	2	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 20, 22, y 27 respectivamente.

Tabla 5.10. *Comparación del PCI en la UM 04.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	20	22	27
Clasificación	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Unidad de muestreo N°05

Las fallas que determinaron el PCI en el ortomosaico a 60 m de altura fueron: 9 fallas losa dividida de alta severidad, 2 losas divididas de mediana severidad, 2 fisuras lineales de alta severidad y 3 punzonamientos de mediana severidad. En el ortomosaico a 90 m de altura las fallas fueron: 9 losa dividida de alta severidad, 2 losas divididas de mediana severidad, 2 fisuras lineales de alta severidad y 3 fallas por punzonamiento de alta severidad y a 120 m de altura

de vuelo: 9 fallas de losas dividida de alta severidad, 4 fisuras de esquina de baja severidad, 5 fisuras lineales de mediana severidad, 3 fallas por punzonamiento de mediana severidad.

Tabla 5.11. *Fallas existentes en la UM 05 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	4	4	4
23	M	2	2	1
23	H	9	9	9
28	M	3	3	5
28	H	2	2	1
29	L	2	2	2
31	0	7	5	0
34	L	0	0	1
34	M	3	3	3
34	H	1	1	1
39	L	4	4	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 27, 27, y 27 respectivamente.

Tabla 5.12. *Comparación del PCI en la UM 05.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	27	27	27
Clasificación	MALO	MALO	MALO

Unidad de muestreo N°06

En el ortomosaico obtenido a 60 m de altura las fallas que determinaron el PCI fueron: 7 fallas losa dividida de alta severidad, 4 losas divididas de mediana severidad, 2 punzonamiento de alta severidad y 6 punzonamientos de alta severidad. En el ortomosaico a 90 m de altura las fallas fueron: 7 losa dividida de alta severidad, 4 losas divididas de mediana severidad, 4 fisuras de esquina

de mediana severidad y 2 fallas por punzonamiento de alta severidad, finalmente a 120 m de altura de vuelo: 6 fallas de losas dividida de alta severidad, 2 fisura de esquina de alta severidad, 4 fisuras de esquina de mediana severidad, 3 fallas por punzonamiento de mediana severidad.

Tabla 5.13. *Fallas existentes en la UM 06 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	2	2	4
22	M	4	4	4
22	H	2	2	2
23	M	4	4	1
23	H	7	7	6
28	L	2	2	6
28	M	2	2	3
28	H	1	1	0
31	0	6	6	0
34	M	0	0	3
34	H	2	2	0
36	M	2	5	6
36	H	6	3	0
37	0	6	6	0
38	L	1	1	0
38	M	2	2	0
39	L	4	4	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 11, 15, y 23 respectivamente.

Tabla 5.14. *Comparación del PCI en la UM 06.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	11	15	23
Clasificación	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Unidad de muestreo N°07

De la evaluación de las losas de la unidad de muestra N°07 en el ortomosaico a 60 m de altura las fallas que determinaron el PCI fueron: 7 fallas losa dividida de alta severidad, 5 losas divididas de mediana severidad, 4 fisuras de esquina de alta severidad y 2 fisuras de punzonamiento de alta severidad. En el ortomosaico a 90 m de altura las fallas fueron: 7 losas dividida de alta severidad, 4 losas divididas de mediana severidad, 3 fisuras de esquina de alta severidad y 2 de fallas por punzonamiento de alta severidad, finalmente a 120 m de altura de vuelo: 7 fallas de losas dividida de alta severidad, 4 fisuras de esquina de mediana severidad, 3 fallas por punzonamiento de mediana severidad, 2 fallas por punzonamiento de alta severidad.

Tabla 5.15. *Fallas existentes en la UM 07 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	0	2	4
22	M	4	4	4
22	H	4	3	2
23	M	5	4	3
23	H	7	7	7
28	L	0	0	1
28	M	2	2	2
28	H	2	2	2
31	0	4	4	0
34	M	1	2	3
34	H	2	2	2
36	L	4	4	6
36	H	1	2	2
37	0	2	0	0
38	M	1	1	1
39	L	1	2	2
39	M	1	0	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 8, 12, y 15 respectivamente.

Tabla 5.16. *Comparación del PCI en la UM 07.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	8	12	15
Clasificación	FALLADO	FALLADO	MUY MALO

Unidad de muestreo N°08

Las fallas que determinaron el valor del PCI a 60 metros de altura de vuelo fueron: 17 fallas tipo losa dividida con severidad alta, y 3 losas dividida con severidad media. En el ortomosaico obtenido a 90 m de altura las fallas más relevantes fueron: 16 fallas tipo losa dividida de alta severidad y 2 punzonamientos de alta severidad, finalmente las fallas más relevantes en el ortomosaico a 120 m de altura fueron: 14 losas divididas de alta severidad y 3 punzonamientos de alta severidad.

Tabla 5.17. *Fallas existentes en la UM 08 a diferentes alturas de vuelo.*

Código de falla	Severidad	Cantidad de fallas existentes		
		Altura a 60m	Altura a 90m	Altura a 120m
22	L	2	3	4
22	M	4	3	3
23	M	3	3	3
23	H	17	16	14
28	M	1	2	4
28	H	1	1	1
29	L	0	0	3
29	M	2	2	2
29	H	1	1	0
34	M	2	2	2
34	H	1	2	3
36	L	1	3	0
36	M	2	0	0
38	L	1	0	0
39	L	2	2	0

El PCI calculado en base a los ortomosaicos obtenidos a las alturas de 60 m, 90 m y 120 m fue de 18, 19, y 20 respectivamente.

Tabla 5.18. *Comparación del PCI en la UM 08.*

Descripción	Evaluación a diferentes alturas de vuelo		
	Altura a 60 m	Altura a 90 m	Altura a 120 m
Valor de PCI	18	19	20
Clasificación	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Resumen de cálculo del PCI obtenido con dron a diferentes alturas de vuelo.

Luego de calcular el PCI de cada unidad de muestra utilizando el dron a la altura de vuelo de 60 m, se procedió a calcular el PCI de toda la sección, siendo el valor calculado de 18.625 y obteniendo una clasificación de MUY MALO, de manera análoga se calculó el PCI de la misma sección, pero con el dron a las alturas de vuelo de 90 y 120 metros. Notamos que en todos los casos el PCI de la sección está en el intervalo de 10 a 25 por lo cual pertenecen a la clasificación MUY MALO.

Tabla 5.19. *Resumen del PCI obtenido con dron a diferentes alturas de vuelo.*

Unidades de muestra	Altura de vuelo 60 m		Altura de vuelo 90 m		Altura de vuelo 120 m	
	PCI	Clasificación	PCI	Clasificación	PCI	Clasificación
UM 01	28	Malo	29	Malo	33	Malo
UM 02	21	Muy malo	22	Muy malo	31	Malo
UM 03	16	Muy malo	21	Muy malo	22	Muy malo
UM 04	20	Muy malo	22	Muy malo	27	Malo
UM 05	27	Muy malo	27	Malo	27	Malo
UM 06	11	Muy malo	15	Muy malo	23	Muy malo
UM 07	8	Fallado	12	Muy malo	15	Muy malo
UM 08	18	Muy malo	19	Muy malo	20	Muy malo
PCI de la sección	18.625	Muy malo	20.875	Muy malo	24.75	Muy malo

Los valores del PCI en todas las unidades de muestra obtenidos con el dron a una altura de vuelo a 120 metros son mayores respecto al PCI obtenido con dron a las alturas de 60 y 90 metros, esto es consecuencia de que a mayor altura las ortofotos tomadas por el dron son de menor resolución y por lo tanto no se pueden observar las fallas en el pavimento con claridad, dificultando las mediciones de ancho o longitud de las fallas.

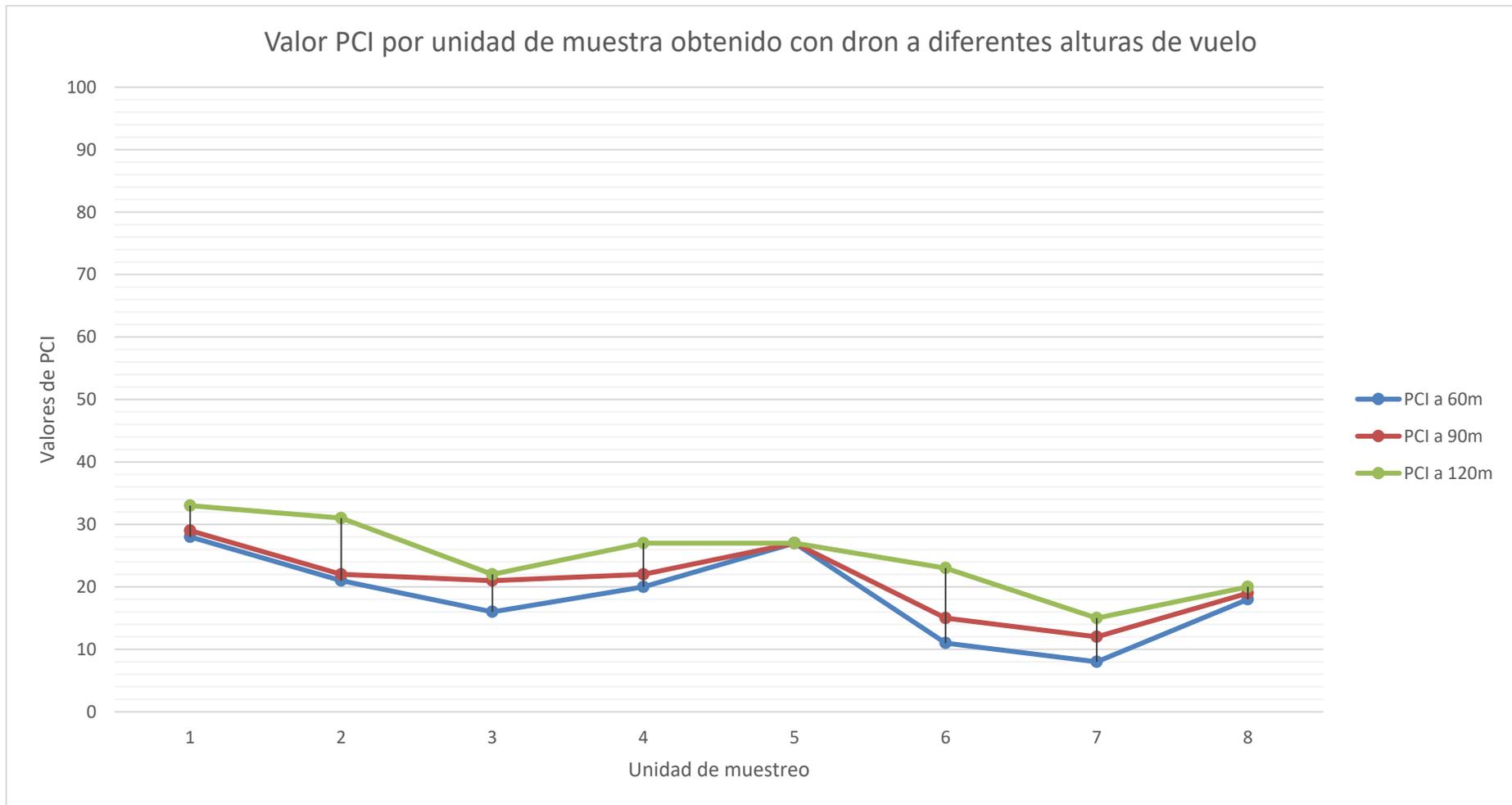


Figura 5.2. Valores de PCI obtenidos con dron a diferentes alturas de vuelo.

5.2.2. Resultados del objetivo específico 2

Para evaluar la influencia de la aplicación de la fotogrametría en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido se compararon los tiempos de las actividades de auscultación tanto en campo como en gabinete para las 8 unidades de muestra utilizando los ortomosaicos obtenidos mediante el dron a las alturas de vuelo de 60 m, 90 m y 120 m.

Tiempo para la auscultación del pavimento

El tiempo utilizado en las actividades de campo consta de: instalación del GPS diferencial, lectura de puntos de control con GPS diferencial, instalación del dron DJI Mavic 3E y el tiempo de vuelo del dron, estas actividades se realizaron para cada ejecución de las misiones de vuelo a las alturas de vuelo de 60 ,90 y 120 metros.

Tabla 5.20. *Tiempo utilizado para los trabajos en campo.*

Altura de vuelo (m)	Cantidad de personal	Cantidad de horas (h)	Cantidad de horas hombre	Cantidad de UM	Ratio
60	2	1.5	3	8	0.375
90	2	1.5	3	8	0.375
120	2	1.5	3	8	0.375

El tiempo necesario en el procesamiento de la información constó de las siguientes actividades: procesamiento de las ortofotos, obtención de los puntos de paso, mapas de profundidad, nube de puntos densa, modelo digital de elevaciones, el ortomosaico todo esto en el programa Agisoft metashape, la evaluación y el metrado de las fallas en las 8 unidades de muestra del pavimento rígido. Este procesamiento se realizó para cada información obtenida a las alturas de vuelo de 60 m, 90 m y 120 m. Se observa que las

ortofotos recogidas a 60 m de altura de vuelo necesitan más tiempo de procesamiento que las ortofotos obtenidas a 120 m de altura de vuelo.

Tabla 5.21. *Tiempo utilizado para los trabajos en gabinete.*

Altura de vuelo (m)	Cantidad de personal	Cantidad de horas (h)	Cantidad de horas hombre	Cantidad de UM	Ratio
60	1	12.08	12.08	8	1.51
90	1	9.03	9.03	8	1.13
120	1	6.13	6.13	8	0.77

El resumen del tiempo requerido para la recolección de la información en campo y para el procesamiento de la información se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 5.22. *Tiempo requerido para los trabajos de campo y de gabinete.*

Altura de vuelo (m)	Horas hombre (hh)		Total (hh)	Cantidad de UM	Ratio
	En campo	En gabinete			
60	3.00	12.08	15.08	8	1.89
90	3.00	9.03	12.03	8	1.50
120	3.00	6.13	9.13	8	1.14

5.2.3. Resultados del objetivo específico 3

Para determinar la manera en que afecta la aplicación de la fotogrametría en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido se compararon los costos de las actividades de auscultación: equipos, recursos humanos y materiales, tanto en campo como en gabinete para las 8 unidades de muestra utilizando los ortomosaicos obtenidos mediante el dron a las alturas de vuelo de 60 m, 90 m y 120 m.

Costo en la auscultación del pavimento

En cuanto a la evaluación del pavimento con el dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 60 metros el costo que involucra las actividades de campo y las

actividades de gabinete considerando los costos de equipos y mano de obra fue de S/. 401,70.

Tabla 5.23. Costo total de la evaluación a una altura de vuelo de 60 m.

Descripción	Cant.	Costo horario (S/)	N° de horas	Sub total (S/)
Costo equipos				103.125
Dron Mavic M3E	1	37.5	1.5	56.25
GPS diferencial South	1	31.25	1.5	46.875
Costo de mano de obra				298.571
Operación de dron				
Técnico topógrafo	1	20.83	1.5	31.245
Asistente	1	10.42	1.5	15.63
Evaluación de pavimento				
Especialista	1	20.83	12.08	251.696
	Total			401.696

Cuando se realizó la evaluación de la condición del pavimento con la información otorgada por el dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 90 m, el costo debido a las actividades de campo que básicamente consisten en la operación de los equipos fue similar al costo de las actividades de campo a una altura de vuelo de 60 m, para este caso el costo de la evaluación de las 8 unidades de muestra fue de S/. 338.00 soles.

Tabla 5.24. Costo total de la evaluación a una altura de vuelo de 90 m.

Descripción	Cant.	Costo horario (S/)	N° de horas	Sub total (S/)
Costo equipos				103.125
Dron DJI Mavic 3E	1	37.5	1.5	56.25
GPS diferencial South	1	31.25	1.5	46.875
Costo de mano de obra				234.866
Operación de dron				
Técnico topógrafo	1	20.83	1.5	31.245
Asistente	1	10.42	1.5	15.63
Evaluación de pavimento				
Especialista	1	20.83	9.03	187.991
	Total			337.991

Finalmente, el costo de la evaluación del pavimento a una altura de vuelo de 120 m se reduce a S/. 277.80 respecto de la evaluación del pavimento a una altura vuelo a 60 metros, esto debido a que el tiempo de procesamiento de la información se reduce considerablemente.

Tabla 5.25. *Costo total de la evaluación a una altura de vuelo de 120 m.*

Descripción	Cant.	Costo horario (S/)	N° de horas	Sub total (S/)
Costo equipos				103.125
Dron DJI Mavic 3E	1	37.5	1.5	56.25
GPS diferencial South	1	31.25	1.5	46.875
Costo de mano de obra				174.632
Operación de dron				
Técnico topógrafo	1	20.83	1.5	31.245
Asistente	1	10.42	1.5	15.63
Evaluación de pavimento				
Especialista	1	20.83	6.13	127.757
Total				277.757

Resumen de costos de evaluación del pavimento a diferentes alturas de vuelo del dron DJI Mavic 3E.

Tabla 5.26. *Resumen de costo total de la evaluación a diferentes alturas.*

Altura de vuelo (m)	Costos de equipos (S/.)	Costos de mano de obra (S/.)	Costo total S/.	Variación de costo (%)
60	103.125	298.571	S/ 401.70	100.00%
90	103.125	234.866	S/ 337.99	84.14%
120	103.125	174.632	S/ 277.76	69.15%

5.2.4. Procesamiento estadístico de los resultados

a) Tratamiento estadístico del objetivo específico 1

Realizando una clasificación y ordenamiento de datos se puede hacer las siguientes apreciaciones:

El 12.5% de la clasificación MALO de las unidades de muestra fue aumentando a medida que se aumentó la altura de vuelo del dron para la

evaluación del pavimento, esto debido algunas unidades de muestra pasaron de una clasificación a otra por causa de la resolución del ortomosaico, de manera análoga es la explicación para el caso de la unidad de muestra 08 que a la altura de vuelo de 60 metros se obtuvo un PCI de 8 teniendo la condición de FALLADO, y que esa misma unidad de muestreo a una altura de vuelo de 90 y 120 metros se obtenga un PCI de 12 y 15 respectivamente, pasando a una clasificación de MUY MALO.

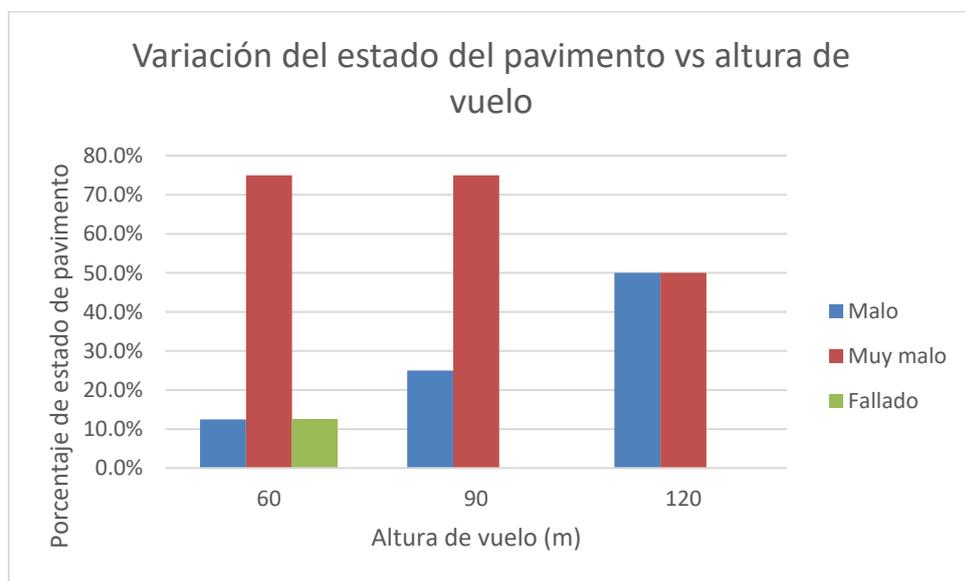


Figura 5.3. Variación de la clasificación de las UM con respecto a la altura de vuelo.

b) Tratamiento estadístico del objetivo específico 2

De los datos recolectados sobre los tiempos empleados en la evaluación de la condición del pavimento se tiene que el tiempo para los trabajos de campo fue constante al utilizar el dron a las 3 alturas de vuelo diferente, sin embargo el tiempo para los trabajos en gabinete fue disminuyendo a medida que fue aumentando la altura de vuelo, esto debido a que el dron a menor altura de vuelo toma mayor cantidad de ortofotos y a mayor cantidad de fotos mayor el tiempo de procesamiento de datos en las computadoras.

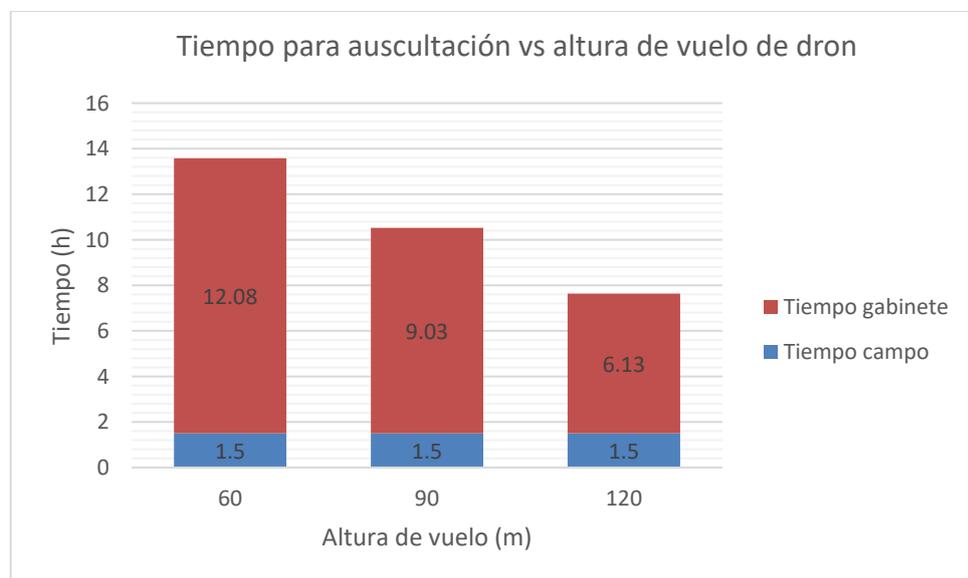


Figura 5.4. Tiempo para la auscultación con dron a diferentes alturas.

c) Tratamiento estadístico del objetivo específico 3

De los datos obtenidos respecto a los costos de las actividades de la evaluación del PCI se puede observar que los costos de los equipos se mantuvieron fijos para cada altura de vuelo del dron, pero los costos respecto a la mano de obra de la evaluación del PCI con dron va aumentando a medida que disminuye la altura de vuelo del dron, esto debido a que a menor altura de vuelo del dron se obtiene mayor información en las ortofotos, que ocasionó un mayor tiempo de procesamiento de la información.

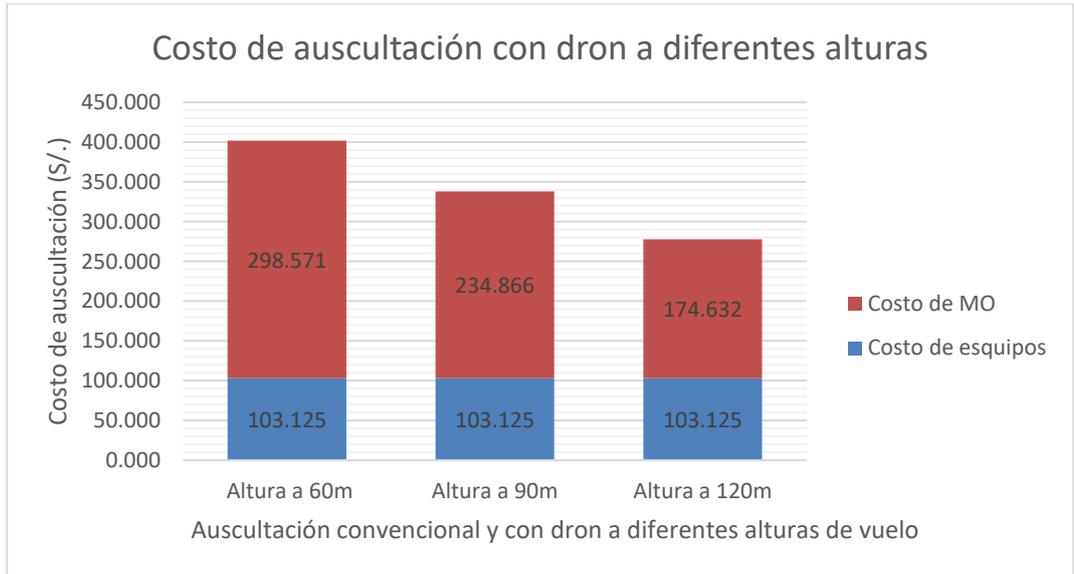


Figura 5.5. Costo de la auscultación con dron a diferentes alturas.

Para realizar la comparación del costo de la evaluación del PCI con dron a diferentes alturas de vuelo.

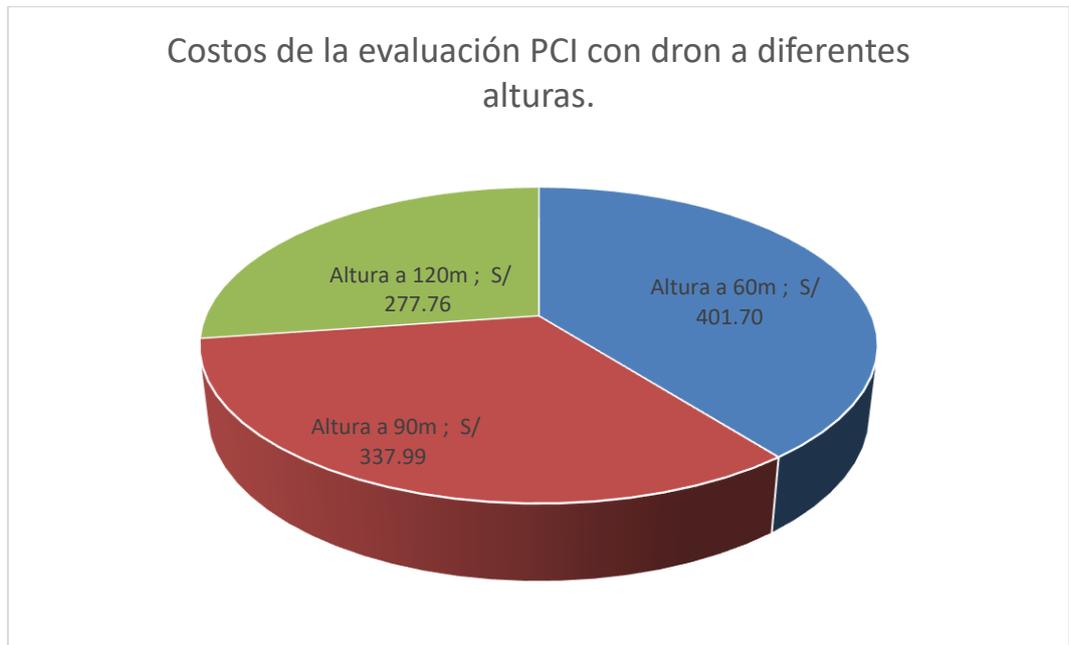


Figura 5.6. Costos en la auscultación con dron a diferentes alturas de vuelo.

Se observó que al realizar la evaluación del PCI utilizando el dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 60 metros, el costo se reduce en un 57.5% respecto

del método de evaluación convencional, ofreciendo resultados técnicos de calidad.

5.3. Contrastación de la hipótesis

5.3.1. Prueba de hipótesis específicas

a) Hipótesis específica 1

En referencia a la problemática planteada: **¿Cuál es la influencia de la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?** cuyo objetivo es establecer si existe dicha influencia, de igual forma se plantea la siguiente hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1), respectivamente:

- H_0 : La aplicación de la fotogrametría afecta significativamente en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.
- H_1 : La aplicación de la fotogrametría no afecta significativamente en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.

Para realizar la prueba de hipótesis específica “A” se tuvo que seleccionar dos pares de grupos:

Primero analizar la influencia de la fotogrametría utilizando dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 y 90 metros para la evaluación del pavimento rígido y obtener valores del PCI a dichas alturas de vuelo.

Por tanto, se realizó la prueba de hipótesis aplicando la prueba T de Student, para la comparación entre los datos obtenidos del Dron a la altura de vuelo

de 60 y 90 metros, cuyos resultados se muestran en las tablas, en la tabla se comprueba que el valor promedio y la desviación estándar del índice de condición del pavimento (PCI) obtenido mediante el dron Mavic M3E a una altura de vuelo de 60 metros (considerado como el patrón) son de 18.625 y 7.00892 respectivamente. Asimismo, el valor del promedio y la desviación estándar del índice de condición del pavimento (PCI) que se obtuvo utilizando el dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 90 metros son de 20.875 y 5.6426 respectivamente. Estos resultados evidencian una ligera variación de los datos de la evaluación del pavimento rígido mediante la metodología del PCI obtenidos utilizando el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 y 90 metros.

Tabla 5.27. Estadísticas de grupo del PCI con dron a 60m y 90 m de altura de vuelo.

Estadísticas de grupo					
	Altura de vuelo de dron	N	Media	Desv. Estándar	Media de error estándar
PCI	Altura de vuelo a 60 m	8	18.625	7.00892	2.47803
	Altura de vuelo a 90 m	8	20.875	5.6426	1.995

En el siguiente tabla se muestra el análisis que se realizó mediante la prueba T de Student, donde se hizo interactuar a la sub variable independiente: altura de vuelo de dron a 60 metros y a 90 metros, con las dimensiones de la variable dependiente: el índice de condición del Pavimento (PCI) a dichas alturas de vuelo de 60 y 90 metros, asimismo se comprueba que significación asintótica bilateral del estadístico (P de un factor) es de 0.246, resultado que es mayor al nivel de significancia establecida por el método del PCI que es de 5% o 0.05. Esto indica que la influencia de la fotogrametría para la evaluación

superficial del pavimento no es significativa para las alturas del vuelo del dron de 60 a 90 metros.

Tabla 5.28. Prueba de muestras del PCI con dron a 60 y 90 m de altura.

Prueba de muestras independientes											
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias									
		Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
		P de un factor	P de dos factores			Inferior	Superior				
	F	Sig.	t	gl							
PCI	Se asumen varianzas iguales	0.421	0.527	-0.7	14	0.246	0.491	-2.25	3.1813	-9.073	4.732
	No se asumen varianzas iguales			-0.7	13.39	0.246	0.491	-2.25	3.1813	-9.102	4.6025

El segundo análisis realizado fue la influencia de la fotogrametría utilizando dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 y 120 metros para la evaluación del pavimento rígido y obtener valores del PCI a dichas alturas de vuelo.

Por consiguiente, se realizó la prueba de hipótesis aplicando la prueba T de Student, para la comparación entre los datos obtenidos del Dron a la altura de vuelo de 60 y 120 metros, cuyos resultados se muestran en las tablas 5.27 y 5.28, en la tabla 5.27 se comprueba que el valor promedio y la desviación estándar del índice de condición del pavimento (PCI) obtenido mediante el dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 60 metros (considerado como el patrón) son de 18.625 y 7.00892 respectivamente. Asimismo, el valor del promedio y la desviación estándar del índice de condición del pavimento (PCI) que se obtuvo utilizando el dron DJI Mavic 3E a una altura de vuelo de 120 metros son de 24.75 y 5.9221 respectivamente. Estos resultados evidencian con claridad una variación considerable de los datos de la

evaluación del pavimento rígido mediante la metodología del PCI, obtenidos utilizando el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 y 120 metros.

Tabla 5.29. Estadísticas de grupo del PCI con dron a 60 y 120 m de altura de vuelo.

Estadísticas de grupo					
	Altura de vuelo de dron	N	Media	Desv. Estándar	Media de error estándar
PCI	Altura de vuelo a 60 m	8	18.625	7.00892	2.47803
	Altura de vuelo a 120 m	8	24.75	5.92211	2.09378

Sin embargo, es necesario evaluar la relevancia de estas diferencias, por lo cual se hace uso de la prueba T de Student, donde se hizo interactuar a la sub variable independiente: altura de vuelo de dron a 60 metros y a 120 metros, con el índice de condición del Pavimento (PCI) a dichas alturas de vuelo 60 y 120 metros respectivamente, asimismo se comprueba que significación asintótica bilateral del estadístico (P de un factor) es de 0.04, resultado que es claramente inferior al nivel de significancia establecida por el método del PCI que es de 5% o 0.05. Esto indica que la influencia de la fotogrametría para la evaluación superficial del pavimento es significativa para las alturas del vuelo del dron mayor a 120 metros.

Tabla 5.30. Prueba de muestras del PCI con dron a 60 y 120 m de altura.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
				Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia			
				P de un factor	P de dos factores			Inferior	Superior		
		F	Sig.	t	gl						
PCI	Se asumen varianzas iguales	0.12	0.73	-1.8	14	0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	No se asumen varianzas iguales			-1.8	13.6	0.04	0.081	0.08	0.08	0.08	0.08

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que la fotogrametría si influye en la evaluación superficial del pavimento cuando el dron recoge la información a alturas de vuelo mayores a 120 metros.

H₁: La aplicación de la fotogrametría afecta significativamente en la efectividad técnica de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023, evidenciando un nivel de significancia menor a 0.05.

b) Hipótesis específica 2

En referencia a la problemática planteada: **¿Cómo influye la aplicación de la fotogrametría en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?** cuyo objetivo es evaluar la forma de dicha influencia, de igual manera se plantea la siguiente hipótesis nula (H₀) y la hipótesis alterna (H₁), respectivamente:

- H₀: La aplicación de la fotogrametría influye favorablemente en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.

- H₁: La aplicación de la fotogrametría no influye favorablemente en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023

La forma de probar esta hipótesis se realizó por comparación de los datos obtenidos acerca de los tiempos en el desarrollo del trabajo de investigación.

En cuanto al tiempo, se hizo una comparación entre los tiempos empleados en cada evaluación del pavimento rígido mediante el PCI con el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60, 90 y 120 metros.

Tabla 5.31. *Porcentaje de reducción del tiempo para la auscultación con dron.*

Evaluación del pavimento	Cantidad de horas requeridas (h)			Porcentaje reducido de tiempo
	Campo	Gabinete	Total (h)	
Altura de vuelo de dron a:				
60 m	3.00	12.08	15.08	100.00%
90 m	3.00	9.03	12.03	79.72%
120 m	3.00	6.13	9.13	60.55%

Tomamos como referencia la evaluación con dron a la altura de vuelo de 60 metros, siendo el tiempo empleado de 15.08 horas y representando este valor al 100% del tiempo utilizado, la evaluación con dron a 90 metros de altura de vuelo requirió de 12.03 horas y al comparar este valor con el tiempo requerido en la evaluación a 60 metros de altura, se observa que se redujo en 20.28%, de la misma forma al comparar el tiempo de evaluación con dron a 120 metros de altura respecto al de 60 metros de altura, se observa que se redujo en 39.45 %.

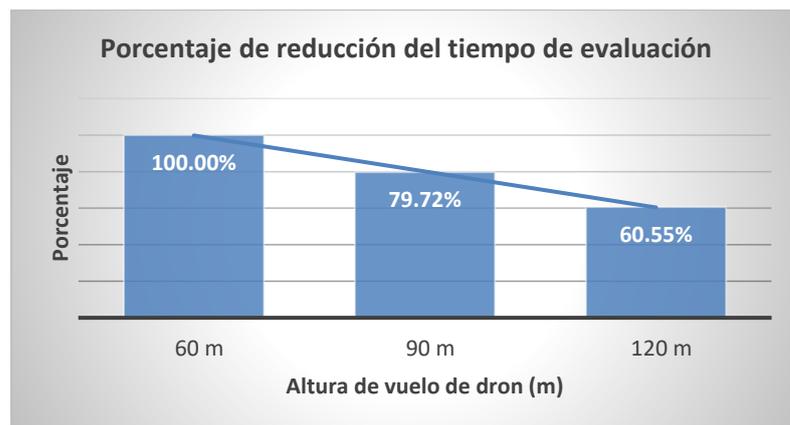


Figura 5.7. Porcentaje de reducción del tiempo para la auscultación con dron.

c) Hipótesis específica 3

Respecto al costo, se hizo una comparación entre los costos de la evaluación del pavimento con la fotogrametría con el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60, 90 y 120 metros.

Tabla 5.32. Comparación del costo de la auscultación con dron a diferentes alturas.

Evaluación de a condición del pavimento	Costos de equipos (S/.)	Costos de mano de obra (S/.)	Costo total S/.	Variación de costo (%)
60m	103.125	298.571	401.70	100.00%
90m	103.125	234.866	337.99	84.14%
120m	103.125	174.632	277.76	69.15%

Tomamos como referencia la evaluación superficial del pavimento utilizando el costo utilizando la fotogrametría con dron a diferentes alturas de vuelo. Para una altura de vuelo de 60 metros, el costo fue de S/. 401.7 y al compararlo con el costo requerido con dron a 90 metros de altura de vuelo que fue de S/. 337.99, se observa que se redujo en 15.86%, de la misma forma al comparar el tiempo de evaluación con dron a 60 y 120, se observa que se redujo en 30.85 %.

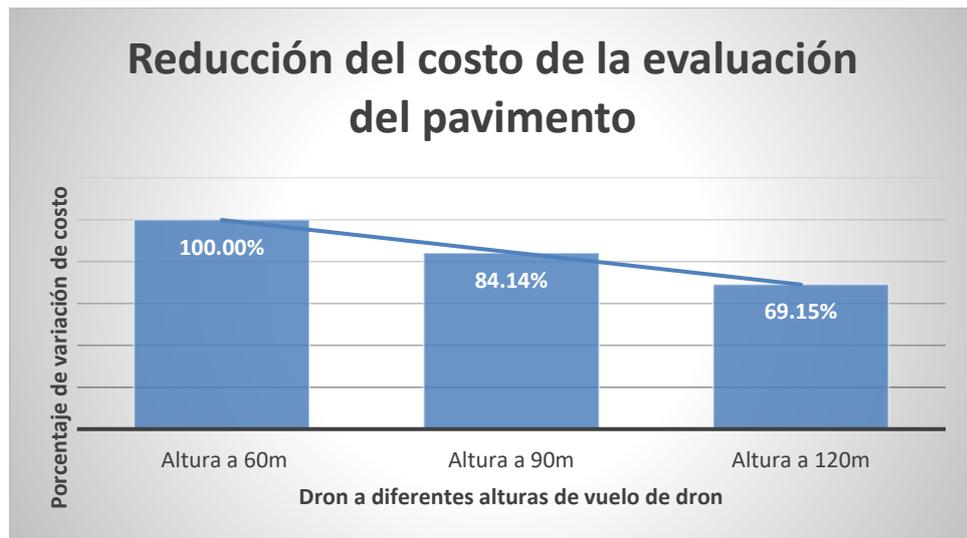


Figura 5.8. Comparación del costo de la auscultación con dron.

Luego de hacer las comparaciones en tiempo y costo de la evaluación del pavimento con dron a las alturas de vuelo a 60, 90 y 120 metros, se afirma que: el tiempo y costo requeridos para la evaluación del pavimento con dron a diferentes alturas disminuye conforme aumenta la altura de vuelo del dron. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna ya que el uso de la fotogrametría favorece en reducción de costos en la auscultación de pavimentos.

La aplicación de la fotogrametría afecta favorablemente en la efectividad económica de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.

5.3.2. Prueba de hipótesis general

De acuerdo al problema general planteado: **¿Cuál es el resultado de la efectividad técnico-económica de la fotogrametría en la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023?**, el cual tuvo como objetivo determinar el resultado de dicha efectividad y en función a eso se plantea lo siguiente: hipótesis nula e hipótesis alterna.

- H_0 : La aplicación de la fotogrametría no influye significativamente en la efectividad técnico-económica de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.
- H_1 : La aplicación de la fotogrametría influye significativamente en la efectividad técnico-económica de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.

Luego de realizar los tratamientos estadísticos se observa se validaron las hipótesis específicas alternas (H_1), en base a ello se afirma que la hipótesis general alterna es aceptada. El hecho de aceptar la hipótesis general alterna significa que la fotogrametría afectó significativamente en la efectividad técnico económico de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo como se planteó inicialmente en la hipótesis.

CAPITULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto a los resultados de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo mediante la fotogrametría, utilizando el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60, 90 y 120 m, se determinaron los valores del PCI de la vía siendo estos 18.625, 20.875 y 24.75 respectivamente. Asimismo, las ratios (hh/ UM) empleados para plazo de ejecución de la auscultación a 60, 90 y 120 m de altura fue disminuyendo de 1.89, 1.50 y 1.14. Finalmente, el costo de la auscultación a la altura de 60 m fue de S/. 401.7, a la altura de 90 m fue de S/. 337.99 y a la altura de 120 m fue de S/. 277.76. Luego de analizar y comprar estos resultados con trabajos de investigación citados en los antecedentes tenemos que:

Para Meza (2022) al realizar un levantamiento fotogramétrico con Dron Mavic 2 Pro a las alturas de vuelo de 60, 90 y 120 m de altura llegó a la conclusión de que al aumentar la altura de vuelo disminuye la precisión. A la altura de vuelo de 90 metros y con 15 puntos de control la precisión de la fotogrametría fue de 0.073 m en el plano XY y una precisión de 0.067 m en el eje Z, mientras que a 120 metros de altura de vuelo la precisión fue de 0.081 m y 0.078 m respectivamente, siendo la diferencia de las precisiones de 1cm tanto en el plano XY como en el eje Z. Respecto al tiempo, el investigador indica que a la altura de 90 metros el tiempo fue de 31 minutos, y a 120 metros de altura de vuelo fue de 23 minutos. Al aplicar estos criterios al presente trabajo de investigación resultan muy determinantes para la clasificación de la severidad (leve, medio y alto) de las fallas en el pavimento rígido, ya que por ejemplo en el caso de las fisuras lineales, el nivel de severidad depende del ancho de la fisura y esta se expresa en milímetros, una mala medición de una fisura lineal podría alterar la severidad de la falla

y por consiguiente el cálculo del PCI de la unidad de muestra. Esto explica el por qué el valor del PCI de la auscultación mediante el dron a 120 metros de altura de vuelo se diferencia en 6.08 unidades de diferencia respecto a 60 metros de altura de vuelo.

Los resultados obtenidos por Cubas, (2021) al evaluar de la condición del pavimento flexible de 678 m lineales, utilizando el dron Phantom 4 Pro V2.0 a una altura de vuelo de 20 m, obtuvo como resultado de su evaluación un valor del PCI de 51 con una clasificación de “BUENO”, también hizo la evaluación del pavimento por el método convencional y obtuvo un PCI de 59 con una clasificación de “BUENO”. Asimismo, el uso del dron Phantom 4 Pro V2.0 redujo el tiempo de evaluación sobre el método convencional en un 35% y el costo de la evaluación en un 28 % con respecto al costo de la evaluación por el método convencional. Al comparar estos valores con los obtenidos en el desarrollo de esta tesis, en cuanto al costo de auscultación también se redujo en 24% de los costos de la evaluación con dron a 60 metros de altura respecto a los costos de 120 metros, y con respeto al tiempo se redujo en 39.45 % respectivamente.

El investigador Quispe (2020), utilizó el dron Phantom 4 pro V2.0 para evaluar la condición Av. Miraflores en el distrito de Comas con una longitud de 1246.6 m obtuvo como resultados el valor del PCI de la vía fue de 50 (estado regular), y utilizando la medición directa el PCI fue de 49 (estado regular). La variación del valor PCI fue solo 1, esto debido a que el pavimento en estudio no presentaba demasiadas fallas tanto en tipo como en cantidad y severidad, a diferencia de esta tesis en donde el pavimento evidenció una gran cantidad de fallas.

Cruz y Guitierrez (2019), al evaluar la condición de un conjunto de vías utilizando dron Phantom 4 Pro a 20 m de altura de vuelo obtuvieron un PCI de 33.85, y con el método tradicional el PCI fue de 35.85, el tiempo empleado mediante el dron fue 4.5 horas, mientras que por el método tradicional fue de 5.5 horas, indicando una reducción considerable del tiempo de evaluación de la condición del pavimento entre los métodos VANT y tradicional, que en analogía con el presente trabajo de investigación también coincide con la reducción del tiempo de evaluación a mayor altura de vuelo.

Para garantizar la confiabilidad de las mediciones de longitud y profundidad de las fallas que se analizaron en esta tesis se utilizó la investigación realizada por Zeybek y Serkan (2020), quienes realizaron mediciones de las fallas en 100 m de pavimento flexible utilizando el método tradicional y el dron DJI Phantom 4 RTK de 20 M CMOS, , el error entre la medida tradicional y mediante UVA para las medidas de longitud de las fallas

estuvo entre los rangos de 0.1 cm a 3.7 cm para la profundidad y en un rango de 2 cm a 15.5 cm fue para la longitud, se calculó el RMSE, para la longitud fue de 0.076 y para la profundidad fue de 0.009, concluyendo que la comparación de las medidas de fallas por ambos métodos produce resultados similares.

Cárdenas et. al (2019), en la ciudad de Bogotá realizaron la auscultación visual de 0.912 Km del pavimento flexible mediante dron DJI Phantom 4 pro a la altura de vuelo de 30 m comparando las metodologías PCI y Vizir, las fallas encontradas fueron: parcheo con 14.32%, ahuellamiento con 6.78% y desprendimiento de agregados con 2.54% obtuvieron un valor de PCI de 52 con una clasificación de regular.

En la investigación de Vargas (2018), quien utilizó sensores remotos (dron DJI Phantom 3) con un vuelo de altura a 30 metros determinó que el costo de la evaluación del pavimento por el método convencional fue de \$/. 214.20 mientras que el costo de la inspección con Dron fue de \$/. 429.95, este dato refuerza la hipótesis específica 3 formulada en este trabajo de investigación, ya que luego de la experimentación se determinó que la aplicación de la fotogrametría si influye en el costo de evaluación del pavimento. Respecto al tiempo de trabajo para la evaluación con dron fue de 1 hora y convencionalmente el tiempo fue de 7 horas, estos resultados apoyan a la hipótesis específica 3 formulada en esta tesis, ya que se determinó que la aplicación de la fotogrametría influye en el costo de la auscultación del pavimento.

En el trabajo de investigación realizado en Ecuador, Pucha y Zárate (2020), utilizaron el VANT Mavic Pro a una altura de vuelo de 25 m para la evaluación de 680m de pavimento rígido, resultados tuvieron una precisión inferior a los 0.03 m. El error de las mediciones de las fallas entre el método convencional y el VANT para grietas lineales fue de 1.5cm, y para las fallas que consisten en mediar áreas (parches) fue de 0.03m².

CONCLUSIONES

1. La efectividad técnica de la fotogrametría en la auscultación del pavimento está en función de la altura de vuelo del Dron DJI Mavic 3E, toda vez que al aumentar la altura de vuelo los valores del PCI también aumentaron. En cuanto a la efectividad económica la aplicación de la fotogrametría con ortomosaico obtenido a diferentes alturas es inversamente proporcional al plazo y al costo de ejecución de la auscultación del pavimento.
2. Se establece que la influencia de la aplicación de la fotogrametría es directamente proporcional al cálculo del valor del PCI del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo. El valor del PCI obtenido con el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 m y 90 m es de 18.62 y 20.875 y luego de evaluar la confiabilidad utilizando la prueba T de Student, el **p de un factor** fue de 0.246, dato que es mayor al error de 5%, de esta manera se infiere con una confiabilidad de 95% que no hay diferencia relevante entre las medias del PCI de los dos grupos. Sin embargo, al comparar los grupos de PCI obtenidos con el dron DJI Mavic 3E a las alturas de vuelo de 60 m y 120 m fueron de 18.62 y 24.75 y luego de evaluar la confiabilidad utilizando la prueba T de Student, el **p de un factor** fue de 0.04, dato que es menor al error de 5%, de esta manera se infiere con una confiabilidad de 95% que existe diferencia relevante entre las medias del PCI de los dos grupos.
3. El tiempo empleado en la auscultación del pavimento, mediante la aplicación de la fotogrametría utilizando el dron DJI Mavic 3E se redujo en 39.45% para la altura de vuelo de 120 m respecto a la altura de 60 m y se redujo en un 20.28 % para la altura de vuelo de 90 m respecto a los 60 m.
4. El costo empleado en la auscultación del pavimento, mediante la aplicación de la fotogrametría utilizando el dron DJI Mavic 3E se redujo en 15.85% para la altura de vuelo de 60 m respecto a la altura de 90 m y se redujo en un 30.85 % para la altura de vuelo de 60 m respecto a los 120 m de altura de vuelo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el vuelo del dron en el horario de 11 a.m. a 1 p.m. para obtener imágenes del pavimento sin presencia de sombra que se pueden generar por la existencia de edificios, árboles, poste de energía eléctrica.
2. No realizar el vuelo del dron en presencia de lluvias o vientos fuertes con fin de salvaguardar el equipo, y antes de realizar el vuelo del dron inspeccionar la zona de trabajo verificando la presencia de edificios de gran altura (30 metros), árboles, antenas de telecomunicaciones, postes eléctricos, cableado que interfiera con la conexión mediante Wi Fi entre los equipos.
3. La altura de vuelo optima dependerá de la resolución de la cámara del dron, en este trabajo de investigación utilizando el dron DJI Mavic 3E cuya resolución de la cámara es de 20 megapíxeles la altura de vuelo optima estuvo en el intervalo de 60 a 90 metros, para la fotogrametría con dron con una cámara de diferente resolución se debe determinar la altura de vuelo óptima para dicha resolución.
4. Utilizar la cantidad de puntos de control suficientes en relación al área de trabajo, y distribuirlos estratégicamente en el terreno para darle mayor precisión al trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

1. BERRIOS A., FLORES J. , RAMOS, C. y REYES M. Comparación de la evaluación superficial del pavimento empleando un vehículo aéreo no tripulado (vant) y la forma tradicional de evaluación visual del método PCI, (Título de Ingeniero Civil). El Salvador: Universidad de El Salvador, 2020. 339 pp. [fecha de consulta: 12 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22319/>.
2. BORJA. M. Metodología de la investigación científica para ingenieros. [en línea]. Chiclayo, 2016. [fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. ISBN: 9789942765444. Disponible en: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-catolica-santa-maria-la-antigua/procesos-industriales/3-metodologia-de-inv-cientifica-para-ingenieros-borja/15765935>.
3. CARDENAS D., HOLGUIN O. y ZABALA Z. Auscultación visual realizada mediante el dron DJI Phantom 4 pro, con implementación de metodologías VIZIR y PCI para pavimentos flexibles en la carrera 69b sur entre la avenida primera de Mayo y calle 9 a sur - barrio Villa Claudia – ciudad Bogotá, (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2019. 60 pp. [fecha de consulta: 09 de agosto de 2023]. Disponible en : <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6515>.
4. CARRASCO, D. Metodología de la investigación científica [en línea]. 2da Perú: San Marcos, 2006 [fecha de consulta: 21 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_
5. CRUZ. J, & GUTIERREZ, J. Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT): Métodos y materiales [en línea]. Julio, 2018 [fecha de consulta: 12 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/34113>.

6. CUBAS, J. Uso de un dron para optimizar la evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI en la Av. Los Conquistadores, distrito de San Isidro, Lima – 2021, (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2021. 253 pp. [fecha de consulta: 09 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29126>.

7. DÁVALOS, P. Aerofotogrametría Inteligente. [en Línea]. Cusco, 2016. [fecha de consulta: 18 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/467656/Libro_Aerofotogrametr_a_Inteligente_AFI.pdf.

8. GARCÍA, C. Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: una aplicación a los hospitales del INSALUD, (Título de Doctor). España: Universidad de Valladolid, 2002. 235 pp. [fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en : <https://www.cervantesvirtual.com/obra/analisis-de-la-eficiencia-tecnica-y-asignativa-a-traves-de-las-fronteras-estocasticas-de-costes-una-aplicacion-a-los-hospitales-del-insalud--0/>.

09. GUTIERRES, P. Calidad y productividad. [en línea]. 4. ed. México. McGrawHill. S.A. 2014. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2023]. Disponible en :https://www.academia.edu/85396777/Calidad_y_productividad_Humberto_Guti%C3%A9rrez_Pulido_

10. HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2014. Metodología para la Investigación. 5ta . Mexico : McGraw Hill, 2014. 978-607-15-0291-9.

11. HUAMAN, D. Análisis comparativo de un levantamiento fotogramétrico con diferentes alturas de vuelo y cantidades de puntos de apoyo usando drones (Título de Ingeniería Agrícola). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2022. 115 pp. [fecha de consulta: 13 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3339?locale-attribute=es>.

12. MAMANI, F. Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG y VANT. Ingeniería investiga [en línea]. Febrero, 2023. [fecha de consulta: 15 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/789>.

13. MEZA, D. Análisis comparativo de un levantamiento fotogramétrico con diferentes alturas de vuelo y cantidades de puntos de apoyo usando drones (Título de Ingeniería Agrícola). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2022. 115 pp. [fecha de consulta: 13 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3339?locale-attribute=es>.
14. ORELLANA, R. Aerofotogrametría para principiantes. [en Línea]. Santiago de Chile, 2021. [fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-federico-villarreal/fotogrametria/fotogrametria-con-dron-para-principiante/23914369>.
15. PUCHA, P., & ZÁRATE, B. Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado. Avances: Investigación en Ingeniería [en línea]. Agosto, 2020 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6599>.
16. QUIRÓS, E. Introducción a la Fotogrametría y Cartografía Aplicadas a la Ingeniería Civil [en Línea]. España: Universidad de Extremadura, 2014 [fecha de consulta: 15 de agosto de 2023]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/272090105_Introduccion_a_la_Fotogrametria_y_Cartografia_aplicadas_a_la_Ingenieria_Civil.
17. QUISPE, O. Evaluación de confiabilidad del dron Phantom 4 Pro V2.0 para calcular el índice de condición del pavimento flexible en Av. Miraflores del distrito de Comas, Lima - 2020, (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2020. 134 pp. [fecha de consulta: 11 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25498>.
18. SUPO, J. Metodología de la investigación científica. 3. ed. Arequipa. Bioestadístico EEDU. 2020. 321 pp.
19. SANTAMARÍA, J., & SANZ, T. Fundamentos de Fotogrametría. [en Línea]. Logroño: Universidad de la Rioja, 2011.[fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en <https://www.google.com/search?q=Fundamentos+de+Fotogrametr%C3%ADa&aq=Fundamentos+de+Fotogrametr%C3%ADa&aqs=chrome..69i57j0i22i30.2001j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8&bsh=rimc/1>.

20. VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos de tesis de investigación científica. 2. ed. Lima. San Marcos. 2017. 495 pp.
21. VARGAS, C. Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de la calle séptima en el municipio de Cajica Cundinamarca. (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Nacional de Nueva Granada, 2018. 93 pp. [fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en : <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/20509>.
22. VÁSQUEZ, V. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carretera [en Línea]. Colombia: Universidad de Colombia, 2002 [fecha de consulta: 15 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>.
23. ZEYBEK, M., & SERKAN, B. Road distress measurements using UAV. Turkish J. Remote Sens. GIS, vol. 1, n.º1 [en línea]. Marzo, 2020 [fecha de consulta: 15 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339947423_Road_Distress_Measurements_Using_UAV.

PÁGINAS WEB INSTITUCIONAL

14. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. [fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en: www.mtc.gob.pe
15. MINISTERIO de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2016). Manual de auscultación visual de pavimentos de Costa Rica MAV 2016. [fecha de consulta: 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/850>.
16. SECRETARÍA de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2014). Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México. [fecha de consulta: 18 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/guias-tecnicas/>.

ANEXOS

Anexo N°01. Matriz de consistencia

Título: Efectividad técnico-económica de la fotogrametría en la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	Variables y dimensiones		Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	
¿Cuál es el resultado de la efectividad técnico-económica de la fotogrametría en la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023?	Determinar el resultado de la efectividad técnico – económica de la fotogrametría de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.	La aplicación de la fotogrametría influye significativamente en la efectividad técnico-económica de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.	VI: Efectividad técnico económica de la fotogrametría	Altura de vuelo de dron DJI Mavic 3E	Método de investigación General: Científico Específico: Nivel de investigación Correlacional Tipo de investigación: Aplicada Diseño de la investigación: Experimental
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿Cuál es la influencia de la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?	Establecer la influencia de la aplicación de la fotogrametría en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.	La aplicación de la fotogrametría afecta significativamente en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.		Evaluación de la condición del pavimento	Transversal Población Calle San Judas Tadeo
¿Cómo influye la aplicación de la fotogrametría en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?	Evaluar la influencia de la aplicación de la fotogrametría en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo 2023.	La aplicación de la fotogrametría influye favorablemente en el plazo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.	VD: Auscultación de pavimentos	Plazo de ejecución	Muestra 8 unidades muestréales Técnica de investigación Observación directa
¿De qué manera afecta la aplicación de la fotogrametría en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023?	Determinar la manera en que afecta la aplicación de la fotogrametría en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.	La aplicación de la fotogrametría afecta significativamente en el costo de ejecución de la auscultación del pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo – 2023.		Costo de ejecución	Análisis documental Instrumento de recolección de datos: Hoja de registro

Anexo N°02. Matriz de operacionalización de variables

Título: Efectividad técnico-económico de la fotogrametría en la auscultación de pavimento rígido de la Calle San Judas Tadeo – Huancayo - 2023.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
VI: Efectividad técnico económica de la fotogrametría.	Según Santamaría (2011) La fotogrametría utiliza el estudio de las fotografías de la superficie del terreno para representarlas en un plano topográfico.	Técnicamente la fotogrametría se utilizó para obtener ortomosaicos del pavimento rígido con el dron DJI Mavic 3E a diferentes alturas de vuelo, a la vez se pudo hacer una comparación de los costos involucrados en dichas actividades.	Altura de vuelo de dron DJI Mavic 3E	60	m	Razón
				90	m	Razón
				120	m	Razón
			Ortomosaico	Distancia de muestreo del suelo (GSD)	cm/pixel	Razón
VD: Auscultación de pavimentos.	La auscultación son los pasos consistentes en recolectar datos, procesarlos e interpretarlos para caracterizar y evaluar el estado superficial de los pavimentos. Manual de auscultación visual de pavimentos de Costa Rica (2016).	A partir de los datos obtenidos se pudo caracterizar las patologías del pavimento de acuerdo a la metodología PCI y determinar el índice de condición del pavimento.	Evaluación de la condición del pavimento	PCI	%	Intervalo
			Plazo de ejecución	Tiempo para la auscultación	horas	Razón
			Costo de ejecución	Costo de la auscultación	S/.	Razón

Anexo N°03. Matriz de operacionalización de instrumentos

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	INSTRUMENTO	ESCALA			
						1	2	3	4
VI: Efectividad técnico económica de la fotogrametría.	Altura de vuelo de dron DJI Mavic 3E	60	m	Razón	Dron Mavic 3E		X		
		90	m	Razón	Dron Mavic 3E		X		
		120	m	Razón	Dron Mavic 3E		X		
	Ortomosaico	Distancia de muestreo del suelo (GSD)	cm/pixel	Razón	Software PixforD				X
VD: Auscultación de pavimentos.	Evaluación de la condición del pavimento	PCI	%	Intervalo	Ficha de recolección de datos según PCI		X		
	Plazo de ejecución	Tiempo para la auscultación	horas	Razón	Calculo numérico		X		
	Costo de ejecución	Costo de la auscultación	S/.	Razón	Calculo numérico		X		

Anexo N° 04. Formatos para evaluación del PCI.

Ficha de registro de fallas en el pavimento rígido con dron a 60 metros de altura de vuelo.

UPLA UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				Esquema:	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	
Evaluado por:	Jhon Heber Cossio Pariona	Nombre de la vía:					
Fecha :	6/11/2023	Ubicación: Huancayo-Junín		Calle San Judas Tadeo			
Progresiva inicial:	0+000	Unidad de muestreo:	1	Método:	Dron		
Progresiva final:	0+078	Número de losas:	26	Altura de vuelo (m) :	60		
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico							
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido						
22. Fisura de esquina	32. Popouts						
23. Losa dividida	33. Bombeo						
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento						
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea						
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascaramiento mapa de fisuras,craquelado						
27. Desnivel carril- berma	37. Fisuras de contracción						
28. Fisuras lineales	38. Descascaramiento de esquina						
29. Parches grandes	39. Descascaramiento de junta						
30. Parches pequeños							

Código de falla	Severidad	FALLAS EXISTENTES EN CADA LOSA DE LA UM-01																										Total	Densidad %	Valor deducido					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26								
22	L			1										1	1													4	15.38	11					
23	M						1			1																1		4	15.38	28					
23	H	1			1	1				1	1														1	1	1	9	34.62	66					
28	M					1					1	1															3	11.54	9						
28	H	1					1												1	1							4	15.38	24						
29	L													1	1												2	7.69	2						
29	M	1				1	1				1	1		1	1												5	19.23	10						
31		1	1				1				1	1	1	1	1	1											9	34.62	5						
36	L												1														1	3.85	1						
36	H		1										1	1													3	11.54	8						
37			1									1							1		1						4	15.38	2						
38	L		1																	1							2	7.69	2						
39	L											1															1	3.85	2						
39	M		1			1																					2	7.69	3						
							Total VD=																										173		

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	66
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.12

CALCULO DEL PCI							
Nº	VALORES DEDUCIDOS				TDV	q	CDV
1	66	28	24	11	129	4	71
2	66	28	24	2	120	3	72
3	66	28	2	2	98	2	67
4	66	2	2	2	72	1	72
						MAX CDV=	72

PCI= 28	CALIFICACION= MALO
---------	--------------------

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema:	
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:	
Fecha : 6/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín	
Progresiva inicial: 0+156		Unidad de muestreo: 3	
Progresiva final: 0+234		Número de losas: 26	
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico		Método: Dron	
Altura de vuelo (m) : 60		Losa 2: 22L,28H, 29H,36M,37	
21. Levantamiento/pandeo		Losa 1: 23H	
22. Fisura de esquina		Losa 4:23M	
23. Losa dividida		Losa 6: 22L,28H,36M	
24. Fisura de durabilidad "D"		Losa 8: 23H	
25. Escalonamiento		Losa10:22L,28M,29M	
26. Daño en el sello de la junta		Losa 12: 29H,34M	
27. Desnivel carril- berma		Losa14:28M,29H,34	
28. Fisuras lineales		Losa 16:28H,29M 36L,37,39M	
29. Parches grandes		Losa 18:23H	
30. Parches pequeños		Losa 20: 23H	
31. Agregado pulido		Losa 22: 23H	
32. Popouts		Losa 24: 23M	
33. Bombeo		Losa 26: 22L,29M, 34H	
34. Punzonamiento		Losa 1: 23H	
35. Cruce de vía férrea		Losa 3: 23H	
36. Descascaramiento mapa de fisuras,craquelado		Losa 5: 23H	
37. Fisuras de contracción		Losa 7: 23H	
38. Descascaramiento de esquina		Losa 9: 23H	
39. Descascaramiento de junta		Losa 11: 23M	
		Losa 13: 23H	
		Losa 15: 29M,37	
		Losa 17: 29M,36L,37	
		Losa 19: 29M,34M	
		Losa 21: 37	
		Losa 23: 29H,34H,36L	
		Losa 25: 22L,29H 36L,37,38L	

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-03																										Total	Densidad %	Valor deducido
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
22	L		1			1				1																1	1	5	19.23	18
23	M				1						1															1		3	11.54	26
23	H	1		1		1	1	1					1						1		1		1				10	38.46	67	
28	M										1			1														2	7.69	7
28	H		1			1										1											3	11.54	20	
29	M										1				1	1	1		1								1	6	23.08	14
29	H		1										1		1								1		1		5	19.23	28	
34	M												1														2	7.69	19	
34	H													1										1		1	3	11.54	36	
36	L															1	1							1	1		4	15.38	4	
36	M		1			1																					2	7.69	6	
37			1			1									1	1	1					1				1	7	26.92	2	
38	L																								1		1	3.85	1	
39	L					1																			1		2	7.69	2	
39	M																1										1	3.85	1	
																	Total VD=	251												

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$		CALCULO DEL PCI				
Rango	Clasificación	Valor deducido más alto (HDV _i):	67	Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
100-85	Excelente	Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.03	1	67 36 28 26	157	4	84
85-70	Muy bueno			2	67 36 28 2	133	3	80
70-55	Bueno			3	67 36 2 2	107	2	73
55-40	Regular			67	2 2 2	73	1	73
40-25	Malo							MAX CDV= 84
25-10	Muy malo							
10-0	Fallado							

PCI=	16	CALIFICACION=	MUY MALO
------	----	---------------	----------

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema:																											
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona Fecha: 6/11/2023 Progresiva inicial: 0+234 Progresiva final: 0+312	Ubicación: Huancayo-Junín Unidad de muestreo: 4 Número de losas: 26	Nombre de la vía: Calle San Judas Tadeo Método: Dron Altura de vuelo (m): 60	<table border="1"> <tr><td>Losa 2: 36M</td><td>Losa 1: 22L</td></tr> <tr><td>Losa 4: 22H,36M</td><td>Losa 3: 22H,31,36M</td></tr> <tr><td>Losa 6: 22M,28H,31,36</td><td>Losa 5: 22L,36L</td></tr> <tr><td>Losa 8: 23H</td><td>Losa 7: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 10: 28L, 34M,36H,39L</td><td>Losa 9: 28H,36L</td></tr> <tr><td>Losa 12: 23H</td><td>Losa 11: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 14: 23H</td><td>Losa 13: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 16: 23H</td><td>Losa 15: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 18: 23M</td><td>Losa 17: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 20: 28H,31</td><td>Losa 19: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 22: 28H,31</td><td>Losa 21: 22L, 28H,34H,37</td></tr> <tr><td>Losa 24: 23H</td><td>Losa 23: 28H,31</td></tr> <tr><td>Losa 26: 31,34H</td><td>Losa 25: 28H,31</td></tr> </table>	Losa 2: 36M	Losa 1: 22L	Losa 4: 22H,36M	Losa 3: 22H,31,36M	Losa 6: 22M,28H,31,36	Losa 5: 22L,36L	Losa 8: 23H	Losa 7: 23H	Losa 10: 28L, 34M,36H,39L	Losa 9: 28H,36L	Losa 12: 23H	Losa 11: 23H	Losa 14: 23H	Losa 13: 23H	Losa 16: 23H	Losa 15: 23M	Losa 18: 23M	Losa 17: 23M	Losa 20: 28H,31	Losa 19: 23H	Losa 22: 28H,31	Losa 21: 22L, 28H,34H,37	Losa 24: 23H	Losa 23: 28H,31	Losa 26: 31,34H	Losa 25: 28H,31
Losa 2: 36M	Losa 1: 22L																												
Losa 4: 22H,36M	Losa 3: 22H,31,36M																												
Losa 6: 22M,28H,31,36	Losa 5: 22L,36L																												
Losa 8: 23H	Losa 7: 23H																												
Losa 10: 28L, 34M,36H,39L	Losa 9: 28H,36L																												
Losa 12: 23H	Losa 11: 23H																												
Losa 14: 23H	Losa 13: 23H																												
Losa 16: 23H	Losa 15: 23M																												
Losa 18: 23M	Losa 17: 23M																												
Losa 20: 28H,31	Losa 19: 23H																												
Losa 22: 28H,31	Losa 21: 22L, 28H,34H,37																												
Losa 24: 23H	Losa 23: 28H,31																												
Losa 26: 31,34H	Losa 25: 28H,31																												
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico																													
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido																												
22. Fisura de esquina	32. Popouts																												
23. Losa dividida	33. Bombeo																												
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento																												
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea																												
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras, craquelado																												
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción																												
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina																												
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta																												
30. Parches pequeños																													

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-04																										Total	Densidad %	Valor deducido		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26					
22	L	1				1																						1	3	11.54	12	
22	M					1																							1	3.85	4	
22	H			1	1																								2	7.69	22	
23	M																															
23	H																															
28	L																															
28	H																															
31																																
34	M																															
34	H																															
36	L																															
36	M																															
36	H																															
37																																
39	L																															
		Total VD=																										233.5				

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$	CALCULO DEL PCI				
Rango	Clasificación		Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
100-85	Excelente		1	65 33 27 23	148	4	80
85-70	Muy bueno		2	65 33 27 2	127	3	77
70-55	Bueno		3	65 33 2 2	102	2	70
55-40	Regular		4	65 2 2 2	71	1	71
40-25	Malo	MAX CDV= 80					
25-10	Muy malo	PCI= 20	CALIFICACION= MUY MALO				
10-0	Fallado						

		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				Esquema:																									
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						<table border="1"> <tr><td>Losa 2: 31,34M</td><td>Losa 1: 31</td></tr> <tr><td>Losa 4: 22L,28M,29L,3</td><td>Losa 3: 22L,31</td></tr> <tr><td>Losa 6: 23H</td><td>Losa 5: 29L,39L</td></tr> <tr><td>Losa 8: 23H</td><td>Losa 7: 34M,39L</td></tr> <tr><td>Losa 10: 22L,28H,31,39L</td><td>Losa 9: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 12: 28H,31</td><td>Losa 11: 22L,28M,34M</td></tr> <tr><td>Losa 14: 23H</td><td>Losa 13: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 16: 23H</td><td>Losa 15: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 18: 23H</td><td>Losa 17: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 20: 23M</td><td>Losa 19: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 22: 31</td><td>Losa 21: 28M,34H</td></tr> <tr><td></td><td>Losa 23: 39L</td></tr> </table>		Losa 2: 31,34M	Losa 1: 31	Losa 4: 22L,28M,29L,3	Losa 3: 22L,31	Losa 6: 23H	Losa 5: 29L,39L	Losa 8: 23H	Losa 7: 34M,39L	Losa 10: 22L,28H,31,39L	Losa 9: 23H	Losa 12: 28H,31	Losa 11: 22L,28M,34M	Losa 14: 23H	Losa 13: 23H	Losa 16: 23H	Losa 15: 23M	Losa 18: 23H	Losa 17: 23H	Losa 20: 23M	Losa 19: 23H	Losa 22: 31	Losa 21: 28M,34H		Losa 23: 39L
Losa 2: 31,34M	Losa 1: 31																														
Losa 4: 22L,28M,29L,3	Losa 3: 22L,31																														
Losa 6: 23H	Losa 5: 29L,39L																														
Losa 8: 23H	Losa 7: 34M,39L																														
Losa 10: 22L,28H,31,39L	Losa 9: 23H																														
Losa 12: 28H,31	Losa 11: 22L,28M,34M																														
Losa 14: 23H	Losa 13: 23H																														
Losa 16: 23H	Losa 15: 23M																														
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H																														
Losa 20: 23M	Losa 19: 23H																														
Losa 22: 31	Losa 21: 28M,34H																														
	Losa 23: 39L																														
Evaluado por:		Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:																											
Fecha :		7/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín		Calle San Judas Tadeo																									
Progresiva inicial:		0+312		Unidad de muestreo:		5																									
Progresiva final:		0+358		Número de losas:		23																									
				Método:		Dron																									
				Altura de vuelo (m) :		60																									
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico																															
21. Levantamiento/pandeo		31. Agregado pulido																													
22. Fisura de esquina		32. Popouts																													
23. Losa dividida		33. Bombeo																													
24. Fisura de durabilidad "D"		34. Punzonamiento																													
25. Escalonamiento		35. Cruce de vía férrea																													
26. Daño en el sello de la junta		36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado																													
27. Desnivel carril-berma		37. Fisuras de contracción																													
28. Fisuras lineales		38. Descascamiento de esquina																													
29. Parches grandes		39. Descascamiento de junta																													
30. Parches pequeños																															

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-05																							Total	Densidad %	Valor deducido			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
22	L			1	1						1	1														4	17.39	16		
23	M														1											1	2	8.70	20	
23	H						1	1	1				1	1		1	1	1	1							9	39.13	67		
28	M				1							1													1	3	13.04	10		
28	H										1		1													2	8.70	18		
29	L				1	1																				2	8.70	4		
31		1	1	1	1						1	1														7	30.43	6		
34	M		1					1				1														3	13.04	27		
34	H																								1	1	4.35	13		
39	L					1	1				1															4	17.39	4		
																											Total VD=	185		

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$		CALCULO DEL PCI				
Rango	Clasificación	Valor deducido más alto (HDV _i):	67	Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
100-85	Excelente	Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.03	1	67 27 20 18	132	4	73
85-70	Muy bueno			2	67 27 20 2	116	3	71
70-55	Bueno			3	67 27 2 2	98	2	68
55-40	Regular			4	67 2 2 2	73	1	73
40-25	Malo						MAX CDV=	73
25-10	Muy malo							
10-0	Fallado							

PCI=	27	CALIFICACION=	MALO
------	----	---------------	------



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Evaluado por:	Jhon Heber Cossio Pariona	Nombre de la vía:			
Fecha :	7/11/2023	Ubicación:	Huancayo-Junín	Calle San Judas Tadeo	
Progresiva inicial:	0+358	Unidad de muestreo:	6	Método:	Dron
Progresiva final:	0+408	Número de losas:	20	Altura de vuelo (m) :	60
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico					
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido				
22. Fisura de esquina	32. Popouts				
23. Losa dividida	33. Bombeo				
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento				
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea				
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado				
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción				
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina				
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta				
30. Parches pequeños					

Esquema:

Losa 2: 34H	Losa 1: 23H
Losa 4:24H	Losa 3: 23M
Losa 6:22L,31,36H,37	Losa 5: 22H,28M,34H,36M
Losa 8: 23M	Losa 7: 22L,28H,36H
Losa 10: 23M	Losa 9:23M
Losa 12:22H,28L,31,36H,37,38M,39L	Losa 11: 22M,31,36H
Losa 14:28L,31,36M,37,38M,39L	Losa 13: 22M,31,36H,37,38M,39L
Losa 16:22M,31,34H36H,37,39L	Losa 15: 22M,28M,36H,39L
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H
Losa 20:23H	Losa 19:23H

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-06																				Total	Densidad %	Valor deducido	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
22	L						1	1														2	10	6	
22	M										1		1		1	1						4	20	28	
22	H					1							1									2	10	23	
23	M			1					1	1	1											4	20	34	
23	H	1	1		1														1	1	1	1	7	35	65
28	L											1		1								2	10	6	
28	M					1									1							2	10	8	
28	H							1														1	5	10	
31							1				1	1	1	1		1						6	30	5	
34	H					1										1						2	10	32	
36	M					1									1							2	10	8	
36	H						1	1			1		1		1	1						6	30	36	
37							1	1				1	1	1		1						6	30	2	
38	L												1									1	5	2	
38	M													1	1							2	10	4	
39	L													1	1	1	1					4	20	5	
																						Total VD=		274	

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	65
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.21

CALCULO DEL PCI				
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
1	65 36 34 32	167	4	89
2	65 36 34 2	137	3	69
3	65 36 2 2	105	2	73
4	65 2 2 2	71	1	73.5
MAX CDV=				89

PCI= 11 CALIFICACION= MUY MALO

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema:																					
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona Fecha: 7/11/2023 Progresiva inicial: 0+408 Progresiva final: 0+458	Ubicación: Huancayo-Junín Unidad de muestreo: 7 Número de losas: 20	Nombre de la vía: Calle San Judas Tadeo Método: Dron Altura de vuelo (m): 60	<table border="1"> <tr><td>Losa 2: 23H</td><td>Losa 1: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 4: 22H,28M,36H</td><td>Losa 3: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 6: 23H</td><td>Losa 5: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 8: 23M</td><td>Losa 7: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 10: 23H</td><td>Losa 9: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 12: 22H,28H,34H,36L,37,39M</td><td>Losa 11: 22H,28M,31,36L,39L</td></tr> <tr><td>Losa 14: 23M</td><td>Losa 13: 22H,3134M,36L</td></tr> <tr><td>Losa 16: 22M,31</td><td>Losa 15: 22M,28H,34H,38M</td></tr> <tr><td>Losa 18: 22M</td><td>Losa 17: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 20: 22M,36L,37</td><td>Losa 19: 23H</td></tr> </table>	Losa 2: 23H	Losa 1: 23H	Losa 4: 22H,28M,36H	Losa 3: 23M	Losa 6: 23H	Losa 5: 23M	Losa 8: 23M	Losa 7: 23H	Losa 10: 23H	Losa 9: 23M	Losa 12: 22H,28H,34H,36L,37,39M	Losa 11: 22H,28M,31,36L,39L	Losa 14: 23M	Losa 13: 22H,3134M,36L	Losa 16: 22M,31	Losa 15: 22M,28H,34H,38M	Losa 18: 22M	Losa 17: 23H	Losa 20: 22M,36L,37	Losa 19: 23H
Losa 2: 23H	Losa 1: 23H																						
Losa 4: 22H,28M,36H	Losa 3: 23M																						
Losa 6: 23H	Losa 5: 23M																						
Losa 8: 23M	Losa 7: 23H																						
Losa 10: 23H	Losa 9: 23M																						
Losa 12: 22H,28H,34H,36L,37,39M	Losa 11: 22H,28M,31,36L,39L																						
Losa 14: 23M	Losa 13: 22H,3134M,36L																						
Losa 16: 22M,31	Losa 15: 22M,28H,34H,38M																						
Losa 18: 22M	Losa 17: 23H																						
Losa 20: 22M,36L,37	Losa 19: 23H																						
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico																							
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido																						
22. Fisura de esquina	32. Popouts																						
23. Losa dividida	33. Bombeo																						
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento																						
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea																						
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras, craquelado																						
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción																						
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina																						
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta																						
30. Parches pequeños																							

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-07																				Total	Densidad %	Valor deducido					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
22	M															1	1	1		1							4	20	28
22	H				1						1	1	1														4	20	42
23	M			1		1			1	1				1													5	25	38
23	H	1	1				1	1		1									1		1						7	35	66
28	M				1						1																2	10	8
28	H											1			1												2	10	20
31	M				1						1			1			1										4	20	4
34	M												1														1	5	12
34	H												1			1											2	10	30
36	L										1	1	1												1		4	20	5
36	H				1																						1	5	9
37	M												1														2	10	0.5
37	H																										1	5	2
38	M																1										1	5	2
39	L											1															1	5	2
39	M												1														1	5	2
																									Total VD=	268.5			

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$		CALCULO DEL PCI					
Rango	Clasificación			Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV	
100-85	Excelente	1	66 42 38 30	176	4	92			
85-70	Muy bueno	2	66 42 38 2	148	3	87			
70-55	Bueno	3	66 42 2 2	112	2	76			
55-40	Regular	4	66 2 2 2	72	1	72			
40-25	Malo						MAX CDV= 92		
25-10	Muy malo								
10-0	Fallado								
		PCI=	8	CALIFICACION=		FALLADO			

		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				Esquema:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				<table border="1"> <tr><td>Losa 2: 23H</td><td>Losa 1: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 4: 23H</td><td>Losa 3: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 6: 23H</td><td>Losa 5: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 8: 22M, 34M, 36M</td><td>Losa 7: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 10: 22M, 28H, 36L, 38L</td><td>Losa 9: 22L, 29M</td></tr> <tr><td>Losa 12: 23M</td><td>Losa 11: 22M, 29M</td></tr> <tr><td>Losa 14: 23H</td><td>Losa 13: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 16: 23H</td><td>Losa 15: 22L, 28M, 29H, 34H, 39L</td></tr> <tr><td>Losa 18: 23H</td><td>Losa 17: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 20: 23H</td><td>Losa 19: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 22: 23H</td><td>Losa 21: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 24: 23H</td><td>Losa 23: 23H</td></tr> <tr><td>23M</td><td>Losa 25: 22M, 34M, 36M, 39L</td></tr> </table>		Losa 2: 23H	Losa 1: 23H	Losa 4: 23H	Losa 3: 23H	Losa 6: 23H	Losa 5: 23H	Losa 8: 22M, 34M, 36M	Losa 7: 23H	Losa 10: 22M, 28H, 36L, 38L	Losa 9: 22L, 29M	Losa 12: 23M	Losa 11: 22M, 29M	Losa 14: 23H	Losa 13: 23M	Losa 16: 23H	Losa 15: 22L, 28M, 29H, 34H, 39L	Losa 18: 23H	Losa 17: 23H	Losa 20: 23H	Losa 19: 23H	Losa 22: 23H	Losa 21: 23H	Losa 24: 23H	Losa 23: 23H	23M	Losa 25: 22M, 34M, 36M, 39L																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 2: 23H	Losa 1: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 4: 23H	Losa 3: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 6: 23H	Losa 5: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 8: 22M, 34M, 36M	Losa 7: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 10: 22M, 28H, 36L, 38L	Losa 9: 22L, 29M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 12: 23M	Losa 11: 22M, 29M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 14: 23H	Losa 13: 23M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 16: 23H	Losa 15: 22L, 28M, 29H, 34H, 39L																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 20: 23H	Losa 19: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 22: 23H	Losa 21: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Losa 24: 23H	Losa 23: 23H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
23M	Losa 25: 22M, 34M, 36M, 39L																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Evaluado por:		Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Fecha :		7/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín		Calle San Judas Tadeo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Progresiva inicial:		0+458		Unidad de muestreo:		8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Progresiva final:		0+523		Número de losas:		26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				Método:		Dron																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				Altura de vuelo (m) :		60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
21. Levantamiento/pandeo		31. Agregado pulido																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
22. Fisura de esquina		32. Popouts																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
23. Losa dividida		33. Bombeo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
24. Fisura de durabilidad "D"		34. Punzonamiento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
25. Escalonamiento		35. Cruce de vía férrea																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
26. Daño en el sello de la junta		36. Descascamiento mapa de fisuras, craquelado																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
27. Desnivel carril-berma		37. Fisuras de contracción																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
28. Fisuras lineales		38. Descascamiento de esquina																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
29. Parches grandes		39. Descascamiento de junta																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30. Parches pequeños																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Código de falla</th> <th rowspan="2">Severidad</th> <th colspan="26">CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-08</th> <th rowspan="2">Total</th> <th rowspan="2">Densidad %</th> <th rowspan="2">Valor deducido</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th><th>16</th><th>17</th><th>18</th><th>19</th><th>20</th><th>21</th><th>22</th><th>23</th><th>24</th><th>25</th><th>26</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>22</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td>7.69</td><td>8</td></tr> <tr><td>22</td><td>M</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>4</td><td>15.38</td><td>24</td></tr> <tr><td>23</td><td>M</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>11.54</td><td>24</td></tr> <tr><td>23</td><td>H</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>17</td><td>65.38</td><td>80</td></tr> <tr><td>28</td><td>M</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>3.85</td><td>3</td></tr> <tr><td>28</td><td>H</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>3.85</td><td>8</td></tr> <tr><td>29</td><td>M</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td>7.69</td><td>5</td></tr> <tr><td>29</td><td>H</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>3.85</td><td>7</td></tr> <tr><td>34</td><td>M</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>7.69</td><td>20</td></tr> <tr><td>34</td><td>H</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>3.85</td><td>13</td></tr> <tr><td>36</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>3.85</td><td>1</td></tr> <tr><td>36</td><td>M</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>7.69</td><td>7</td></tr> <tr><td>38</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>3.85</td><td>1</td></tr> <tr><td>39</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>7.69</td><td>1</td></tr> <tr><td colspan="7"></td><td colspan="20"></td><td colspan="2">Total VD=</td><td colspan="2">202</td></tr> </tbody> </table>								Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-08																										Total	Densidad %	Valor deducido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	22	L								1																					2	7.69	8	22	M								1		1																		1	4	15.38	24	23	M												1	1															3	11.54	24	23	H	1	1	1	1	1	1	1						1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	65.38	80	28	M															1													1	3.85	3	28	H										1																		1	3.85	8	29	M									1		1																	2	7.69	5	29	H															1													1	3.85	7	34	M									1																			1	2	7.69	20	34	H															1													1	3.85	13	36	L											1																	1	3.85	1	36	M									1																			1	2	7.69	7	38	L										1																		1	3.85	1	39	L															1													1	2	7.69	1																												Total VD=		202	
Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-08																										Total	Densidad %	Valor deducido																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
22	L								1																					2	7.69	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
22	M								1		1																		1	4	15.38	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
23	M												1	1															3	11.54	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
23	H	1	1	1	1	1	1	1						1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	65.38	80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
28	M															1													1	3.85	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
28	H										1																		1	3.85	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
29	M									1		1																	2	7.69	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
29	H															1													1	3.85	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
34	M									1																			1	2	7.69	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
34	H															1													1	3.85	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
36	L											1																	1	3.85	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
36	M									1																			1	2	7.69	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
38	L										1																		1	3.85	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
39	L															1													1	2	7.69	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
																											Total VD=		202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Rango de calificación del PCI				$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$		CALCULO DEL PCI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Rango	Clasificación			Valor deducido más alto (HDV _i): 80 N° máximo de valores deducidos (mi): 2.84		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>VALORES DEDUCIDOS</th> <th>TDV</th> <th>q</th> <th>CDV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>80 24</td> <td>104</td> <td>2</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>80 2</td> <td>82</td> <td>1</td> <td>82</td> </tr> </tbody> </table>		Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV	1	80 24	104	2	72	2	80 2	82	1	82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1	80 24	104	2	72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2	80 2	82	1	82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
100-85	Excelente					MAX CDV= 82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
85-70	Muy bueno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
70-55	Bueno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
55-40	Regular																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
40-25	Malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
25-10	Muy malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
10-0	Fallado					PCI= 18 CALIFICACION= MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

Ficha de registro de fallas en el pavimento rígido con dron a 90 metros de altura de vuelo.

		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES			Esquema:	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía: Calle San Judas Tadeo			Losa 2: 28H,29M,31	
Fecha: 6/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín		Losa 1: 23H		
Progresiva inicial: 0+000		Unidad de muestreo: 1		Método: Dron		
Progresiva final: 0+078		Número de losas: 26		Altura de vuelo (m): 90		
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico						
21. Levantamiento/pandeo		31. Agregado pulido				
22. Fisura de esquina		32. Popouts				
23. Losa dividida		33. Bombeo				
24. Fisura de durabilidad "D"		34. Punzonamiento				
25. Escalonamiento		35. Cruce de vía férrea				
26. Daño en el sello de la junta		36. Descascaramiento mapa de fisuras,craquelado				
27. Desnivel carril- berma		37. Fisuras de contracción				
28. Fisuras lineales		38. Descascaramiento de esquina				
29. Parches grandes		39. Descascaramiento de junta				
30. Parches pequeños						
Losa 4: 23H		Losa 3: 31,36H, 37,38L,39M				
Losa 6: 28M,29M,39M		Losa 5: 23H				
Losa 8: 28H,29M,31		Losa 7: 23M				
Losa 10: 23M		Losa 9: 23H				
Losa 12: 28M,29M,31		Losa 11: 23H				
Losa 14: 22L,29L,31, 36L,39L		Losa 13: 22L,28L, 31				
Losa 16: 22L,29L,31,36M		Losa 15: 29L,31,36M				
Losa 18: 22L,28M,37		Losa 17: 31				
Losa 20: 28H		Losa 19: 28H,38L				
Losa 22: 22M,28H,29M, 36M,37,39L		Losa 21: 23H				
Losa 24: 22M,28M,29M		Losa 23: 23H				
Losa 26: 23H		Losa 25: 23H				

Código de falla	Severidad	FALLAS EXISTENTES EN CADA LOSA DE LA UM-01																										Total	Densidad %	Valor deducido	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
22	L																												4	15.38	12
22	M																												2	7.69	13
23	M																												2	7.69	19
23	H	1			1	1					1	1																9	34.62	62	
28	L																												1	3.85	3
28	M																												4	15.38	13
28	H	1																											5	19.23	28
29	L																												3	11.54	2
29	M	1																											6	23.08	10
31		1	1																										9	34.62	5
36	L																												2	7.69	1
36	M																												3	11.54	8
37																													3	11.54	1
38	L																												2	7.69	2
39	L																												2	7.69	2
39	M																												3	11.54	5
																										Total VD=		186			

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$	CALCULO DEL PCI				
Rango	Clasificación		Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
100-85	Excelente		1	66 28 19 13	126	4	70
85-70	Muy bueno		2	66 28 19 2	115	3	71
70-55	Bueno		3	66 28 2 2	98	2	68
55-40	Regular		4	66 2 2 2	72	1	71
40-25	Malo		MAX CDV= 71				
25-10	Muy malo	PCI= 29 CALIFICACION= MALO					
10-0	Fallado						



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Evaluado por:	Jhon Heber Cossio Pariona	Nombre de la vía:	
Fecha :	7/11/2023	Ubicación:	Huancayo-Junín
Progresiva inicial:	0+312	Unidad de muestreo:	5
Progresiva final:	0+358	Número de losas:	23
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico		Método:	Dron
		Altura de vuelo (m) :	90
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido		
22. Fisura de esquina	32. Popouts		
23. Losa dividida	33. Bombeo		
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento		
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea		
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado		
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción		
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina		
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta		
30. Parches pequeños			

Esquema:

Losa 2: 34M	Losa 1:
Losa 4: 22L,28M,29L,3	Losa 3: 22L,31
Losa 6: 23H	Losa 5: 29L,39L
Losa 8: 23H	Losa 7: 34M,39L
Losa 10: 22L,28H,31,39L	Losa 9: 23H
Losa 12: 28H,31	Losa 11: 22L,28M,34M
Losa 14: 23H	Losa 13: 23H
Losa 16: 23H	Losa 15: 23M
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H
Losa 20: 23M	Losa 19: 23H
Losa 22: 31	Losa 21: 28M,34H
	Losa 23: 39L

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-05																							Total	Densidad %	Valor deducido		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
22	L			1	1						1	1														4	17.39	16	
23	M														1										1	2	8.70	20	
23	H					1	1	1					1	1		1	1	1	1								9	39.13	67
28	M				1							1												1	3	13.04	10		
28	H										1		1													2	8.70	18	
29	L			1	1																					2	8.70	4	
31				1	1						1	1													1	5	21.74	4	
34	M		1						1			1														3	13.04	27	
34	H																							1	1	4.35	13		
39	L					1	1				1														1	4	17.39	4	
														Total VD=		183													

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	67
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.03

CALCULO DEL PCI				
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
1	67 27 20 18	132	4	73
2	67 27 20 2	116	3	71
3	67 27 2 2	98	2	68
4	67 2 2 2	73	1	73
			MAX CDV=	73

PCI=	27	CALIFICACION=	MALO
------	----	---------------	------



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Evaluado por:	Jhon Heber Cossio Pariona	Nombre de la vía:	
Fecha :	7/11/2023	Ubicación:	Huancayo-Junín
Progresiva inicial:	0+358	Unidad de muestreo:	6
Progresiva final:	0+408	Número de losas:	20
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico		Método:	Dron
		Altura de vuelo (m) :	90
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido		
22. Fisura de esquina	32. Popouts		
23. Losa dividida	33. Bombeo		
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento		
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea		
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado		
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción		
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina		
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta		
30. Parches pequeños			

Esquema:

Losa 2: 23H	Losa 1: 23H
Losa 4:23H	Losa 3: 23M
Losa 6:22L,31,36M,37	Losa 5: 22H,28M,34H,36M
Losa 8: 23M	Losa 7: 22L,28H,36M
Losa 10: 23M	Losa 9:23M
Losa 12:22H,28L,31,37	Losa 11: 22M,31,36H
Losa 14:28L,31,36M,37,38M,39L	Losa 13: 22M,31,36H,37,38M,39L
Losa 16:22M,31,34H,36H,37,39L	Losa 15: 22M,28M,36M,39L
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H
Losa 20:23H	Losa 19:23H

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-06																				Total	Densidad %	Valor deducido	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
22	L						1	1														2	10	6	
22	M										1		1		1	1						4	20	28	
22	H					1						1										2	10	23	
23	M			1					1	1	1											4	20	34	
23	H	1	1		1														1	1	1	1	7	35	65
28	L											1		1								2	10	6	
28	M					1									1							2	10	8	
28	H							1														1	5	10	
31							1				1	1	1	1		1						6	30	5	
34	H					1										1						2	10	32	
36	M					1	1	1							1	1						5	25	16	
36	H										1		1									3	15	24	
37							1	1				1	1	1		1						6	30	2	
38	L												1									1	5	2	
38	M													1	1							2	10	4	
39	L													1	1	1	1					4	20	5	
																						Total VD=		270	

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	65
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.21

CALCULO DEL PCI					
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV	
1	65 34 32 28	159	4	85	
2	65 34 32 2	133	3	80	
3	65 34 2 2	103	2	71	
4	65 2 2 2	71	1	71	
				MAX CDV=	85

PCI= 15 CALIFICACION= MUY MALO



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Evaluated por:	Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:		
Fecha :	7/11/2023	Ubicación:	Huancayo-Junín		
Progresiva inicial:	0+408	Unidad de muestreo:	7	Método:	Dron
Progresiva final:	0+458	Número de losas:	20	Altura de vuelo (m) :	90
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico					
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido				
22. Fisura de esquina	32. Popouts				
23. Losa dividida	33. Bombeo				
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento				
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea				
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado				
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción				
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina				
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta				
30. Parches pequeños					

Esquema:

Losa 2: 23H	Losa 1: 23H
Losa 4:22H,28M,36H	Losa 3: 23M
Losa 6:23H	Losa 5: 22L,34M,36H
Losa 8: 23M	Losa 7: 23H
Losa 10: 23H	Losa 9: 23M
Losa 12: 22H,28H,34H,36L,37,39L	Losa 11:22M,28M,31,36L,39L
Losa14:23M	Losa 13: 22H,3134M,36L
Losa16:22M,31	Losa 15: 22L,28H,34H,38M
Losa 18: 22M	Losa 17: 23H
Losa 20:22M,36L.	Losa 19:23H

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-07																				Total	Densidad %	Valor deducido					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
22	L					1										1											2	10	8
22	M										1						1		1								4	20	28
22	H				1							1	1														3	15	35
23	M			1					1	1				1													4	20	34
23	H	1	1				1	1			1								1			1					7	35	66
28	M				1						1																2	10	8
28	H											1				1											2	10	20
31					1						1		1			1											4	20	5
34	M					1							1														2	10	23
34	H											1				1											2	10	32
36	L										1	1	1													1	4	20	5
36	H				1	1																					2	10	17
38	M															1											1	5	2
39	L										1	1															2	10	2
Total VD=																											277		

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	66
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.12

CALCULO DEL PCI								
Nº	VALORES DEDUCIDOS					TDV	q	CDV
1	66	35	34	32		167	4	88
2	66	35	34	2		137	3	82
3	66	35	2	2		105	2	72
4	66	2	2	2		72	1	72
							MAX CDV=	88

PCI= 12 CALIFICACION= FALLADO

		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				Esquema:																											
Evaluado por:		Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:		<table border="1"> <tr><td>Losa 2: 23H</td><td>Losa 1: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 4: 23H</td><td>Losa 3: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 6:28M,34H</td><td>Losa 5: 23H</td></tr> <tr><td>Losa8:22L,34M</td><td>Losa 7: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 10:22M,28H</td><td>Losa 9: 22L,29L</td></tr> <tr><td>Losa 12: 23M</td><td>Losa 11:22M,29L</td></tr> <tr><td>Losa 14:23H</td><td>Losa13: 22M,29M,34H</td></tr> <tr><td>Losa 16: 23H</td><td>Losa 15: 22L,28M,29M,34H</td></tr> <tr><td>Losa 18: 23H</td><td>Losa 17: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 20: 23H</td><td>Losa 19: 23M</td></tr> <tr><td>Losa 22: 23H</td><td>Losa 21: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 24: 23M</td><td>Losa 23: 23H</td></tr> <tr><td>Losa 26: 28M,29L,34M</td><td>Losa 25:22L,28M</td></tr> </table>		Losa 2: 23H	Losa 1: 23H	Losa 4: 23H	Losa 3: 23H	Losa 6:28M,34H	Losa 5: 23H	Losa8:22L,34M	Losa 7: 23H	Losa 10:22M,28H	Losa 9: 22L,29L	Losa 12: 23M	Losa 11:22M,29L	Losa 14:23H	Losa13: 22M,29M,34H	Losa 16: 23H	Losa 15: 22L,28M,29M,34H	Losa 18: 23H	Losa 17: 23H	Losa 20: 23H	Losa 19: 23M	Losa 22: 23H	Losa 21: 23H	Losa 24: 23M	Losa 23: 23H	Losa 26: 28M,29L,34M	Losa 25:22L,28M
Losa 2: 23H	Losa 1: 23H																																
Losa 4: 23H	Losa 3: 23H																																
Losa 6:28M,34H	Losa 5: 23H																																
Losa8:22L,34M	Losa 7: 23H																																
Losa 10:22M,28H	Losa 9: 22L,29L																																
Losa 12: 23M	Losa 11:22M,29L																																
Losa 14:23H	Losa13: 22M,29M,34H																																
Losa 16: 23H	Losa 15: 22L,28M,29M,34H																																
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H																																
Losa 20: 23H	Losa 19: 23M																																
Losa 22: 23H	Losa 21: 23H																																
Losa 24: 23M	Losa 23: 23H																																
Losa 26: 28M,29L,34M	Losa 25:22L,28M																																
Fecha :	7/11/2023	Ubicación:	Huancayo-Junín	Calle San Judas Tadeo																													
Progresiva inicial:	0+458	Unidad de muestreo:	8	Método:	Dron																												
Progresiva final:	0+523	Número de losas:	26	Altura de vuelo (m) :	90																												
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico																																	
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido																																
22. Fisura de esquina	32. Popouts																																
23. Losa dividida	33. Bombeo																																
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento																																
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea																																
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado																																
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción																																
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina																																
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta																																
30. Parches pequeños																																	

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-08																										Total	Densidad %	Valor deducido			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
22	L							1	1							1											1	4	15.38	12			
22	M									1	1		1															3	11.54	18			
23	M											1								1							1	3	11.54	24			
23	H	1	1	1	1	1	1							1		1	1	1		1	1	1	1				14	53.85	76				
28	M					1										1									1	1	4	15.38	12				
28	H									1																	1	1	3.85	8			
29	L									1	1																1	3	11.54	3			
29	M												1		1													2	7.69	5			
34	M							1																			1	2	7.69	20			
34	H					1							1		1												3	11.54	33				
							Total VD=																										211

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	76
Nº máximo de valores deducidos (mi):	3.20

CALCULO DEL PCI				
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
1	76 33 24	133	3	80
2	76 33 2	111	2	76
3	76 2 2	80	1	80
MAX CDV=				80

PCI=	20	CALIFICACION=	MUY MALO
------	----	---------------	----------

Ficha de registro de fallas en el pavimento rígido con dron a 120 metros de altura de vuelo.

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	Esquema:			
	Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía: Calle San Judas Tadeo	
Fecha: 6/11/2023	Ubicación: Huancayo-Junín	Calle San Judas Tadeo		
Progresiva inicial: 0+000	Unidad de muestreo: 1	Método: Dron		
Progresiva final: 0+078	Número de losas: 26	Altura de vuelo (m): 120		
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico				
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido			
22. Fisura de esquina	32. Popouts			
23. Losa dividida	33. Bombeo			
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento			
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea			
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascaramiento mapa de fisuras, craquelado			
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción			
28. Fisuras lineales	38. Descascaramiento de esquina			
29. Parches grandes	39. Descascaramiento de junta			
30. Parches pequeños				

Losa 2: 28H,29L	Losa 1: 23H
Losa 4: 23H	Losa 3: 22L,36L,37,38L,39L
Losa 6: 28M,29L,39L	Losa 5: 23H
Losa 8: 28M,29L	Losa 7: 22L,28M,36L
Losa 10: 22L,29L	Losa 9: 23H
Losa 12: 29L	Losa 11: 22L,28H,36L,39L
Losa 14: 29L	Losa 13: 22L,37
Losa 16: 28M,29L	Losa 15: 28M,29L,36H
Losa 18: 22L,28M,37	Losa 17:
Losa 20: 28H	Losa 19: 28M,38L
Losa 22: 22M,28H	Losa 21: 23H
Losa 24: 22M,29L	Losa 23: 28H,34M,36H
Losa 26: 23H	Losa 25: 23H

Código de falla	Severidad	FALLAS EXISTENTES EN CADA LOSA DE LA UM-01																										Total	Densidad %	Valor deducido
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
22	L			1				1				1	1		1													6	23.08	18
22	M																											2	7.69	12
23	H	1			1	1				1												1				1	1	7	26.92	59
28	M		1				1	1	1							1	1		1	1	1							9	34.62	22
28	H										1												1	1				3	11.54	21
29	L		1				1		1		1		1	1	1										1			9	34.62	15
34	M																								1			1	3.85	8
36	L			1				1				1																3	11.54	4
36	H														1									1				2	7.69	15
37				1								1																3	11.54	1
38	L			1																							1	2	7.69	2
39	L			1				1				1																3	11.54	3
																Total VD=	180													

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ <table border="1"> <tr> <td>Valor deducido más alto (HDV_i):</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>Nº máximo de valores deducidos (mi):</td> <td>4.77</td> </tr> </table>	Valor deducido más alto (HDV _i):	59	Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.77	CALCULO DEL PCI				
Valor deducido más alto (HDV _i):	59										
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.77										
Rango	Clasificación		Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV				
100-85	Excelente		1	59 22 21 18	120	4	67				
85-70	Muy bueno		2	59 22 21 2	104	3	64				
70-55	Bueno	3	59 22 2 2	85	2	60					
55-40	Regular	4	59 2 2 2	65	1	64					
40-25	Malo	MAX CDV= 67									
25-10	Muy malo	PCI= 33 CALIFICACION= MALO									
10-0	Fallado										

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema	
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:		Losa 2: 23H	
Fecha : 6/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín		Losa 1: 23H	
Progresiva inicial: 0+078		Unidad de muestreo: 2		Losa 4: 23H	
Progresiva final: 0+156		Número de losas: 26		Losa 3: 23H	
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico		Método: Dron		Losa 6: 29M	
21. Levantamiento/pandeo		31. Agregado pulido		Losa 5: 23H	
22. Fisura de esquina		32. Popouts		Losa 8: 29L	
23. Losa dividida		33. Bombeo		Losa 7: 28L	
24. Fisura de durabilidad "D"		34. Punzonamiento		Losa 10: 29M	
25. Escalonamiento		35. Cruce de vía férrea		Losa 9: 28L,29L	
26. Daño en el sello de la junta		36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado		Losa 12: 29L	
27. Desnivel carril-berma		37. Fisuras de contracción		Losa 11: 28L	
28. Fisuras lineales		38. Descascamiento de esquina		Losa 14: 29L	
29. Parches grandes		39. Descascamiento de junta		Losa 13: 34M	
30. Parches pequeños				Losa 15: 23M	
				Losa 16: 22M,29M	
				Losa 17: 22M, 28L,34M	
				Losa 18: 22M,28L, 29M,36M	
				Losa 19: 23H	
				Losa 20: 23M	
				Losa 21: 23H	
				Losa 22: 23M	
				Losa 23: 28L,36M,39L	
				Losa 24: 36M,39L	
				Losa 25: 23H	
				Losa 26: 28L,34M	

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-02																										Total	Densidad %	Valor deducido
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
22	M																	1	1	1								3	11.54	17
23	M																	1										1	11.54	22
23	H	1	1	1	1	1														1		1					1	30.77	61	
28	L							1		1		1							1	1							1	26.92	13	
29	L									1	1		1															15.38	4	
29	M							1			1								1	1								15.38	9	
34	M												1														1	11.54	24	
36	M																			1							3	11.54	9	
39	L																										1	7.69	2	
																	Total VD=		161											

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	61
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.58

CALCULO DEL PCI					
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV	
1	61 24 22 17	124	4	69	
2	61 24 22 2	109	3	68	
3	61 24 2 2	89	2	63	
4	61 2 2 2	67	1	67	67
				MAX CDV=	69

PCI=	31	CALIFICACION=	MALO
------	----	---------------	------

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema:											
		Losa 2: 28L,29L		Losa 1: 23H		Losa 4: 28L,34M		Losa 3: 23H		Losa 6: 28L,36L,39L		Losa 5: 23H	
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:		Losa 8: 23M		Losa 7: 23H		Losa 10: 22L,28L,29L		Losa 9: 23H			
Fecha : 6/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín		Calle San Judas Tadeo		Losa 12: 29M,34M		Losa 11: 23M		Losa 14: 28M,29H,34M		Losa 13: 23M	
Progresiva inicial: 0+156		Unidad de muestreo: 3		Método: Dron		Losa 16: 28M,29M,36L		Losa 15: 29L		Losa 18: 23H		Losa 17: 29L,36L	
Progresiva final: 0+234		Número de losas: 26		Altura de vuelo (m) : 120		Losa 20: 23H		Losa 19: 29L,34M		Losa 22: 23H		Losa 21:	
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico													
21. Levantamiento/pandeo		31. Agregado pulido		Losa 24: 23M		Losa 23: 29M,34M,36L		Losa 25: 29H,36L		Losa 26: 22L,29L,34H		Losa 25: 29H,36L	
22. Fisura de esquina		32. Popouts		Losa 28: 23H		Losa 19: 29L,34M		Losa 21:					
23. Losa dividida		33. Bombeo											
24. Fisura de durabilidad "D"		34. Punzonamiento											
25. Escalonamiento		35. Cruce de vía férrea											
26. Daño en el sello de la junta		36. Descascaramiento mapa de fisuras,craquelado											
27. Desnivel carril- berma		37. Fisuras de contracción											
28. Fisuras lineales		38. Descascaramiento de esquina											
29. Parches grandes		39. Descascaramiento de junta											
30. Parches pequeños													

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-03																										Total	Densidad %	Valor deducido	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
22	L																											1	2	7.69	8
23	M																												4	15.38	28
23	H	1		1		1		1		1											1							8	30.77	61	
28	L			1		1				1																		4	15.38	8	
28	M																											2	7.69	6	
29	L			1																								1	6	23.08	8
29	M																											3	11.54	5	
29	H																											2	7.69	14	
34	M					1																						5	19.23	38	
34	H																											1	1	3.85	13
36	L																											5	19.23	4	
39	L																											3	11.54	2	
																												Total VD=		195	

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	61
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.58

CALCULO DEL PCI							
Nº	VALORES DEDUCIDOS				TDV	q	CDV
1	61	38	28	14	141	4	77
2	61	38	61	2	162	3	78
3	61	38	8	2	109	2	71
4	61	2	6	2	71	1	67
						MAX CDV=	78

PCI=	22	CALIFICACION=	MUY MALO
------	----	---------------	----------

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema:	
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:	
Fecha :	6/11/2023	Ubicación: Huancayo-Junín	Calle San Judas Tadeo
Progresiva inicial:	0+234	Unidad de muestreo:	4
Progresiva final:	0+312	Número de losas:	26
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico		Método:	Dron
Altura de vuelo (m) :		120	
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido	Losa 2:	Losa 1:
22. Fisura de esquina	32. Popouts	Losa 4:29M	Losa 3: 29M
23. Losa dividida	33. Bombeo	Losa 6:22M,28M	Losa 5:
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento	Losa 8: 23H	Losa 7: 23H
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea	Losa 10: 34M	Losa 9: 28H
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado	Losa 12: 23H	Losa 11: 23H
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción	Losa14:23H	Losa 13: 23H
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina	Losa 16:23H	Losa 15: 23M
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta	Losa 18:28M	Losa 17: 22L,28M,34H
30. Parches pequeños		Losa 20: 28M	Losa 19: 23H
		Losa 22: 28M	Losa 21: 22L, 28M
		Losa 24: 34H	Losa 23: 28H
		Losa 26: 34H	Losa 25: 28H

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-04																										Total	Densidad %	Valor deducido	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
22	L																												2	7.69	9
22	M						1																						1	3.85	4
23	M															1													2	7.69	17
23	H						1	1			1	1	1	1		1					1								8	30.77	62
28	M					1												1				1	1	1				5	19.23	14	
28	H								1															1		1		3	11.54	20	
29	M			1	1																							2	7.69	10	
34	M										1																	1	3.85	8	
34	H																	1								1	1	3	11.54	33	
																Total VD=		177													

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	62
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.49

CALCULO DEL PCI						
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV		
1	62 33 20 17	132	4	73		
2	62 33 20 2	117	3	72		
3	62 33 2 2 2	99	2	69		
4	62 2 2 2	68	1	68		
				MAX CDV=	73	

PCI=	27	CALIFICACION=	MUY MALO
------	----	---------------	----------

		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				Esquema:
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:				
Fecha : 7/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín		Calle San Judas Tadeo		
Progresiva inicial: 0+312		Unidad de muestreo: 5		Método:		Dron
Progresiva final: 0+358		Número de losas: 23		Altura de vuelo (m) :		120
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico						
21. Levantamiento/pandeo		31. Agregado pulido				
22. Fisura de esquina		32. Popouts				
23. Losa dividida		33. Bombeo				
24. Fisura de durabilidad "D"		34. Punzonamiento				
25. Escalonamiento		35. Cruce de vía férrea				
26. Daño en el sello de la junta		36. Descascamiento mapa de fisuras, craquelado				
27. Desnivel carril-berma		37. Fisuras de contracción				
28. Fisuras lineales		38. Descascamiento de esquina				
29. Parches grandes		39. Descascamiento de junta				
30. Parches pequeños						

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-05																							Total	Densidad %	Valor deducido	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
22	L			1	1						1	1														4	17.39	15
23	M														1											1	4.35	8
23	H					1	1	1					1	1			1	1	1							9	39.13	67
28	M				1						1	1									1	1				5	21.74	16
28	H											1														1	4.35	7
29	L			1	1																					2	8.70	4
34	L																								1			
34	M		1								1															3	13.04	18
34	H																								1			
Total VD=																											154	

Rango de calificación del PCI		$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$	CALCULO DEL PCI							
Rango	Clasificación		Nº	VALORES DEDUCIDOS			TDV	q	CDV	
100-85	Excelente		1	67	18	16	15	116	4	60.5
85-70	Muy bueno		2	67	18	16	2	103	3	64
70-55	Bueno		3	67	18	2	2	89	2	63
55-40	Regular		4	67	2	2	2	73	1	73
40-25	Malo									
25-10	Muy malo									
10-0	Fallado									

Valor deducido más alto (HDV _i):	67
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.03

PCI=	27	CALIFICACION=	MALO
------	----	---------------	------



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Evaluado por:	Jhon Heber Cossio Pariona	Nombre de la vía:			
Fecha :	7/11/2023	Ubicación:	Huancayo-Junín	Calle San Judas Tadeo	
Progresiva inicial:	0+358	Unidad de muestreo:	6	Método:	Dron
Progresiva final:	0+408	Número de losas:	20	Altura de vuelo (m) :	120
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico					
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido				
22. Fisura de esquina	32. Popouts				
23. Losa dividida	33. Bombeo				
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento				
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea				
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado				
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción				
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina				
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta				
30. Parches pequeños					

Esquema:

Losa 2: 23H	Losa 1: 23H
Losa 4:22M,28M	Losa 3: 28L,34M
Losa 6:22L	Losa 5: 22H,28L,34M
Losa8:22L,28M,36	Losa 7: 22L,28L,36M
Losa 10: 23M	Losa 9:34M
Losa 12:22H,28L	Losa 11: 22L,36M
Losa14:28L,36M	Losa 13: 22M
Losa16:22M,28L,36M	Losa 15: 22M,28M
Losa 18: 23H	Losa 17: 23H
Losa 20:23H	Losa 19:23H

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-06																				Total	Densidad %	Valor deducido					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
22	L						1	1	1			1															4	20	17
22	M				1									1			1	1									4	20	24
22	H					1								1													2	10	22
23	M										1																1	5	10
23	H	1	1																1	1	1	1					6	30	62
28	L			1		1		1					1		1		1										6	30	15
28	M				1				1						1												3	15	12
34	M			1		1				1																	3	15	33
36	M						1	1				1			1		1	1									6	30	18
Total VD=																											213		

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	62
Nº máximo de valores deducidos (mi):	4.49

CALCULO DEL PCI								
Nº	VALORES DEDUCIDOS				TDV	q	CDV	
1	62	33	24	22	141	4	77	
2	62	33	24	2	121	3	74	
3	62	33	2	2	99	2	69	
4	62	2	2	2	68	1	68	
						MAX CDV=	77	

PCI= 23 CALIFICACION= MUY MALO

 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		Esquema:	
Evaluado por: Jhon Heber Cossio Pariona		Nombre de la vía:	
Fecha : 7/11/2023		Ubicación: Huancayo-Junín	
Progresiva inicial: 0+458		Unidad de muestreo: 8	
Progresiva final: 0+523		Número de losas: 26	
Método: Dron		Altura de vuelo (m) : 120	
Tipo de fallas (Norma ASTM D 6433) para vías con superficie de concreto hidráulico			
21. Levantamiento/pandeo	31. Agregado pulido	Losa 2: 23H	Losa 1: 23H
22. Fisura de esquina	32. Popouts	Losa 4: 23H	Losa 3: 23H
23. Losa dividida	33. Bombeo	Losa 6:28M,34H	Losa 5: 23H
24. Fisura de durabilidad "D"	34. Punzonamiento	Losa8:22L,34M	Losa 7: 23H
25. Escalonamiento	35. Cruce de vía férrea	Losa 10:22M,28H	Losa 9: 22L,29L
26. Daño en el sello de la junta	36. Descascamiento mapa de fisuras,craquelado	Losa 12: 23M	Losa 11:22M,29L
27. Desnivel carril-berma	37. Fisuras de contracción	Losa 14:23H	Losa13: 22M,29M,34H
28. Fisuras lineales	38. Descascamiento de esquina	Losa 16: 23H	Losa 15: 22L,28M,29M,34H
29. Parches grandes	39. Descascamiento de junta	Losa 18: 23H	Losa 17: 23H
30. Parches pequeños		Losa 20: 23H	Losa 19: 23M
		Losa 22: 23H	Losa 21: 23H
		Losa 24: 23M	Losa 23: 23H
		Losa 26: 28M,29L,34M	Losa 25:22L,28M

Código de falla	Severidad	CANTIDADES PARCIALES DE FALLAS EN CADA LOSA DE LA UM-08																										Total	Densidad %	Valor deducido
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
22	L							1	1																		1	4	15.38	12
22	M									1	1		1															3	11.54	18
23	M											1								1							1	3	11.54	24
23	H	1	1	1	1	1	1							1			1	1	1		1	1	1	1			14	53.85	76	
28	M					1										1										1	1	4	15.38	12
28	H									1																		1	3.85	8
29	L									1		1															1	3	11.54	3
29	M												1		1													2	7.69	5
34	M							1																			1	2	7.69	20
34	H					1							1		1													3	11.54	33
		Total VD=																										211		

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$$

Valor deducido más alto (HDV _i):	76
Nº máximo de valores deducidos (mi):	3.20

CALCULO DEL PCI				
Nº	VALORES DEDUCIDOS	TDV	q	CDV
1	76 33 24	133	3	80
2	76 33 2	111	2	76
3	76 2 2	80	1	80
MAX CDV=				80

PCI=	20	CALIFICACION=	MUY MALO
------	----	---------------	----------

Anexo N°05. Validación de instrumentos por juicios de experto

FICHA DE VALIDACION DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS						
TESIS: EFECTIVIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA FOTOGRAMETRÍA EN LA AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE SAN JUDAS TADEO - HUANCAYO - 2023.						
1. DATOS PERSONALES DEL EXPERTO						
Apellidos y Nombres: <i>Chavez Pedro Wilner Carlos</i>						
Grado Académico: <i>Ingeniero Civil</i>						
DNI N°: <i>41018853</i>						
Registro CIP: <i>103352</i>						
2. DATOS PERSONALES DEL TESISISTA						
Apellidos y Nombres: <i>Bach. COSSIO PARIONA, Jhon Heber</i>						
3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN						
Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico del PCI de la norma ASTM 6433.						
4. ASPECTOS A EVALUAR						
Dimensiones	Indicadores	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
		0% - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
Claridad	Esta formulado con lenguaje adecuado					93%
Objetividad	Esta expresado con conductas observadas					95%
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				75%	
Organización	Existe una organización lógica del instrumento				85%	
Suficiencia	Valora los aspectos en cantidad y calidad					95%
Intencionalidad	Adecuado para cumplir con los objetivos					90%
Consistencia	Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudio					90%
Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					90%
Metodología	La estrategia responde al propósito del estudio				88%	
Conveniencia	Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías					90%
5. Opinión de aplicabilidad						
Promedio de valoración		89.1%		Lugar y fecha		02/02/2024

[Firma manuscrita]
FIRMA DEL EXPERTO

FICHA DE VALIDACION DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

TESIS: EFECTIVIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA FOTOGRAMETRÍA EN LA AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE SAN JUDAS TADEO - HUANCAYO - 2023.

1. DATOS PERSONALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres: *Minahuanca Zavala Yina*
 Grado Académico: *Magister*
 DNI N°: *21288235*
 Registro CIP: *123180*

2. DATOS PERSONALES DEL TESISISTA

Apellidos y Nombres: *Bach. COSSIO PARIONA, Jhon Heber*

3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico del PCI de la norma ASTM 6433.


4. ASPECTOS A EVALUAR

Dimensiones	Indicadores	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
		0% - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
Claridad	Esta formulado con lenguaje adecuado					<i>90%</i>
Objetividad	Esta expresado con conductas observadas					<i>95%</i>
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				<i>70%</i>	
Organización	Existe una organización lógica del instrumento					<i>90%</i>
Suficiencia	Valora los aspectos en cantidad y calidad				<i>80%</i>	
Intencionalidad	Adecuado para cumplir con los objetivos					<i>85%</i>
Consistencia	Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudio					<i>90%</i>
Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					<i>90%</i>
Metodología	La estrategia responde al propósito del estudio				<i>80%</i>	
Conveniencia	Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías				<i>75%</i>	

5. Opinión de aplicabilidad

Promedio de valoración: *84.5%*

Lugar y fecha: *Huancayo, 09/02/2024*


 FIRMA DEL EXPERTO

FICHA DE VALIDACION DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS						
TESIS: EFECTIVIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA FOTOGRAMETRÍA EN LA AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE SAN JUDAS TADEO - HUANCAYO - 2023.						
1. DATOS PERSONALES DEL EXPERTO						
Apellidos y Nombres: <i>Samazábal Sánchez Licher B.</i>						
Grado Académico: <i>Mg.</i>						
DNI N°: <i>20056042</i>						
Registro CIP: <i>124206</i>						
2. DATOS PERSONALES DEL TESISISTA						
Apellidos y Nombres: <i>Bach. COSSIO PARIONA, Jhon Heber</i>						
3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN						
Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico del PCI de la norma ASTM 6433.						
4. ASPECTOS A EVALUAR						
Dimensiones	Indicadores	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
		0% - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
Claridad	Esta formulado con lenguaje adecuado					<i>95%</i>
Objetividad	Esta expresado con conductas observadas				<i>85%</i>	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				<i>70%</i>	
Organización	Existe una organización lógica del instrumento					<i>90%</i>
Suficiencia	Valora los aspectos en cantidad y calidad					<i>90%</i>
Intencionalidad	Adecuado para cumplir con los objetivos				<i>85%</i>	
Consistencia	Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudio					<i>90%</i>
Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					<i>90%</i>
Metodología	La estrategia responde al propósito del estudio					<i>90%</i>
Conveniencia	Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías				<i>85%</i>	
5. Opinión de aplicabilidad						

Promedio de valoración	<i>87%</i>
------------------------	------------

Lugar y fecha	<i>01/02/2024</i>
---------------	-------------------

Samazábal

 FIRMA DEL EXPERTO

Anexo N° 06. Panel fotográfico

