

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN
FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605,
DISTRITO DE INCLÁN, TACNA - 2022**

TESIS

Presentada por:

Bach. EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia


Escuela Profesional de Ingeniería Civil


“USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLÁN, TACNA – 2022”

Tesis sustentada y aprobada el día 22 de junio de 2022 estando integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE : 
Msc. Ing. Edgar Chura Arocutipa

SECRETARIO : 
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

VOCAL : 
Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

ASESOR DE TESIS : 
Mtro. Ing. Martin Paucara Rojas

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por ser guía y protector en mi camino.

A mis padres Virginia Chambilla Anco y Victoriano Cárdenas Estrada quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que siempre me apoyaron incondicionalmente en el ámbito económico, moral y psicológico.

A mis hermanos Junior, Leydi, Yeny, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi formación universitaria y el desarrollo de la presente tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis familiares, padres y hermanos, por el apoyo y motivación incondicional a lo largo de mi formación profesional.

Agradezco a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por haberme permitido formarme en sus aulas; a mis maestros por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales.

Agradezco mi asesor Mgr. Martín Paucara Rojas, por brindarme su apoyo y tiempo para orientarme y así culminar la presente investigación.

Agradezco a todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente a culminar mi proyecto de tesis.

ÍNDICE

	Página
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	vi
Resumen	xiii
Abstract.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES.....	17
1.1 ANTECEDENTES.....	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	29
1.3.1 Interrogante General.....	29
1.3.2 Interrogantes Específicas.....	29
1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	30
1.4.1 Hipótesis general.....	30
1.4.2 Hipótesis específicas	30

1.5 JUSTIFICACIÓN.....	30
1.6 OBJETIVOS.....	32
1.6.1 Objetivo general.....	32
1.6.2 Objetivos específicos.....	32
1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES	33
1.7.1 Identificación de variables.....	33
1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	35
1.8.1 Alcances	35
1.8.2 Limitaciones	35
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	37
2.1 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	37
2.2 METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN - PCI.....	39
2.3 DRONE – VEHICULO AÉREO NO TRIPULADO	44
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	49
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	51
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	51
3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	51

3.1.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	51
3.2	MUESTRA DE ESTUDIO.....	52
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS	52
3.4	MÉTODO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	53
3.5	ÁMBITO DE INFLUENCIA	54
	CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
4.1	ANÁLISIS DE FALLAS EN EL PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTRA OBTENIDOS EN CAMPO, MÉTODO PCI Y DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0	55
4.2	DETERMINACION DEL INDICE DE CONDICIÓN USANDO MÉTODO PCI.....	73
4.3	DETERMINACION DEL INDICE DE CONDICION UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0	97
4.4	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	111
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
5.1	CONCLUSIONES.....	116
5.2	RECOMENDACIONES	118
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	ANEXOS	124

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Zona de estudio, carretera TA-605 L = 2,75 km.....	26
Figura 2 Inicio de la carretera TA-605.	27
Figura 3 Presencia de fallas en la carretera TA-605.....	27
Figura 4 Presencia de huecos en la capade rodadura.	28
Figura 5 Desgaste en la capa de rodadura carretera TA-605.....	28
Figura 6 Curvas de corrección del Valor Deducido para pavimento flexible	43
Figura 7 Drone de ala rotatoria.....	46
Figura 8 Drone de ala fija.....	47
Figura 9 Drone Phantom 4 pro V2.0 y Ipad 5 mini.....	48
Figura 10 Unidades de muestra, U1, U7, U13, U25, U31, U37, U43, U49, U55, U61, U67, U73 y U79	59
Figura 11 Tipos de fallas determinados por el Drone Phantom, por unidad de muestreo	72
Figura 12 Comportamiento de los valores PCI por cada unidad de muestra	112
Figura 13 Comportamiento de los valores PCI por cada unidad de muestra, obtenidos con el uso del Drone Phantom 4 pro V2.0 en la carretera TA-605	114

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Calificación del estado funcional del pavimento	39
Tabla 2 Tipos de fallas en pavimentos flexibles.....	40
Tabla 3 Hoja de registro de campo PCI.....	42
Tabla 4 Formato para obtener el máximo valor deducido corregido	43
Tabla 5 Intervención de acuerdo al valor PCI.....	44
Tabla 6 Ventajas y desventajas de VANT de ala rotatoria.....	47
Tabla 7 Ventajas y desventajas de VANT de ala fija.....	48
Tabla 8 Características del Drone Phantom 4 Pro V2.0	49
Tabla 9 Formato de registro, U-1	59
Tabla 10 Formato de registro, U-7	59
Tabla 11 Formato de registro, U-13	60
Tabla 12 Formato de registro, U-19	60
Tabla 13 Formato de registro, U-25	61
Tabla 14 Formato de registro, U-31	61
Tabla 15 Formato de registro, U-37	62
Tabla 16 Formato de registro, U-43	62

Tabla 17 Formato de registro, U-49	63
Tabla 18 Formato de registro, U-55	63
Tabla 19 Formato de registro, U-61	64
Tabla 20 Formato de registro, U-67	64
Tabla 21 Formato de registro, U-73	65
Tabla 22 Formato de registro, U-79	65
Tabla 23 Formato de registro, U-12A	66
Tabla 24 Formato de registro, U-18A	66
Tabla 25 Formato de registro, U-27A	67
Tabla 26 Formato de registro, U-41A	67
Tabla 27 Formato de registro, U-53A	68
Tabla 28 Formato de registro, U-59A	68
Tabla 29 Formato de registro, U-60A	69
Tabla 30 Formato de registro, U-65A	69
Tabla 31 Formato de registro, U-75A	70
Tabla 32 Formato de registro, U-78A	70
Tabla 33 Hoja de registro de campo por unidades de muestra, uso del Drone	71
Tabla 34 Valor del PCI, muestra U-1	73
Tabla 35 Valor del PCI, muestra U-7	74
Tabla 36 Valor del PCI, muestra U-13	75

Tabla 37 Valor del PCI, muestra U-19	76
Tabla 38 Valor del PCI, muestra U-25	77
Tabla 39 Valor del PCI, muestra U-31	78
Tabla 40 Valor del PCI, muestra U-37	79
Tabla 41 Valor del PCI, muestra U-43	80
Tabla 42 Valor del PCI, muestra U-49	81
Tabla 43 Valor del PCI, muestra U-55	82
Tabla 44 Valor del PCI, muestra U-61	83
Tabla 45 Valor del PCI, muestra U-67	84
Tabla 46 Valor del PCI, muestra U-73	85
Tabla 47 Valor del PCI, muestra U-79	86
Tabla 48 Valor del PCI, muestra U-12A	87
Tabla 49 Valor del PCI, muestra U-18A	88
Tabla 50 Valor del PCI, muestra U-27A	89
Tabla 51 Valor del PCI, muestra U-41A	90
Tabla 52 Valor del PCI, muestra U-53A	91
Tabla 53 Valor del PCI, muestra U-59A	92
Tabla 54 Valor del PCI, muestra U-60A	93
Tabla 55 Valor del PCI, muestra U-65A	94
Tabla 56 Valor del PCI, muestra U-75A	95

Tabla 57 Valor del PCI, muestra U-78A	96
Tabla 58 Valor del PCI, muestra U-1	97
Tabla 59 Valor del PCI, muestra U-7	98
Tabla 60 Valor del PCI, muestra U-13	99
Tabla 61 Valor del PCI, muestra U-19	100
Tabla 62 Valor del PCI, muestra U-25	101
Tabla 63 Valor del PCI, muestra U-31	102
Tabla 64 Valor del PCI, muestra U-37	103
Tabla 65 Valor del PCI, muestra U-43	104
Tabla 66 Valor del PCI, muestra U-49	105
Tabla 67 Valor del PCI, muestra U-55	106
Tabla 68 Valor del PCI, muestra U-61	107
Tabla 69 Valor del PCI, muestra U-67	108
Tabla 70 Valor del PCI, muestra U-73	109
Tabla 71 Valor del PCI, muestra U-79	110
Tabla 72 Valores PCI y su condición determinados en la carretera TA-605	111
Tabla 73 Muestreo adicional en la carretera TA-605	112
Tabla 74 Resultados del valor PCI y su condición del estado funcional.....	113
Tabla 75 Resultados obtenidos por ambas metodologías.....	115

RESUMEN

La presente tesis de investigación analizó la optimización del estado funcional del pavimento flexible utilizando el método PCI y el uso del Dron Phantom 4 pro V2.0 en la carretera vecinal TA-605, del distrito de Inclán, considerando una longitud de evaluación de 2 750 m., en calzadas de 6,60 m. con carriles de 3,30 m.

El objetivo de la investigación fue optimizar la evaluación funcional del pavimento flexible utilizando el Drone Phantom 4 Pro V2.0 de los valores obtenidos por el método PCI en la carretera TA-605, para la evaluación se determinaron 14 unidades de muestra, en toda la vía de acuerdo al método PCI. La investigación es Aplicada, porque es necesario generar conocimiento determinando los valores PCI, para la calificación del estado funcional del pavimento flexible.

En la determinación del valor PCI en el pavimento flexible usando el método PCI, considerando las 14 unidades de muestreo se obtuvieron valor PCI promedio igual a 22,13%, y utilizando el Dron Phantom 4 Pro V2.0 un valor PCI promedio igual a 16,81%, en la calificación del estado funcional del pavimento asfáltico, ambas metodologías califican el estado del pavimento, como MUY MALO, determinándose el nivel de confiabilidad por los resultados obtenidos con el uso del Dron Phantom 4, lográndose reducir el tiempo de evaluación funcional en relación al método PCI.

Palabras Claves: PCI, Drone, Ortomosaico, Evaluación de pavimentos.

ABSTRACT

The present research thesis analyzed the optimization of the functional state of the flexible pavement using the PCI method and the use of the Phantom 4 pro V2.0 drone on the TA-605 neighborhood road, in the district of Inclán, considering an evaluation length of 2 750 m. m., on roads of 6.60 m. with rails of 3.30 m.

The objective of the research was to optimize the functional evaluation of the flexible pavement using the Drone Phantom 4 Pro V2.0 of the values obtained by the PCI method on the TA-605 road, for the evaluation 14 sample units were determined, throughout the route according to the PCI method. The research is Applied, because it is necessary to generate knowledge by determining the PCI values, for the qualification of the functional state of the flexible pavement.

In the determination of the PCI value in the flexible pavement using the PCI method, considering the 14 sampling units, an average PCI value equal to 22,13% was obtained, and using the Phantom 4 Pro V2.0 Drone an average PCI value equal to 16,81%, in the qualification of the functional state of the asphalt pavement, both methodologies qualify the state of the pavement, as VERY BAD, determining the level of reliability by the results obtained with the use of the Phantom 4 Drone, reducing the time of functional evaluation in relation to the PCI method.

Keywords: PCI, Drone, Orthomosaic, Pavement evaluation.

INTRODUCCIÓN

El tránsito vehicular del transporte de carga, mercancías y el transporte interurbano de pasajeros en la carretera TA-605 a Próter Sama Inclán, es una causa del nivel de desgaste del pavimento flexible, por encontrarse en la línea de tránsito hacia la zona agrícola y ganadera de la zona de Próter, hacia los mercados regionales de Tacna, Ilo y Moquegua y como tránsito hacia el distrito de Inclán y empalme a la vía nacional PE-1SD, carretera Panamericana Sur, producto de ello son las fallas presentes en la carpeta asfáltica.

Mediante la evaluación del estado funcional del pavimento flexible a nivel de la carpeta asfáltica, se determinó e evaluó las fallas en la superficie del pavimento, utilizando el método PCI y el uso del Dron Phantom 4 Pro V2.0, pero el más completo viene a ser la metodología del Pavement Condition Index, que es utilizada y aplicada a nivel internacional, en la evaluación visual de las fallas a nivel de la capa de rodadura, los resultados obtenidos del valor del PCI y la calificación del estado funcional nos permite realizar recomendaciones del tipo de intervención más conveniente para mejorar el estado funcional del pavimento.

La investigación está estructurada en 5 capítulos,

En el primer capítulo se desarrolla los aspectos generales como los antecedentes, el planteamiento del problema, formulacion del problema, los objetivos generales y especificos, la hipótesis general y especificos, la justificación de la investigación, definición de las variables, finalmente alcances y limtaciones.

En el segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico, conceptos generales de las variables dependientes e independientes, las bases teóricas y la definición de términos.

En el tercer capítulo, se desarrolla el marco metodológico, tipo, y nivel de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, metodos de procesamiento y análisis de datos, finalmente el ámbito de influencia.

En el cuarto capítulo, el análisis y discusión de los resultados obtenidos con la aplicación del Método PCI y el uso del Dron Phantom 4 Pro V2.0, para determinar el valor del PCI, finalmente se desarrolla la discusión de los resultados.

En el capitulo quinto se desarrolla las conclusiones y recomendaciones de los resultados de la investigación.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Revistas científicas

Según, (Vasconcelos, R., Fonseca, A., Batista, G., Varela, V., Azevedo da Silveira, B. y Sousa, A., 2021) publica el artículo en la revista ALCONPAT, donde el objetivo de la investigación es estudiar la viabilidad del empleo de Drones para mapear e inspeccionar manifestaciones patológicas en pavimentos asfálticos en comparación con el método tradicional. Se establecieron unidades de muestreo cada 20 m, con 6 m de extensión, en un total de 20 unidades muestrales, las cuales tuvieron sus manifestaciones patológicas anotadas y calculado el Índice Global de Gravedad para el área de estudio. Los resultados obtenidos con las metodologías de referencia y alternativa se confrontaron en función de las patologías identificadas y el tiempo empleado en los levantamientos. Los resultados demostraron viabilidad para el empleo de Drones en la inspección de patologías de pavimentos asfálticos, tomando como base la Norma DNIT 006/2003 - PRO, obteniendo resultados similares a la metodología tradicional con reducción significativa del tiempo de operación (33,3%).

Según, (Pucha, P. y Zárata, B., 2020) publica el artículo en la revista Avances: Investigación en Ingeniería “Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado” presentado por Pablo A. Pucha Aguiñaca y Belizario A. Zárata Torres, artículo que explora un método alternativo de evaluación superficial del pavimento de redes viales que consiste en automatizar la recolección, el procesamiento y el análisis del estado del pavimento

utilizando un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Donde evaluar la condición superficial del pavimento rígido es el objetivo en la investigación, empleando ortoimágenes obtenidas mediante un VANT y la metodología del PCI. La investigación corresponde al tipo de diseño no experimental cuantitativo y transversal. Como resultado, la precisión obtenida con el ajuste de las imágenes VANT en la fase de procesamiento se halla dentro de las tolerancias establecidas para este tipo de trabajos, ya que están por debajo de los 0,03 metros.

El error cometido entre la medida obtenida en campo y la realizada sobre la ortofoto se halla por debajo del RMSE del ajuste realizado con el algoritmo SfM, por lo que las distancias medidas y la condición del pavimento determinadas son confiables. Se concluye que el uso de la técnica VANT es adecuada para detectar y medir deterioros en la superficie de carreteras, porque se obtiene información detallada y precisa de su condición.

Según, (Cruz, J. y Gutiérrez, J., 2019) publica el artículo en la revista *Métodos y Materiales* “Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)” presentado por Jorge O. Cruz Toribio y José W. Gutiérrez Lazares, artículo que expone una metodología alternativa para la evaluación superficial de pavimentos en vías urbanas, empleando imágenes georreferenciadas, obtenidas por un vehículo aéreo no tripulado (VANT) que se procesan generando una ortofoto y un modelo digital 3D de alta resolución. El análisis de los productos generados permite la inspección total de la vía de manera segura, identificando el tipo de deterioro, su severidad y su densidad dañada, como parámetros e insumos para emplear el Método Pavement Condition Index (PCI). Los resultados que se obtienen en una vía de prueba, demuestran que el método VANT recoge datos de manera más segura, permite planos de mayor información con valores fidedignos y evita accidentes del personal técnico en comparación con el método tradicional. Esta investigación innova un procedimiento

alternativo para evaluar pavimentos periódicamente con fines de establecer estrategias de mantenimiento y rehabilitación de las vías urbanas.

(Simancas, 2019), en su artículo DRONES: tecnología de alto vuelo nos argumenta que los drones se han convertido en una tecnología disruptiva, que ha experimentado un crecimiento exponencial en usos y en cantidad de aeronaves disponibles; en el caso del sector de negocios, los drones proveen las mismas funcionalidades de observación y transporte que un helicóptero, pero sin los costos asociados a un piloto a bordo, esto permite llevar a cabo tareas que anteriormente eran muy costosas para ser consideradas. Las inspecciones en el área del sector construcción se han enfocado en terrenos y construcción de edificios, para esto los drones usan cámaras de alta resolución, sensores y geo localización para ubicar cualquier problema o defectos en construcción de edificios, sin embargo, su uso pretende seguir expandiéndose en todas las ramas de la ingeniería, como por ejemplo la evaluación de carreteras y puentes. En la medida en que las posibilidades de uso comerciales y privados se expanden y la tecnología ofrezca innovaciones, las regulaciones en su uso serán un factor decisivo en permitir que tan rápido o no se desarrollaran nuevas aplicaciones.

(Hack, J., Adey, B. y Wozniak, M., 2018), en su artículo Uso de la fotogrametría de vehículos aéreos no tripulados para obtener información topográfica para mejorar la evaluación del riesgo del puente nos dice que el nivel de servicio requerido por la infraestructura de transporte, cambia con el tiempo, al igual que la capacidad de la infraestructura; por esta razón nos presentan los resultados de una investigación que realizaron, sobre el uso de un vehículo aéreo no tripulado y una tecnología fotogramétrica moderna para obtener información topográfica para aplicar en la evaluación de riesgos de puentes. El vehículo aéreo no tripulado se utilizó para tomar imágenes georreferenciadas en un puente de hormigón de un solo tramo; con las imágenes y la tecnología

fotogramétrica, se generó una malla tridimensional (3D) del terreno para poder analizar los riesgos del puente, asimismo esta se convirtió en una malla computacional, que podría usarse para ejecutar simulaciones dinámicas de fluidos computacionales durante una evaluación de riesgo de puentes.

(Civilineering, 2016), en su artículo Drones en la ingeniería civil, nos dice que los vehículos aéreos no tripulados no son sistemas nuevos, ya que se vienen utilizando hace varias décadas, aunque en sus inicios su principal utilidad era en el ámbito militar su uso luego se extendió al público en general, siendo hoy en día muy utilizado en todos los ámbitos de trabajo; en el caso de la ingeniería, su uso se destaca en los controles ambientales, aplicaciones cartográficas, topografía, aplicación en el control de obras y evaluación de impactos, aplicaciones a la prospección y explotación de recursos minerales, aplicaciones hidrológicas, estudios de la calidad de agua, entre otras. Sus ventajas son amplias las más destacadas de ellas son su rapidez, economía, precisión y la manera sistemática de trabajo, así mismo a medida que agregamos sensores a los drones, podemos ir ampliando sus funciones.

(Chunsun, Z. y Ahmed, E., 2012), in his article An unmanned Aerial Vehicle Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses, Este artículo presenta un innovador sistema de imágenes digitales basado en vehículos aéreos no tripulados (UAV) que se centra en la recopilación eficiente de datos de condiciones de la superficie en caminos rurales; en contraste con otros enfoques, la evaluación aérea se propone explorando las imágenes aéreas adquiridas desde una plataforma sin pilotos para obtener un modelo de superficie tridimensional (3D) sobre un área de socorro en la carretera para su medición.

Los resultados del experimento demuestran que el sistema es muy prometedor y proporciona una alta precisión y resultados confiables, por lo que este sistema puede ser

utilizado dentro del área vial de la construcción.

1.1.2 Tesis de título

Según, (Cubas, 2021), “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”, presentado por Jhanely E. Cubas Fernández, 2021. La investigación considera como objetivo la determinación en qué medida el uso del Dron Phantom 4 Pro V2.0 optimizará la evaluación superficial del pavimento flexible por el Método PCI convencional en la Av. Los Conquistadores, distrito de San Isidro, Lima – 2021. El estudio tiene un enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental, utilizando una muestra no probabilística de tipo intencional conformada por 678m de la Av. Los Conquistadores, tramo Ca. Esquilache – Ca. Ignacio Merino, los cuales se dividieron en 18 unidades de muestra. Los resultados que se obtuvieron mediante la evaluación tradicional y usando el Dron Phantom 4 Pro V2.0, no presentaron diferencias significativas, pues se obtuvo un valor PCI promedio de 59% en la inspección convencional y de 61% usando un Dron, lo que califica el estado del pavimento como Bueno. Se evidencia ventajas que usar el Dron es adecuado para evaluar las fallas superficiales de un pavimento ya que evita poner en riesgo la vida del personal evaluador y no obstaculiza el tránsito vehicular dado que no se necesita cerrar parcialmente la vía para la recolección de datos. Se concluye que el uso del dron DJI Phantom 4 Pro V2.0 optimiza el tiempo en 35% y los costos de la evaluación en 28%.

Según, (Leiva, S. y Niño de Guzman, J., 2021) “Evaluación comparativa de la precisión en levantamientos topográficos efectuados mediante vehículo aéreo no tripulado (UAV) a 50 metros de altura y el método tradicional en la carretera Abra Ccorao

Ccorao”, presentado por Sharon A. Leiva Marín y Joddai J. Niño de Guzmán Arpasi, investigación que pretende realizar una comparación de la precisión que se obtiene en un levantamiento topográfico con equipo Aéreo no Tripulado UAV Dron y la Estación Total desarrollado en la carretera Abra Ccorao - Ccorao iniciando en la Progresiva 15+000 y culminando en la progresiva 20+000.

La investigación efectúa vuelos fotogramétricos de la zona de estudio con el Drone Modelo Mavic 2 Pro, luego se procesa las fotografías con el software Pix4D Pro, obteniendo como resultados la ortofoto y nube de puntos que se pudo digitalizar en un plano topográfico con el programa AutoCAD Civil 3D que nos permitió conseguir los datos para comparación de la precisión entre ambos equipos, de forma simultánea se evaluó las variables que considera la dimensión del costo y el tiempo del levantamiento. Finalmente se puede indicar que el uso de equipo aéreo no tripulado UAV es más preciso para proyectos de carreteras demostrando que los valores de errores absolutos y relativos son menores en comparación con un levantamiento realizado con Estación Total, reduciendo el tiempo de ejecución.

En conclusión, la presente investigación que ambos métodos son eficientes, de resultados similares, pero el uso del Drone en levantamientos topográficos es más óptimo para trabajos de gran magnitud de área, lugares inaccesibles por su facilidad de manipulación y tiempo de ejecución.

Según, (Quispe, 2020) “Evaluación de confiabilidad del Drone Phantom 4 Pro V2.0 para calcular el índice de condición del pavimento flexible en Av. Miraflores del distrito de Comas, Lima-2020”, presentado por Omar C. Quispe Enríquez, investigación que tuvo como objetivo evaluar la Confiabilidad de utilizar el Drone Modelo Phantom 4 Pro V 2.0 para hallar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en la Av. Miraflores del Distrito de Comas, Lima – 2020. Para lograr dicha finalidad se ejecuta una comparación de resultados cuantitativos de PCI a desde los datos obtenidos con la

caracterización de fallas identificadas en el pavimento de forma directa usando odómetro y de forma indirecta utilizando el Drone Modelo Phantom 4 Pro V2.0. En esta investigación se determinó 33 Unidades de Muestrales (UM) según la guía de la metodología para el cálculo de PCI. El vuelo del Drone permitió obtener imágenes de la vía asfaltada, posteriormente se desarrolló el procesamiento fotogramétrico que contribuye en desarrollar una caracterización de fallas de forma visual en gabinete. Para procedimiento de relevamiento de fallas de forma directa se cerró parcialmente la vía para completar el formato por cada Unidad Muestral.

En el caso del procedimiento de relevamiento de fallas de las Unidades Muestrales de forma directa en la vía, se indica que presenta valores de PCI de 3 (Estado Colapsado) a 83 (Estado Regular). Considerando los valores obtenidos con el procedimiento del Drone, se registra resultados de PCI de 8 (Estado Colapsado) a 89 (Estado Excelente). Al realizar el cotejo de ambos procedimientos se puede indicar que existe variación absoluta en un rango 1 a 13 por cada Unidad Muestral, esto indica que en algunos sectores de la zona de estudio no hay variación significativa del Estado resultante del pavimento considerando ambos métodos.

Se concluye que en la Av. Miraflores presenta un PCI ponderado de 50 utilizando el procedimiento con Drone y un PCI 49 utilizando el registro de fallas de forma directa.

Según (Ventura, 2020) “Evaluación superficial del pavimento flexible con el método PCI mediante la fotogrametría aérea en la Circunvalación Este, Huanta – Ayacucho – 2019”, presentado por Ehlers Z. Ventura Fernández, cuya investigación considera como objetivo determinar la condición del pavimento flexible empleando la fotogrametría aérea con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta - Ayacucho - 2019. Uno de los principales resultados fue la obtención de la condición del pavimento con método del PCI empleando el vehículo aéreo no tripulado y los resultados de la evaluación convencional del método PCI. Se realizó la comparación de estos dos métodos

y tuvo como conclusión el estado de la calle Circunvalación Este muy Pobre en las dos evaluaciones; por ello, la aplicación del vehículo aéreo no tripulado sería una herramienta para que las municipalidades o gobiernos locales puedan tener información del estado de las calles y mediante estas tomar decisiones óptimas en el momento de realizar una intervención en un pavimento.

Según (Vargas, 2018) “ 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”, presentado por Camila A. Vargas Buitrago, donde evalúa un tramo de vía para identificar los problemas o patologías con que cuenta ha sido un método tradicional que lleva ya algunos años, lo cual toma tiempo y en algunos casos desgasta a la personal quien evalúa, así como algunos gastos económicos en la obtención de materiales para la toma de muestras e identificación de fallas. Por lo que se busca mediante la comparación de dos metodologías identificar cual es la más viable o factible para la evaluación de una vía de pavimento flexible. Donde el resultado definirá en temas de costo y tiempo la más óptima para la evaluación de esta.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de un país es dependiente de las vías que circulen en él, puesto que estas son una importante e indispensable fuente que permite el intercambio económico, social y cultural, además de promover la integración entre personas interconectando sus espacios de comunicación (Wright, P. y Dixon, K., 2004). Es así, que se hace necesaria la realización de un mantenimiento constante y correctivo, en el que se verifique el estado

de las vías para que brinde comodidad y seguridad a quienes las utilizan (Mallick, R. y El-Korchi, T., 2009). La supervisión es un aspecto fundamental para la preservación de las vías, los métodos actuales de inspección en campo utilizados son lentos, requieren mucho personal y son costosos (Cruz, J. y Gutiérrez, J., 2019), por lo tanto, una alternativa para lograr esto, es mediante el tratamiento de imágenes, ya que un sistema automático basado en el análisis de imágenes de superficies de pavimentos puede agilizar el proceso y reducir la subjetividad de los resultados (Berrio, L. y Ussa, A., 2012). En los últimos años el desarrollo de los VANT's o drones han aumentado exponencialmente en todo el mundo, ya que sus aplicaciones son muy numerosas. Actualmente, esta tecnología aporta aplicaciones no solo para la adquisición de imágenes sino también para diversos análisis de datos espacio-temporal, desde levantamientos cartográficos hasta reconocimientos de patrones terrestres o medición remota de propiedades o variables de interés de la superficie. (Ojeda, W., Flores, J. y Unland, H., 2014). Los drones tienen una amplia variedad de usos, de acuerdo a sus fines poseen características que se adecuen a su objetivo. Pero estos se pueden clasificar de acuerdo a su condición de sustentación, según su propulsión, tiempo de autonomía, altura máxima de vuelo y su alcance (Jiménez, 2017).

Uno de los métodos más usados para la evaluación funcional de la carpeta asfáltica es el método PCI, establecido por ASTM D6433, con un catálogo de 19 fallas, con tres niveles de severidad y opciones de reparación para cada una de ellas, permitiendo

determinar en qué estado funcional se encuentran el pavimento asfáltico, donde la evaluación se realiza mediante la inspección visual in-situ de las fallas presentes. Sin embargo, inspeccionar una carretera de alto tráfico vehicular se hace difícil en su evaluación, exponiendo al personal evaluador a riesgos. Con el avance de la tecnología, se ha ido implementando el uso de Drones en diversos ámbitos de la ingeniería, especialmente para recopilar información, evitando así exponer al personal evaluador a diversos riesgos, y, además, agilizando el levantamiento de fallas.

Figura 1

Zona de estudio, carretera TA-605 L= 2.75 Km.



Nota. En la figura se aprecia la zona de intervención para la investigación, carretera TA-605 de 6.60 m de calzada con carriles de 3.30m, tomado del Google Earth

Figura 2

Zona de estudio, inicio de la carretera TA-605



Nota. Elaboración propia

Figura 3

Zona de estudio, presencia de fallas en la carretera TA-605.



Nota. Elaboración propia

Figura 4

Zona de estudio, presencia de huecos en la capa de rodadura.



Nota. Elaboración propia

Figura 5

Zona de estudio, desgaste en la capa de rodadura carretera TA-605



Nota. Elaboración propia

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Interrogante General

¿De qué manera el uso del Drone Phantom 4 Pro V2?0 optimizará la evaluación funcional del pavimento asfáltico en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022?

1.3.2 Interrogantes Específicas

- a) ¿Cuál es el valor determinado de la evaluación funcional utilizando la metodología del PCI en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022?
- b) ¿Cuál es el nivel de confiabilidad del valor determinado por el método PCI, usando el Drone Phantom 4 Pro V2?0 en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022?
- c) ¿En qué medida el uso del Drone Phantom 4 Pro V2?0 reducirá el tiempo en la evaluación funcional del pavimento asfáltico respecto al método PCI de la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022?

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis general

El uso del Dron Phantom 4 Pro V2.0 optimiza la evaluación funcional del pavimento asfáltico de los valores obtenidos por el método PCI en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna – 2022.

1.4.2 Hipótesis específicas

- a) La determinación del valor de la evaluación funcional utilizando la metodología del PCI en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna-2022, son válidos.
- b) La determinación del valor obtenido por el método PCI usando el Dron Phantom 4 Pro V2.0 son fiables, en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022.
- c) La determinación de los valores usando el Dron Phantom 4 Pro V2.0 reduce el tiempo en la evaluación funcional del pavimento asfáltico de la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta es la optimización de la evaluación funcional del pavimento asfáltico utilizando la metodología del PCI y el uso del Drone Phantom 4 Pro V2.0 para determinar el índice de condición del pavimento asfáltico, son de importancia para la ingeniería civil donde el uso del Dron ayuda a optimizar los resultados obtenidos

por el método PCI para conocer la situación funcional del pavimento flexible y ello conlleva a determinar el tipo de intervención que se debe realizar, ya sea mantenimiento o rehabilitación. Además, es una metodología que debe ser conocida y manejada por todos los ingenieros especializados en carreteras y en transporte, porque su desconocimiento puede generar el deterioro del pavimento flexible, considerando entonces una opción más eficiente para la determinación del Índice de Condición del pavimento.

Uno de las metodologías más utilizadas para la determinación del Índice de Condición del Pavimento, es el método PCI que consiste en una inspección visual in situ de las fallas, es decir mediante la observación in-situ se identifican las fallas presentes en la zona de investigación. Muchas veces, el constante flujo vehicular impide realizar una correcta evaluación de fallas, lo que conlleva a cerrar parcialmente la vía, incrementando la congestión vehicular, aumentando el tiempo de viaje, y a su vez, generando un alto grado de incomodidad en los usuarios que transitan por la vía. Además, expone al personal evaluador a riesgos de accidentes de tránsito y a contraer enfermedades por exposición al sol y/o frío.

La metodología del PCI en la recolección de datos es un procedimiento que demanda de tiempo, lo cual incrementa la cantidad de personal y materiales para la inspección, incrementando el presupuesto de la evaluación.

En los últimos años el avance de la tecnología en la ingeniería, ha demostrado que el uso del Dron es más eficaz en la recolección de datos espaciales de alta precisión en la evaluación de las fallas presentes en el pavimento, los datos obtenidos mediante el uso del Dron permiten analizar las veces que sean necesarias sin programar más planes de vuelos. (Pucha, P. y Zárate, B., 2020).

Por lo que, en la presente investigación se desarrollará la evaluación funcional del pavimento asfáltico de la carretera TA-605 utilizando para la optimización de la evaluación funcional el Dron Phantom 4 Pro V2.0.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Optimizar la evaluación funcional del pavimento asfáltico utilizando el Dron Phantom 4 Pro V2.0 de los valores obtenidos por el método PCI en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el valor de la evaluación funcional utilizando la metodología del PCI en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022.

- b) Determinar el nivel de confiabilidad del valor determinado por el método PCI usando el Dron Phantom 4 Pro V2.0 en la carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022.
- c) Determinar en qué medida el uso del Dron Phantom 4 Pro V2.0 reduce el tiempo en la evaluación funcional del pavimento asfáltico respecto al método PCI convencional de la Carretera TA-605, distrito de Inclán, Tacna - 2022.

1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.7.1 Identificación de variables

Variable dependiente:

Optimizar la evaluación funcional.

- Definición conceptual.

Reconocimiento de las deficiencias que se relacionan con la calidad de la superficie y el estado superficial de las condiciones del pavimento.

- Definición operacional.

Índice de condición del pavimento donde se visualiza las fallas y defectos.

Indicadores:

- Evaluación de pavimentos.
- Evaluación funcional
- Evaluación superficial.
- Superficie de rodamiento

Variable Independiente:

Uso del Dron Phantom 4 Pro V2.0. y método PCI

- Definición conceptual.

Equipo que no cuenta con un piloto a bordo, contiene sensores incorporados y controlados de forma remota por un operador.

- Definición operacional.

Sistema de vuelo, que toma fotografías en todo el tramo de investigación

Indicadores:

- Planificación del vuelo
- Vuelo ejecutado
- Procesamiento de datos en imagen
- Inspección de fallas

1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.8.1 Alcances

La presente investigación desarrollo la metodología del PCI y la utilización del Dron Phantom 4 pro V2.0, con ello se obtuvieron los valores del índice de condición de la calzada única de la carretera TA-605 en el distrito de Sama Inclán, se utilizó para cumplir con el objetivo de la investigación que consistió en optimizar la evaluación funcional del pavimento asfaltico, determinando el valor del PCI para la calificación del estado funcional del pavimento flexible.

La metodología del PCI utilizando el Dron Phantom 4 pro V2.0, permitió determinar por unidades de muestra los valores del PCI, analizando las fallas presentes en la vía mediante la inspección con el Dron.

La utilización del Dron Phantom 4 Pro V2.0 es un aporte valioso en la evaluación y en la determinación de los valores PCI en la carretera TA-605 del distrito de Sama Inclán.

1.8.2 Limitaciones

En la zona de investigación no se conoce de algún plan de mantenimiento rutinario ni periódico, por lo tanto, es nula la información existente.

La otra limitante que existe es en el momento de la recolección de datos, debido a la imprudencia de los conductores del transporte interurbano, transporte de mercancías pesadas que no respetan las señales de tránsito, poniendo en peligro a los investigadores que levantan la información visual y el uso del Dron, en el pavimento flexible que se encuentra dentro de la sección vial, por lo que se tuvo que realizar la evaluación en horas desde la 6.00. Referente al uso del Drone Phantom, la presencia de sombras de árboles, no permitieron desarrollar un levantamiento de la totalidad del área de cada unidad muestral, también la pendiente, la velocidad del viento en la zona de investigación no permitió uniformizar la identificación en su totalidad de las fallas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Este proceso tiene como objetivo la estimación del valor funcional y estructural, también debe facilitar la información necesaria sobre las causas que puedan originar las fallas en los pavimentos, aportando los elementos necesarios para diagnosticar las fallas observadas y así definir el mantenimiento según las fallas encontradas. (Cruz W. , 2019)

2.1.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL

Viene a ser la evaluación de las fallas presentes, así como magnitud y severidad, para determinar el índice de condición, para esto se dispone de la evaluación del pavimento mediante el método del PCI y el método VIZIR, la información obtenida se debe complementar con la medición de deflexiones, para establecer correlaciones entre la condición superficial y la deflexión del pavimento.

Los pavimentos rígidos también tienen la función de soportar la carga de vehículos pesados, esta estructura está formada por una losa de concreto portland sobre la base o en algunas ocasiones sobre la sub-rasante, esta transmite los esfuerzos en una forma minimizada al suelo, este pavimento tiene la función de absorber todos los esfuerzos posibles de los neumáticos de los vehículos que transitan a diferencia del pavimento

flexible el cual hace que la carga pase por la base, sub-base y por ultimo a la sub rasante. (Miranda, 2010)

2.1.2 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Viene a ser la evaluación que comprende a la toma de muestras que forman las diferentes capas del pavimento, se debe tomar en cuenta el patrón de fallas que se identifican en el momento del análisis, para asegurar las condiciones de las vías, así conocer cuál es la estructura característica a lo largo de la vía, realizando mediciones a nivel de superficie con la Viga Benkelman, que necesita una carga de 18 000 lb, para determinar la curva de las deflexiones. (Cruz W. , 2019)

2.1.3 CARPETA ASFÁLTICA

Viene a ser la capa de rodadura, o parte superficial del pavimento, quien soporta la carga vehicular en directo, esta debe de tener una reacción ante el deslizamiento en especial cuando se construyen una carretera o autopista, esta carpeta es una mezcla de asfalto con agregados a una cierta temperatura, la cual el asfalto tiene la función de ligante, los agregados son los que regulan el factor del deslizamiento. Los agregados con contenido de sílice tienen un comportamiento más abrasivo contra el deslizamiento, es decir cuando la capa se deteriora por la acción del tráfico u algún fenómeno natural este tiende a tener un agarre superior que, con los agregados calcáreos, podemos concluir que

los agregados deben una resistencia al desgaste. (UMSS, 2004)

2.2 METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN - PAVEMENT CONDITION INDEX

El Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) es el método más completo para evaluar y calificar la condición funcional de un pavimento flexible o rígido mediante una inspección visual, por ende, no requiere de herramientas especializadas.

La escala numérica del PCI varía desde 0, para pavimentos en muy mal estado, hasta 100 para pavimentos en excelente estado. (Vásquez, 2002)

Tabla 1

Calificación del estado funcional del pavimento

Valor	Calificación
100 – 85	Excelente
85 -70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Nota. En la tabla se muestra los valores PCI para la calificación del estado del pavimento, tomado de (ASTMD6433-03, 2018)

La metodología PCI de acuerdo a la norma ASTM D6433-03, para carreteras de pavimento flexible considera en su metodología 19 tipos de fallas.

Tabla 2

Tipos de fallas en pavimento flexible

N°	Falla	Unidad
1	Piel de cocodrilo	M ²
2	Exudación	M ²
3	Agrietamiento en bloque	M ²
4	Abultamiento y hundimientos	M
5	Corrugación	M ²
6	Depresión	M ²
7	Grieta de borde	M
8	Grieta de reflexión de junta	M
9	Desnivel carril/berma	M
10	Grietas longitudinales y transversales	M
11	Parchado y acometida de servicios públicos	M ²
12	Pulimiento de agregado	M ²
13	Huecos	Unid
14	Cruce de vía férrea	M ²
15	Ahuellamiento	M ²
16	Desplazamiento	M ²
17	Grietas parabólicas o por deslizamiento	M ²
18	Hinchamiento	M ²
19	Desprendimiento de agregados	M ²

Nota. En la tabla se muestra los tipos de fallas presentes para pavimentos flexibles, tomado de (ASTMD6433-03, 2018)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establece CLASE, SEVERIDAD Y CANTIDAD

que cada daño representa. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños y su relación con las cargas o con el clima. (Vásquez, 2002)

2.2.1 SEVERIDAD

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión, entre más severo sea el daño, mas importante deberán ser las medidas para su corrección.

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

MEDIO (M): Se producen vibraciones o salto significantes, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y confort.

ALTO (H): Excesivas vibraciones que hacen reducir considerablemente la velocidad por razones de comodidad y seguridad.

2.2.2 DETERMINACIÓN DE UNIDADES DE MUESTRA PARA EVALUACIÓN

Para obtener un valor estadísticamente adecuado, el número mínimo de unidades

de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, es calculado empleando la ecuación y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

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

Dónde:

n: Número mínimo de muestras.

N: Número total de muestras

e: Error admisible (e= 5%).

σ : 10 para pavimento flexible

Tabla 3

Hoja de registro de campo PCI

Daño	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	V.D.
------	-----------	----------	-------	----------	------

Total V.D.

Nota. En la tabla se muestra la hoja de registro de campo, para consignar el tipo de falla,

la severidad, la cantidad, cálculo de la densidad y el valor deducido, tomado de

(Vásquez, 2002)

Tabla 4

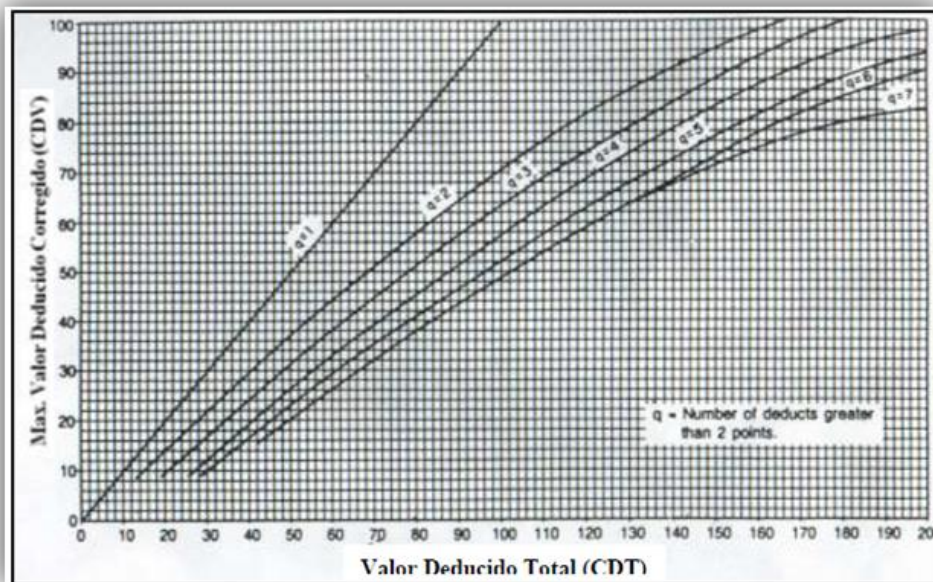
Formato para obtener el máximo valor deducido corregido

N°	Valores deducidos	Total	q	V.D.C.
1				
2				
3				
4				
MaxVDC				

Nota. En la tabla se muestra la forma de calcular el Máx VDC

Figura 6

Curvas de corrección del Valor Deducido para pavimento flexible.



Nota. (Vásquez, 2002)

2.2.3 DETERMINACIÓN DEL PCI POR UNIDAD DE MUESTRA

El máximo valor deducido corregido (VDC) nos permitirá hallar el PCI haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido

PCI = Índice de condición de pavimento (%).

2.2.4 CALIFICACIÓN Y TIPO DE INTERVENCIÓN SEGÚN EL PCI

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

Tabla 5

Intervención de acuerdo al PCI

PCI	ESTADO	INTERVENCIÓN
0 – 30	MALO	RECONSTRUCCIÓN
31 – 70	REGULAR	REHABILITACIÓN
71 -100	BUENO	MANTENIMIENTO

Nota. (Shahin, 2005)

2.3 DRONE – VEHICULO AÉREO NO TRIPULADO

Un Vehículo Aéreo No Tripulado, es un sistema de vuelo que no requiere de un piloto a bordo, ya que, a través de sensores incorporados y un enlace de comunicación,

es guiado remotamente, basado en misiones preprogramadas, o bien, controlado de forma remota por un operador en tierra.

También se le conoce como UAV que corresponde a sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle). (Benito, 2015)

Un dron es una aeronave pilotada por control remoto. Sin embargo, una aeronave pilotada por control remoto técnicamente se considera dron cuando tienen un uso comercial o profesional. Cuando el uso de estas aeronaves tiene exclusivamente un fin deportivo o uso recreativo, son consideradas Aeromodelos, y se rigen bajo la normativa de éstos. Hay que subrayar pues que los drones son aeronaves. Como tales, están sujetas a la legislación aeronáutica general vigente en España, así como al resto de la normativa aeronáutica. (Aerea, 2014)

Son vehículos aéreos no tripulados son aeronaves que pueden ser operados desde una estación remota, o puede ser programados para realizar un vuelo automático. (Suziedelyte, 2016)

2.3.1 TIPOS DE DRONES

Los drones se pueden clasificar en función de diversas variables de sus características.

- **Tipo ala rotatoria**

Presentan alas rotatorias con giro de hélices para realizar descensos y ascensos verticales, así como y permanecer fijo en el aire. Tiene capacidad para perdurar en vuelo estacionario, puede trasladarse a lo largo en los tres ejes, Se le pueden instalar diferentes tipos de sensores y no suelen superar los 40 minutos de vuelo. (Bart, 2016)

Figura 7

Drone de ala rotatoria



Nota. En la figura se muestra un drone de ala multirotor

Tabla 6*Ventajas y desventajas de VANT de ala rotatoria*

Ventaja	Desventaja
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de mantenerse en vuelo estacionario y desplazarse a lo largo de tres ejes, teniendo total libertad de sus movimientos. • Proporcionan gran versatilidad y eficacia en las operaciones por su simpleza a la hora de ser pilotados y por la velocidad de montaje. • Admite instalar diferentes tipos de sensores (cámaras RGB, multiespectrales, termográficas) que permiten realizar diferentes tipos de trabajos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor autonomía, puesto que la duración máxima de los multirrotores no suele superar los 40 minutos de vuelo.

Nota. Se muestra las ventajas y desventajas tomado de (Cruz J. , 2018)

- **Tipo Ala Fija**

Presentan características muy similares a la de los aviones y planeadores. Son ideales para mapear grandes superficies del terreno, pueden llegar a tener 2 horas de vuelo y necesitan un área despejada para el despegue y aterrizaje. (Bart, 2016)

Figura 8

Drone de ala fija



Nota. En la figura se muestra un drone de ala fija

Tabla 7*Ventajas y desventajas de VANT de ala fija*

Ventaja	Desventaja
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor autonomía y la posibilidad de una mayor velocidad de desplazamiento comparada con los otros tipos ya que son ideales para capturar grandes superficies de terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incapacidad para el vuelo estacionario puesto que no posee la capacidad de mantenerse en el aire, limitando su desplazamiento a un solo sentido, por lo que requiere un área grande y sin obstáculos para su despegue y aterrizaje.

Nota. Se muestra las ventajas y desventajas, tomado de (Cruz J. , 2018)

A partir de las investigaciones mencionadas en la referencia del marco teórico se puede verificar que el uso del Drone Phantom 4 Pro V2.0 es válido y el más recomendable como instrumento de recolección de datos.

Figura 9*Drone Phantom 4 Pro V2.0 y Ipad 5 mini*

Nota. (Cubas, 2021)

Tabla 8*Características del Drone Phantom 4 Pro v2.0*

Descripción	Características
Cámara	Sensor CMOS de 1" y resolución de 20 MP
Sistema de transmisión	OcuSync 2.0 HD
Tiempo de vuelo	30 minutos
Peso de despegue	1375 g
Velocidad máxima de ascenso	6 m/s
Velocidad máxima	72 km/h
Ángulo máximo de inclinación	42°

Nota. En la tabla se muestra las características principales del Drone Phantom 4 Pro V2.0,

obtenido de (Cubas, 2021)

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **DRONE**

Sistema de vuelo que no requiere piloto a bordo, controlado en forma remota para obtener imágenes de alta resolución.

- **ORTOMOSAICO**

Procesamiento de imágenes tomadas con un drone, imágenes perpendiculares al eje focal de la cámara del drone.

- **PAVIMENTO**

Estructura de varias capas, subbase, base y carpeta asfáltica, colocadas sobre la

subrasante del terreno natural, para soportar las solicitaciones de las cargas vehiculares.

- **PCI.**

Índice de Condición del pavimento en porcentaje para determinar la condición funcional de la capa de rodadura de un pavimento.

- **PAVIMENTO FLEXIBLE**

Conformado por capas apoyado sobre dos capas granulares, subbase y base y la capa de rodadura de carpeta asfáltica.

- **EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Análisis de la condición en que se encuentra el pavimento, para considerar un tipo de intervención para prolongar su vida útil.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de la investigación es aplicada, se caracteriza porque busca la aplicación de conocimientos y se encuentra vinculada con el diseño de campo, cuando se realiza en un ambiente natural, en el que no hay manipulación de variables. (Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M., 2014)

3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación es descriptiva, porque implica observar y describir eventos con la finalidad de orientar a lograr un nuevo conocimiento de manera sistémica y metódica, con el único objetivo de ampliar el conocimiento. La base de la investigación está en la toma de datos en campo a través de un formato de evaluación de registro, cuyos resultados se representan en formatos de cálculo y diagramas de sectores. (Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M., 2014)

3.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se refiere a la manera en cómo se dará respuesta a las

interrogantes formulada en la investigación y dichas maneras están relacionadas con la definición de estrategias a seguir en la búsqueda de solucionar al problema planteado, utilizando estrategias de investigación documental y la investigación de campo; es decir profundizar el conocimiento de trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos, por otro lado la recolección de datos directamente de los investigadores o en la realidad en donde ocurren los hechos sin manipular o controlar la variable. (Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M., 2014)

3.2 MUESTRA DE ESTUDIO

La muestra de estudio es la carpeta asfáltica de la carretera TA-605, en una longitud de 2.75 km, desde el kilómetro 2 hasta Próter donde presentan fallas en la capa de rodadura del pavimento asfáltico

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

La metodología utilizada es el uso del método PCI, que consisten en la inspección visual insitu (observación) y el uso del Drone Phantom 4 Pro V2.0. Una vez realizado el trabajo de campo se pasa a gabinete a realizar los cálculos para determinar los valores del índice de condición para calificar el estado funcional del pavimento asfáltico.

3.3.1 MATERIALES

- Fichas de Observación.

- PC
- Reportes de Campo
- Odómetro manual
- Regla
- Conos de seguridad
- Plano de distribución.

3.3.2 INSTRUMENTOS

- Drone Phantom 4 Pro V2.0
- Ipad 5 Mini GS Pro
- Software Agisoft Metashape Professional (64 bit)
- Software Civil 3D
- Guías de observación y formatos de campo
- Cámara fotográfica.
- Hojas de cálculo
- Norma ASTM D6433-03

3.4 MÉTODO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En base a la información obtenida de los reportes del método Pavement Condition Index, se procesan los datos por calzada sea izquierdo o derecho utilizando la hoja

electrónica EXCEL, para definir la calificación del estado funcional del pavimento flexible, se debe efectuar:

Cálculo de severidad de las fallas.

Cálculo de valor deducido.

Cálculo de valor deducido corregido.

Cálculo de PCI

Para el uso del Drone Phantom 4 Pro V2.0. se realiza el levantamiento de ortofotos para definir el índice de condición que ayudara a calificar el estado funcional del pavimento asfáltico

Finalmente, con los datos tabulados podremos establecer cuadros comparativos de similitud para proponer una metodología de intervención.

3.5 ÁMBITO DE INFLUENCIA

El ámbito de influencia es el tramo de la carpeta asfáltica de la carretera vecinal TA-605, distrito de Sama Inclán, zona agrícola de Próter, en una longitud de 2,75 km, desde el km 2 hasta la zona exclusivo de Próter.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE FALLAS EN EL PAVIMENTO

Se realiza el cálculo de las unidades de muestra en el pavimento flexible de la carretera TA-605, distrito de Inclán.

4.1.1 Cálculo de la longitud de muestra

Como el ancho de la calzada es de 6.60 m.

$$\text{Longitud de muestreo} = 35.40 \text{ m} - \frac{(6.50\text{m} - 6.60\text{m}) * (35.40\text{m} - 31.50\text{m})}{6.50\text{m} - 7.30\text{m}}$$

Longitud determinada = 35.00 m.

Consideramos para cada unidad de muestra una longitud de 35 m.

4.1.2 Cálculo de la unidad de muestra

Utilizaremos la siguiente expresión matemática en la determinación de las unidades mínimo de muestra:

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

Donde:

- n : Muestra mínima.
 N : Muestra total.
 e : Error admisible (e=5.0%).
 σ : Desviación estándar igual a 10

Se calcula primero, el número total de unidades de muestra para el tramo investigado.

$$N = \frac{\text{Longitud total de la vía (m)}}{\text{longitud de la unidad de muestra (m)}}$$

Donde:

N: Muestra total.

$$N = \frac{2\,750 \text{ m.}}{35 \text{ m.}}$$

N = 79 muestras totales

Cálculo de la muestra mínima a utilizarse en el tramo investigado:

$$n = \frac{79 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (79 - 1) + 10^2}$$

$$n = 14$$

Se pueden desarrollar otras unidades de muestra para mayor certeza del estudio, eso significa realizar muestreo adicional.

4.1.3 Cálculo de intervalos entre unidades de muestra

Para el cálculo del intervalo entre muestras usamos la siguiente ecuación:

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

Donde:

n : Muestra mínima.

N : Muestra total.

i : Intervalo.

Se obtiene el intervalo entre muestras:

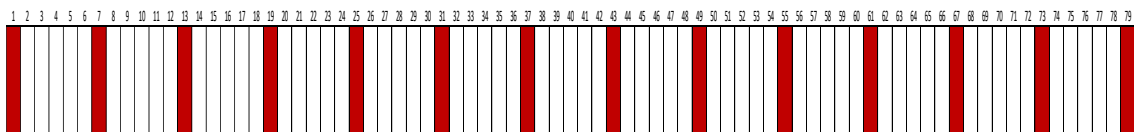
$$i = 79 / 14$$

$$i = 5.65 = 6$$

Considerando el intervalo de muestra calculada, igual a 6, entonces las unidades de muestra para la determinación del PCI serán: *U1, U7, U13, U19, U25, U31, U37, U43, U49, U55, U61, U67, U73, y U79, para determinar el PCI en ambas calzadas (derecha e izquierda).*

Figura 10

Unidades de muestra, U1, U7, U13, U19, U25, U31, U37, U43, U49, U55, U61, U67, U73, y U79.



Nota: En la figura se muestra todas las unidades de muestra, para ser evaluadas en la calzada derecha e izquierda

Se desarrollaron muestreos adicionales para determinar mejor certeza en la evaluación de la carretera TA-605, evaluando en las unidades de muestreo siguiente: U12, U18, U27, U41, U53, U59, U60, U65, U75 y U78.

4.1.4 Información de campo por unidad de muestra

Tabla 9

Formato de registro U-1

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI						
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA						
HOJA DE REGISTRO						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 0+00		T 1			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA (m ²)			
TRAMO 1	KM 0+035		231			
EJECUTOR			FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA			5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo			11. Parcheo			
2. Exudación			12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque			13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos			14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación			15. Ahuellamiento			
6. Depresión			16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde			17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta			18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma			19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales						
DAÑO	SEVERIDAD		CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	3		3	1.30	
19	M	228		228	98.70	

Tabla 10

Formato de registro U-7

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI						
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA						
HOJA DE REGISTRO						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 0+210		T 7			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA (m ²)			
TRAMO 1	KM 0+245		231			
EJECUTOR			FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA			5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo			11. Parcheo			
2. Exudación			12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque			13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos			14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación			15. Ahuellamiento			
6. Depresión			16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde			17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta			18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma			19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales						
DAÑO	SEVERIDAD		CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
19	H	215.13		215.13	93.13	

Tabla 11

Formato de registro U-13

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 0+420	UNIDAD DE MUESTRA T 13	ESQUEMA		
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 0+455	ÁREA DE MUESTRA (m ²) 231			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	L	2	2	0.87	
19	H	229	229	99.13	

Tabla 12

Formato de registro U-19

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 0+630	UNIDAD DE MUESTRA T 19	ESQUEMA		
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 0+665	ÁREA DE MUESTRA (m ²) 231			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
19	M	231	231	100.00	

Tabla 13

Formato de registro U-25

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 0+840	T 25			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m2)			
TRAMO 1	KM 0+875	231			
EJECUTOR	FECHA				
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA	5-Mar-22				
1. Piel de cocodrilo	11. Parqueo				
2. Exudación	12. Pulimento de agregados				
3. Fisuras en bloque	13. Huecos				
4. Abultamientos y hundimientos	14. Cruce de vía férrea				
5. Corrugación	15. Ahuellamiento				
6. Depresión	16. Desplazamiento				
7. Fisura de borde	17. Grieta parabólica				
8. Fisura de reflexión de junta	18. Hinchamiento				
9. Desnivel carril/berma	19. Desprendimiento de agregados				
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
19	H	230.4	231	100.00	

Tabla 14

Formato de registro U-31

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 1+050	T 31			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m2)			
TRAMO 1	KM 1+085	231			
EJECUTOR	FECHA				
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA	5-Mar-22				
1. Piel de cocodrilo	11. Parqueo				
2. Exudación	12. Pulimento de agregados				
3. Fisuras en bloque	13. Huecos				
4. Abultamientos y hundimientos	14. Cruce de vía férrea				
5. Corrugación	15. Ahuellamiento				
6. Depresión	16. Desplazamiento				
7. Fisura de borde	17. Grieta parabólica				
8. Fisura de reflexión de junta	18. Hinchamiento				
9. Desnivel carril/berma	19. Desprendimiento de agregados				
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
19	M	231	231	100.00	

Tabla 15

Formato de registro U-37

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 1+260	UNIDAD DE MUESTRA T 37	ESQUEMA		
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 1+295	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	13	13	5.63	
19	M	218	218	94.37	

Tabla 16

Formato de registro U-43

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 1+470	UNIDAD DE MUESTRA T 43	ESQUEMA		
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 1+505	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	20	20	8.66	
19	H	211	211	91.34	

Tabla 17

Formato de registro U-49

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA			
TA-065	KM 1+680	T 49				
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m ²)				
TRAMO 1	KM 1+715	231				
EJECUTOR	FECHA					
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA	5-Mar-22					
1. Piel de cocodrilo	11. Parqueo					
2. Exudación	12. Pulimiento de agregados					
3. Fisuras en bloque	13. Huecos					
4. Abultamientos y hundimientos	14. Cruce de vía férrea					
5. Corrugación	15. Ahuellamiento					
6. Depresión	16. Desplazamiento					
7. Fisura de borde	17. Grieta parabólica					
8. Fisura de reflexión de junta	18. Hinchamiento					
9. Desnivel carril/berma	19. Desprendimiento de agregados					
10. Fisuras longitudinales y transversales						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D	
1	L	5.2	5.2	2.25		
13	H	13	13	5.63		
19	M	212.8	212.8	92.12		

Tabla 18

Formato de registro U-55

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA			
TA-065	KM 1+890	T 55				
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m ²)				
TRAMO 1	KM 1+925	231				
EJECUTOR	FECHA					
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA	5-Mar-22					
1. Piel de cocodrilo	11. Parqueo					
2. Exudación	12. Pulimiento de agregados					
3. Fisuras en bloque	13. Huecos					
4. Abultamientos y hundimientos	14. Cruce de vía férrea					
5. Corrugación	15. Ahuellamiento					
6. Depresión	16. Desplazamiento					
7. Fisura de borde	17. Grieta parabólica					
8. Fisura de reflexión de junta	18. Hinchamiento					
9. Desnivel carril/berma	19. Desprendimiento de agregados					
10. Fisuras longitudinales y transversales						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D	
13	H	15	15	6.49		
19	M	216	216	93.51		

Tabla 19

Formato de registro U-61

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 2+100	T 61			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m2)			
TRAMO 1	KM 2+135	231			
EJECUTOR		FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	7	7	3.03	
19	M	224	224	96.97	

Tabla 20

Formato de registro U-67

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 2+310	T 67			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m2)			
TRAMO 1	KM 2+345	231			
EJECUTOR		FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	11	11	4.76	
19	M	220	220	95.24	

Tabla 21

Formato de registro U-73

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 2+520	T 73			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m2)			
TRAMO 1	KM 2+555	231			
EJECUTOR		FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/ berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
19	M	231	231	100.00	

Tabla 22

Formato de registro U-79

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 2+730	T 79			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m2)			
TRAMO 1	KM 2+765	231			
EJECUTOR		FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/ berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	25	25	10.82	
19	M	206	206	89.18	

MUESTREO ADICIONAL

Tabla 23

Formato de registro U-12

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 0+385	UNIDAD DE MUESTRA T 12 ADICIONAL	ESQUEMA		
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL KM 0+420	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231			
TRAMO 1		FECHA 5-Mar-22			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA					
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
10	H	5	5	2.16	
19	M	226	226	97.84	

Tabla 24

Formato de registro U-18

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 0+595	UNIDAD DE MUESTRA T 18 ADICIONAL	ESQUEMA		
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL KM 0+630	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231			
TRAMO 1		FECHA 5-Mar-22			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA					
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	13	13	5.63	
19	M	218	218	94.37	

Tabla 25

Formato de registro U-27

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 1+504	UNIDAD DE MUESTRA T 27 ADICIONAL	ESQUEMA			
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 1+536	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231				
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22				
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo				
2. Exudación		12. Pulimento de agregados				
3. Fisuras en bloque		13. Huecos				
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea				
5. Corrugación		15. Ahuellamiento				
6. Depresión		16. Desplazamiento				
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica				
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento				
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados				
10. Fisuras longitudinales y transversales						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D	
13	H	19	19	8.23		
19	M	212	212	91.77		

Tabla 26

Formato de registro U-41

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 1+400	UNIDAD DE MUESTRA T 41 ADICIONAL	ESQUEMA			
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 1+435	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231				
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22				
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo				
2. Exudación		12. Pulimento de agregados				
3. Fisuras en bloque		13. Huecos				
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea				
5. Corrugación		15. Ahuellamiento				
6. Depresión		16. Desplazamiento				
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica				
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento				
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados				
10. Fisuras longitudinales y transversales						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D	
13	H	5	5	2.16		
19	M	226	226	97.84		

Tabla 27

Formato de registro U-53

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 1+820	UNIDAD DE MUESTRA T 53 ADICIONAL	ESQUEMA		
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 1+855	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	40	40	17.32	
19	M	191	191	82.68	

Tabla 28

Formato de registro U-59

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 2+030	UNIDAD DE MUESTRA T 59 ADICIONAL	ESQUEMA		
SECCIÓN TRAMO 1	PROGRESIVA FINAL KM 2+065	ÁREA DE MUESTRA (m2) 231			
EJECUTOR EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		FECHA 5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	42	42	18.18	
19	M	189	189	81.82	

Tabla 29*Formato de registro U-60*

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 2+065	T 60 ADICIONAL			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m ²)			
TRAMO 1	KM 2+100	231			
EJECUTOR		FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	15	15	6.49	
19	M	216	216	93.51	

Tabla 30*Formato de registro U-65*

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	ESQUEMA		
TA-065	KM 2+240	T 65 ADICIONAL			
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m ²)			
TRAMO 1	KM 2+275	231			
EJECUTOR		FECHA			
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA		5-Mar-22			
1. Piel de cocodrilo		11. Parcheo			
2. Exudación		12. Pulimiento de agregados			
3. Fisuras en bloque		13. Huecos			
4. Abultamientos y hundimientos		14. Cruce de vía férrea			
5. Corrugación		15. Ahuellamiento			
6. Depresión		16. Desplazamiento			
7. Fisura de borde		17. Grieta parabólica			
8. Fisura de reflexión de junta		18. Hinchamiento			
9. Desnivel carril/berma		19. Desprendimiento de agregados			
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
10	L	5	5	2.16	
13	H	9	9	3.90	
19	L	217	217	93.94	

Tabla 31*Formato de registro U-75*

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 2+590	UNIDAD DE MUESTRA T 75 ADICIONAL	ESQUEMA		
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m ²)			
TRAMO 1	KM 2+625	231			
EJECUTOR	FECHA				
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA	5-Mar-22				
1. Piel de cocodrilo	11. Parqueo				
2. Exudación	12. Pulimento de agregados				
3. Fisuras en bloque	13. Huecos				
4. Abultamientos y hundimientos	14. Cruce de vía férrea				
5. Corrugación	15. Ahuellamiento				
6. Depresión	16. Desplazamiento				
7. Fisura de borde	17. Grieta parabólica				
8. Fisura de reflexión de junta	18. Hinchamiento				
9. Desnivel carril/berma	19. Desprendimiento de agregados				
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	35	35	15.15	
19	M	196	196	84.85	

Tabla 32*Formato de registro U-78*

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA HOJA DE REGISTRO EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
NOMBRE DE LA VÍA TA-065	PROGRESIVA INICIAL KM 2+695	UNIDAD DE MUESTRA T 78 ADICIONAL	ESQUEMA		
SECCIÓN	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA (m ²)			
TRAMO 1	KM 2+730	231			
EJECUTOR	FECHA				
EDWIN CARDENAS CHAMBILLA	5-Mar-22				
1. Piel de cocodrilo	11. Parqueo				
2. Exudación	12. Pulimento de agregados				
3. Fisuras en bloque	13. Huecos				
4. Abultamientos y hundimientos	14. Cruce de vía férrea				
5. Corrugación	15. Ahuellamiento				
6. Depresión	16. Desplazamiento				
7. Fisura de borde	17. Grieta parabólica				
8. Fisura de reflexión de junta	18. Hinchamiento				
9. Desnivel carril/berma	19. Desprendimiento de agregados				
10. Fisuras longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
13	H	29	29	12.55	
19	M	202	202	87.45	

4.1.5 Información de campo obtenido con Drone Phantom 4 Pro V2.0

Tabla 33

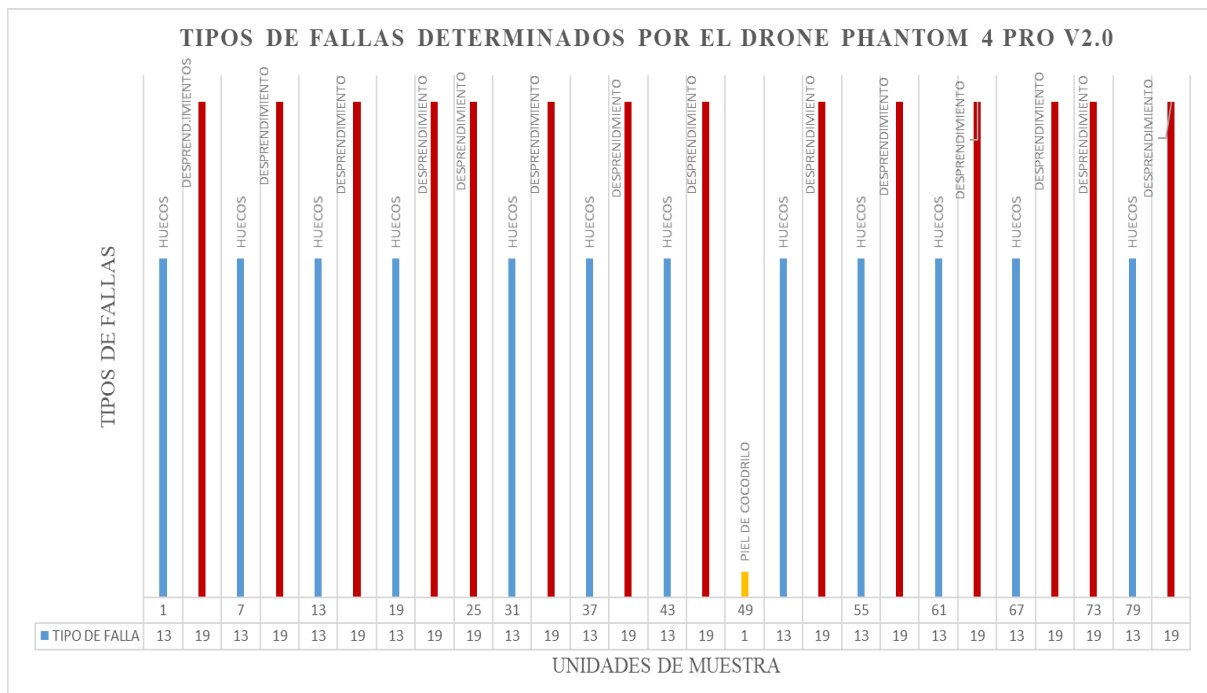
Hoja de registro de campo por unidades de muestra

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI						
HOJA DE REGISTRO						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0						
NOMBRE DE LA VÍA	TA-605	PROGRESIVA INICIAL:	KM 0+000	PROGRESIVA FINAL:	KM 2+765	ESQUEMA
EJECUTOR	EDWIN CARDENAS CHAMBILLA			FECHA	5-Mar-22	
1. Piel de cocodrilo				11. Parcheo		
2. Exudación				12. Pulimiento de agregados		
3. Fisuras en bloque				13. Huecos		
4. Abultamientos y hundimientos				14. Cruce de vía férrea		
5. Corrugación				15. Ahuellamiento		
6. Depresión				16. Desplazamiento		
7. Fisura de borde				17. Grieta parabólica		
8. Fisura de reflexión de junta				18. Hinchamiento		
9. Desnivel carril/ berma				19. Desprendimiento de agregados		
10. Fisuras longitudinales y transversales						
MUESTRA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	V.D
1	13	H	4	4		
	19	M	215	215		
7	13	H	3	3		
	19	H	215	215		
13	13	L	3	3		
	19	H	217	217		
19	13	H	1	1		
	19	M	230	230		
25	19	H	225	225		
31	13	H	4	4		
	19	M	227	227		
37	13	H	18	18		
	19	M	217	217		
43	13	H	22	22		
	19	H	208	208		
49	1	L	5.15	5.15		
	13	H	15	15		
	19	M	210.74	210.74		
55	13	H	15	15		
	19	M	213.6	213.6		
61	13	H	8	8		
	19	M	222.8	222.8		
67	13	H	13	13		
	19	M	218.9	218.9		
73	19	M	231	231		
79	13	H	29	29		
	19	M	205	205		

Nota. En la tabla se muestra la información obtenida utilizando el Drone Phantom 4 Pro V2,0, por unidades de muestra los tipos de daño presente en la vía TA-605

Figura 11


Tipos de fallas determinados por el Drone Phantom, por unidades de muestra



Nota. En la figura se muestra las fallas determinadas utilizando el Drone Phantom 4 Pro V2,0, por unidades de muestra, los tipos de daño presente en la vía TA-605

Tabla 35

Valor del PCI - muestra U-7

 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN									
TESIS		*USO DEL DRONE PHANTOM4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022*							
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD :			231.00 m2		
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 7			FECHA :			5/03/2022		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+210.00			EVALUADOR :			EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+245.00								
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m								

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	H	215.13							215.13	93.13	77.77
Total VD :											77.77	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 3.04
 Valor deducido más alto HDV : 77.77

N°	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	77.77								77.80	1	77.80
Máx. VDC :											77.80

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)


22.23

MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 36

Valor del PCI - muestra U-13



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"		
--------------	--	--	--

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 13		

ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2
FECHA :	5/03/2022

PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+420.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+455.00
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m

EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA
-------------	--------------------------

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	L	2.00							2.00	0.87	18.19
19	DA	H	229.00							229.00	99.13	78.67
Total VD :											96.86	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 2.96
 Valor deducido más alto HDV : 78.67

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.67	18.19						96.90	2	68.69
2	78.67	2.00						80.70	1	80.70
Máx. VDC										80.70

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
19.30


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 37

Valor del PCI - muestra U-19

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN	
		TESIS : "USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"					
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²		
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 19			FECHA :	5/03/2022		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+630.00			EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+665.00						
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m						

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	M	231.00								231.00	100.00	43.30
Total VD :												43.30	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.21
 Valor deducido más alto HDV : 43.30

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43.30								43.30	1	43.30
Máx. VDC											43.30


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 · (Máx. VDC)
56.70

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: BUENO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 38

Valor del PCI - muestra U-25

 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN												
TESIS		*USO DEL DRONE PHANTOM4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022*										
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO									
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 25											
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+840.00											
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+875.00											
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m											
ÁREA DE LA UNIDAD :			231.00 m2									
FECHA :			5/03/2022									
EVALUADOR :			EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA									

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	H	230.40								230.40	99.74	78.76
											Total VD :	78.76	

Número Máximo Admissible de V.D. (m) : 2.95
 Valor deducido más alto HDV : 78.76

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.76										78.80	1	78.80
											Máx. VDC	78.80	


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
21.24

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 39

Valor del PCI - muestra U-31

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN	
TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"
TRAMO :	N° 01 CALZADA UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 31
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+840.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+875.00
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	M	231.00							231.00	100.00	43.30
Total VD :											43.30	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.21
 Valor deducido más alto HDV : 43.30

N°	VALORES DUDUCIDOS									VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43.30									43.30	1	43.30
Máx. VDC :											43.30	


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
56.70

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: BUENO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 40

Valor del PCI - muestra U-37



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS : "USO DEL DRONE PHANTOM4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 37		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+260.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+295.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	13.00							13.00	5.63	90.99
19	DA	M	218.00							218.00	94.37	42.62
Total VD :											133.61	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 1.83
 Valor deducido más alto HDV : 90.99

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	90.99	35.38						126.40	2	84.38
2	90.99	2.00						93.00	1	93.00
Máx. VDC										93.00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)


7.00

FALLADO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 41

Valor del PCI - muestra U-43



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"				
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 43			FECHA :	5/03/2022
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+470.00			EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+505.00				
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m				

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	20.00							20.00	8.66	100.00
19	DA	H	211.00							211.00	91.34	77.50
											Total VD :	177.50

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **1.00**
 Valor deducido más alto HDV : **100.00**

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	100.00								100.00	1	100.00	
											Máx. VDC	100.00


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
0.00

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: FALLADO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 45

Valor del PCI - muestra U-67

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN		
TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"	
TRAMO :	N° 01 CALZADA UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD : 231.00 m ²
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 67	FECHA : 5/03/2022
PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+310.00	EVALUADOR : EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+345.00	
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m	

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	11.00								11.00	4.76	86.74
19	DA	M	220.00								220.00	95.24	42.73
												Total VD :	129.47

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 2.22
 Valor deducido más alto HDV : 86.74

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	86.74	42.73							129.50	2	85.78	
2	86.74	2.00							88.70	1	88.70	
											Máx. VDC	88.70


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
11.30

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 46

Valor del PCI - muestra U-73

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN
TESIS	*USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022*
TRAMO : N° 01 CALZADA UNICO UNIDAD DE MUESTREO : U - 73	ÁREA DE LA UNIDAD : 231.00 m ² FECHA : 5/03/2022
PROGRESIVA INICIAL : Km 2+520.00 PROGRESIVA FINAL : Km 2+555.00 ANCHO DE LA VÍA : 6.60 m	EVALUADOR : EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
19	DA	M	231.00									231.00	100.00	43.30
												Total VD :	43.30	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.21
 Valor deducido más alto HDV : 43.30

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	43.30											43.30	1	43.30
												Máx. VDC :	43.30	

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)

56.70


BUENO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

4.2.2 CÁLCULO DEL PCI, MUESTREO ADICIONAL

Tabla 48

Valor del PCI - muestra adicional U-12



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"
--------------	--

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 12	ADICIONAL		FECHA :	5/03/2022
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+385.00				
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+420.00				
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m				
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA				

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	H	5.00							5.00	2.16	14.22
19	DA	M	226.00							226.00	97.84	43.04
Total VD :											57.26	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.23
 Valor deducido más alto HDV : 43.04

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43.04	14.22						57.30	2	42.11
2	43.04	2.00						45.00	1	45.00
Máx. VDC										45.00


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
55.00

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 49

Valor del PCI - muestra adicional U-18



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"		
--------------	--	--	--

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 18	ADICIONAL		FECHA :	5/03/2022

PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+595.00	EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+630.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m		

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	13.00							13.00	5.63	90.99
19	DA	M	218.00							218.00	94.37	42.62
Total VD :											133.61	

Número Máximo Admissible de V.D. (m) : 1.83
 Valor deducido más alto HDV : 90.99

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	90.99	35.38						126.40	2	84.38
2	90.99	2.00						93.00	1	93.00
Máx. VDC :										93.00


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
7.00

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: FALLADO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 50

Valor del PCI - muestra adicional U-27

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN			
TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"				
TRAMO : UNIDAD DE MUESTREO :	N° 01 U - 27	CALZADA ADICIONAL	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD : FECHA :	231.00 m ² 5/03/2022
PROGRESIVA INICIAL : PROGRESIVA FINAL : ANCHO DE LA VÍA :	Km 1+504.00 Km 1+539.00 6.60 m			EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	19.00								19.00	8.23	100.00
19	DA	M	212.00								212.00	91.77	42.31
Total VD :												142.31	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 1.00
 Valor deducido más alto HDV : 100.00

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	100.00								100.00	1	100.00
Máx. VDC											100.00


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):
 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC) 0.00
FALLADO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 51

Valor del PCI - muestra adicional U-41



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS : "USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 41	ADICIONAL	
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+400.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+435.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	5.00								5.00	2.16	68.40
19	DA	M	226.00								226.00	97.84	43.04
Total VD :												111.44	

Número Máximo Admissible de V.D. (m) : 3.90
 Valor deducido más alto HDV : 68.40

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	68.40	43.04							111.40	2	76.77
2	68.40	2.00							70.40	1	70.40
Máx. VDC											76.77


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
23.23

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 52


Valor del PCI - muestra adicional U-53

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN</p>																																																													
<p>TESIS "USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"</p>																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TRAMO :</td> <td>N° 01</td> <td>CALZADA</td> <td>UNICO</td> </tr> <tr> <td>UNIDAD DE MUESTREO :</td> <td>U - 53</td> <td>ADICIONAL</td> <td></td> </tr> </table>	TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	UNIDAD DE MUESTREO :	U - 53	ADICIONAL		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ÁREA DE LA UNIDAD :</td> <td>231.00 m²</td> </tr> <tr> <td>FECHA :</td> <td>5/03/2022</td> </tr> </table>	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²	FECHA :	5/03/2022	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGRESIVA INICIAL :</td> <td>Km 1+820.00</td> </tr> <tr> <td>PROGRESIVA FINAL :</td> <td>Km 1+855.00</td> </tr> <tr> <td>ANCHO DE LA VÍA :</td> <td>6.60 m</td> </tr> </table>	PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+820.00	PROGRESIVA FINAL :	Km 1+855.00	ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>EVALUADOR :</td> <td>EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA</td> </tr> </table>	EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA																																							
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO																																																											
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 53	ADICIONAL																																																												
ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²																																																													
FECHA :	5/03/2022																																																													
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+820.00																																																													
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+855.00																																																													
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m																																																													
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; color: white;"> <thead> <tr style="background-color: red;"> <th>N°</th> <th>FALLA</th> <th>SEVERIDAD</th> <th colspan="8">CANTIDADES PARCIALES</th> <th>TOTAL</th> <th>DENSIDAD (%)</th> <th>VALOR DEDUCIDO (VD)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13</td> <td>BA</td> <td>H</td> <td>40.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>40.00</td> <td>17.32</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>DA</td> <td>M</td> <td>191.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>191.00</td> <td>82.68</td> <td>41.15</td> </tr> <tr> <td colspan="13"></td> <td style="background-color: red; color: white;">Total VD :</td> <td>141.15</td> </tr> </tbody> </table>				N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	13	BA	H	40.00									40.00	17.32	100.00	19	DA	M	191.00									191.00	82.68	41.15														Total VD :	141.15
N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																	
13	BA	H	40.00									40.00	17.32	100.00																																																
19	DA	M	191.00									191.00	82.68	41.15																																																
													Total VD :	141.15																																																
<p>Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 1.00</p> <p>Valor deducido más alto HDV : 100.00</p>																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; color: white;"> <thead> <tr style="background-color: red;"> <th>N°</th> <th colspan="10">VALORES DUDUCIDOS</th> <th>VDT</th> <th>q</th> <th>VALOR DEDUCIDO CORREGIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>100.00</td> <td>1</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td colspan="15" style="text-align: right; background-color: red; color: white;">Máx. VDC 100.00</td> </tr> </tbody> </table>				N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	1	100.00											100.00	1	100.00	Máx. VDC 100.00																													
N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO																																																	
1	100.00											100.00	1	100.00																																																
Máx. VDC 100.00																																																														
<p>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):</p>											<p>PCI = 100 - (Máx. VDC) 0.00</p>																																																			
<p>CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:</p>											<p>FALLADO</p>																																																			

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 55

Valor del PCI - muestra adicional U-65



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN

TESIS : "USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 65		ADICIONAL
PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+240.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+275.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	L	5.00							5.00	2.16	0.41
13	BA	H	9.00							9.00	3.90	81.74
19	DA	L	217.00							217.00	83.94	15.50
											Total VD :	97.64

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 2.68
 Valor deducido más alto HDV : 81.74

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	81.74	15.50	0.28					97.50	2	69.10	
2	81.74	2.00	0.28					84.00	1	84.00	
										Máx. VDC	84.00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)

16.00

MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 59

Cálculo del PCI U-7

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0	
TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"
TRAMO :	N° 01 CALZADA UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 7
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+210.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+245.00
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	3.00								3.00	1.30	56.66
19	DA	H	215.00								215.00	93.07	77.76
Total VD :												134.42	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 3.04
 Valor deducido más alto HDV : 77.76

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	77.76	56.66							134.40	2	88.20
2	77.76	2.00							79.80	1	79.80
Máx. VDC											88.20


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
11.80

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 60

Cálculo del PCI U-13

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0												
TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TRAMO :</td> <td>N° 01</td> <td>CALZADA</td> <td>UNICO</td> </tr> <tr> <td>UNIDAD DE MUESTREO :</td> <td colspan="3">U - 13</td> </tr> </table>	TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	UNIDAD DE MUESTREO :	U - 13			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ÁREA DE LA UNIDAD :</td> <td>231.00 m2</td> </tr> <tr> <td>FECHA :</td> <td>5/03/2022</td> </tr> </table>	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2	FECHA :	5/03/2022
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO										
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 13												
ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2												
FECHA :	5/03/2022												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGRESIVA INICIAL :</td> <td>Km 0+420.00</td> </tr> <tr> <td>PROGRESIVA FINAL :</td> <td>Km 0+455.00</td> </tr> <tr> <td>ANCHO DE LA VÍA :</td> <td>6.60 m</td> </tr> </table>	PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+420.00	PROGRESIVA FINAL :	Km 0+455.00	ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>EVALUADOR :</td> <td>EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA</td> </tr> </table>	EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA				
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+420.00												
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+455.00												
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m												
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA												

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	L	3.00								3.00	1.30	22.97
19	DA	H	217.00								217.00	93.94	77.89
												Total VD :	100.86

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **3.03**
 Valor deducido más alto HDV : **77.89**

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	77.89	22.97							100.90	2	71.27	
2	77.89	2.00							79.90	1	79.90	
											Máx. VDC	79.90

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
20.10

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 62

Cálculo del PCI U-25

TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"											
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO	ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2							
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 25			FECHA :	5/03/2022							
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+840.00											
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+875.00											
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m											
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA											

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	H	225.00								225.00	97.40	78.41
Total VD :												78.41	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 2.98
 Valor deducido más alto HDV : 78.41

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.41										78.40	1	78.40
Máx. VDC :												78.40	


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
21.59

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 63


Cálculo del PCI U-31

 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0													
TESIS		"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"											
TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO		ÁREA DE LA UNIDAD :				231.00 m2				
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 31				FECHA :				5/03/2022				
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+050.00												
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+085.00												
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m												
EVALUADOR :				EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA									
N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	4.00								4.00	1.73	62.98
19	DA	M	227.00								227.00	98.27	43.09
											Total VD :	106.07	
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :			4.40										
Valor deducido más alto HDV :			62.98										
N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO		
1	62.98	43.09							106.10	2	73.97		
2	62.98	2.00							65.00	1	65.00		
											Máx. VDC	73.97	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):											PCI = 100 - (Máx. VDC) 26.03		
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:											MALO		

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 68

Cálculo del PCI U-61



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0

TESIS : "USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 61		

ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2
FECHA :	5/03/2022

PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+100.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+135.00
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m

EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA
-------------	--------------------------

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	8.00								8.00	3.46	78.96
19	DA	M	222.80								222.80	96.45	42.87
												Total VD :	121.84

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **2.93**
 Valor deducido más alto HDV : **78.96**

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.96	42.87									121.80	2	82.31
2	78.96	2.00									81.00	1	81.00
												Máx. VDC	82.31

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
17.69

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 69

Cálculo del PCI U-67

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0	
TESIS	"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"
TRAMO :	N° 01 CALZADA UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 67
PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+310.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+345.00
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m ²
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	13.00							13.00	5.63	90.99
19	DA	M	218.90							218.90	94.76	42.67
Total VD :											133.66	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 1.83
Valor deducido más alto HDV : 90.99

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	90.99	35.42						126.40	2	84.38
2	90.99	2.00						93.00	1	93.00
Máx. VDC										93.00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)


7.00

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: FALLADO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 70

Cálculo del PCI U-73

 <p align="center"> UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0 </p>												
TESIS		"USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"										
TRAMO :				N° 01	CALZADA		UNICO					
UNIDAD DE MUESTREO :				U - 73								
PROGRESIVA INICIAL :				Km 2+520.00								
PROGRESIVA FINAL :				Km 2+555.00								
ANCHO DE LA VÍA :				6.60 m								
ÁREA DE LA UNIDAD :				231.00 m ²								
FECHA :				5/03/2022								
EVALUADOR :				EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA								

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	M	231.00								231.00	100.00	43.30
Total VD :												43.30	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.21**
 Valor deducido más alto HDV : **43.30**

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43.30								43.30	1	43.30
Máx. VDC :											43.30

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
56.70


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

Tabla 71

Cálculo del PCI U-79



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO DRONE PHANTOM 4 PRO V2,0

TESIS : "USO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA TA-605, DISTRITO DE INCLAN, TACNA - 2022"

TRAMO :	N° 01	CALZADA	UNICO
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 79		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+730.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+765.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.60 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	231.00 m2
FECHA :	5/03/2022
EVALUADOR :	EDWIN CÁRDENAS CHAMBILLA

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	H	29.00								29.00	12.55	100.00
19	DA	M	205.00								205.00	88.74	41.94
Total VD :												141.94	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **1.00**
 Valor deducido más alto HDV : **100.00**

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	100.00											100.00	1	100.00
Máx. VDC														100.00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)

0.00

FALLADO

Nota. En la tabla se muestra el resultado PCI y su calificación

4.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.4.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS MÉTODO PCI

Se determina el valor del índice de condición del pavimento (PCI) obtenido por cada unidad de muestra y el estado funcional del pavimento por unidad de muestra, de acuerdo a la norma (ASTMD6433-03, 2018), metodología del Pavement Condition Index.

Tabla 72

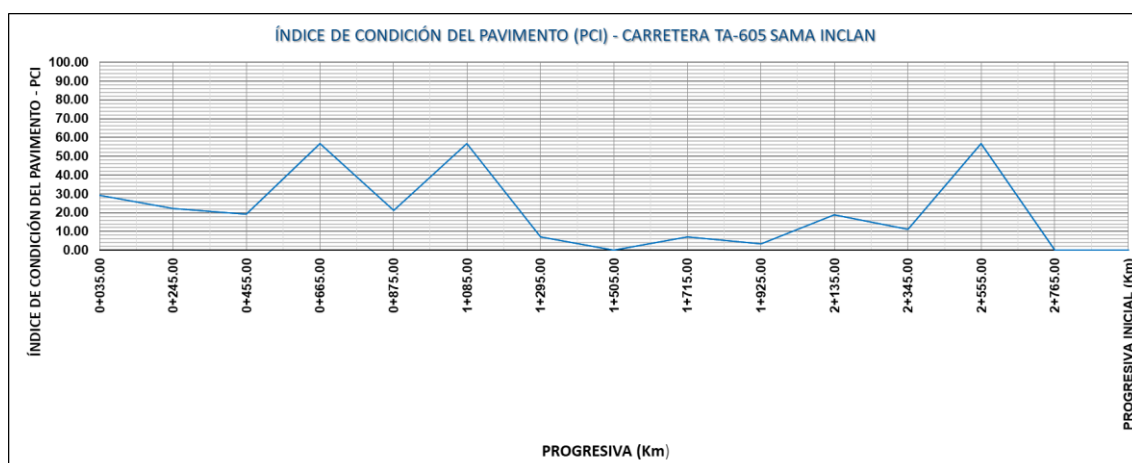
Valores PCI y su condición determinados en la carretera TA-605

CARRETERA TA-605 SAMA INCLAN						
CALZADA	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA INICIAL (Km)	LONGITUD (m)	PCI	CONDICIÓN
UNICA	U-01	0+000.00	0+035.00	35.00	29.34	MALO
UNICA	U-07	0+210.00	0+245.00	35.00	22.23	MUY MALO
UNICA	U-13	0+420.00	0+455.00	35.00	19.30	MUY MALO
UNICA	U-19	0+630.00	0+665.00	35.00	56.70	BUENO
UNICA	U-25	0+840.00	0+875.00	35.00	21.24	MUY MALO
UNICA	U-31	1+050.00	1+085.00	35.00	56.70	BUENO
UNICA	U-37	1+260.00	1+295.00	35.00	7.00	FALLADO
UNICA	U-43	1+470.00	1+505.00	35.00	0.00	FALLADO
UNICA	U-49	1+680.00	1+715.00	35.00	7.00	FALLADO
UNICA	U-55	1+890.00	1+925.00	35.00	3.30	FALLADO
UNICA	U-61	2+100.00	2+135.00	35.00	18.99	MUY MALO
UNICA	U-67	2+310.00	2+345.00	35.00	11.30	MUY MALO
UNICA	U-73	2+520.00	2+555.00	35.00	56.70	BUENO
UNICA	U-79	2+730.00	2+765.00	35.00	0.00	FALLADO
				PROMEDIO	22.13	MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra los valores PCI y la calificación de la condición del estado funcional del pavimento de la carretera TA-605

Figura 12

Comportamiento de los valores PCI por cada unidad de muestra

**Tabla 73**

Muestreo adicional de unidades en la carretera TA-605

UNIDAD DE MUESTRA	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA INICIAL (Km)	LONGITUD (m)	PCI	CONDICIÓN
ADICIONAL	U-12	0+385.00	0+420.00	35.00	55.00	REGULAR
ADICIONAL	U-18	0+595.00	0+630.00	35.00	7.00	FALLADO
ADICIONAL	U-27	1+504.00	1+536.00	35.00	0.00	FALLADO
ADICIONAL	U-41	1+400.00	1+435.00	35.00	23.23	MUY MALO
ADICIONAL	U-53	1+820.00	1+855.00	35.00	0.00	FALLADO
ADICIONAL	U-59	2+030.00	2+065.00	35.00	0.00	FALLADO
ADICIONAL	U-60	2+065.00	2+100.00	35.00	3.30	FALLADO
ADICIONAL	U-65	2+240.00	2+275.00	35.00	16.00	MUY MALO
ADICIONAL	U-75	2+590.00	2+625.00	35.00	0.00	FALLADO
ADICIONAL	U-78	2+695.00	2+730.00	35.00	0.00	FALLADO
PROMEDIO					10.45	MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra los resultados del muestreo adicional, que fueron necesarios evaluar por la presencia de fallas consecutivas en todo el tramo de la carretera TA-605

4.4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS uso del DRONE

Se determina el valor del índice de condición del pavimento (PCI) obtenido por cada unidad de muestra y el estado funcional del pavimento por unidad de muestra, de acuerdo a la norma (ASTMD6433-03, 2018), evaluados con el uso del Drone Phantom 4 Pro V2.0.

Tabla 74

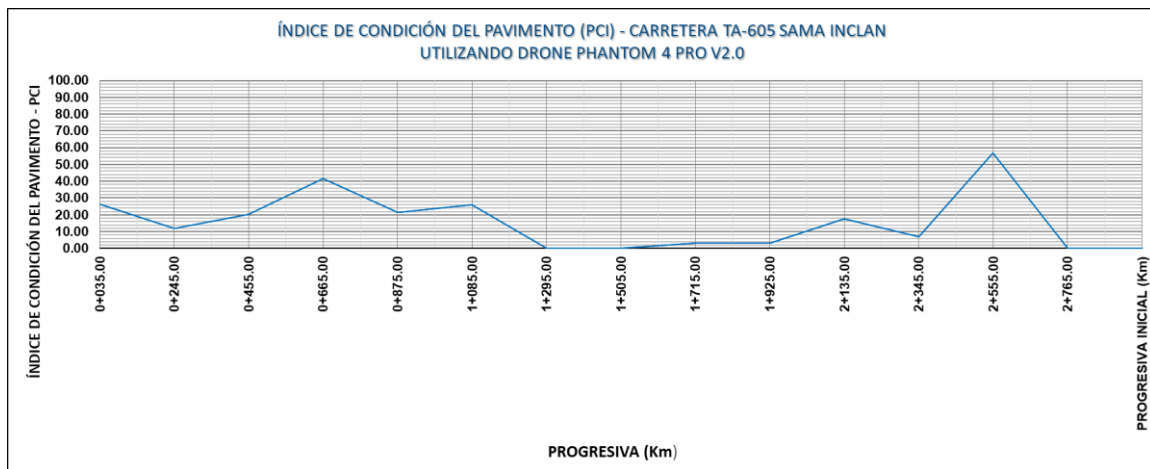
Resultados del valor PCI y su condición del estado funcional del pavimento

CARRETERA TA-605 SAMA INCLAN USO DEL DRONE PHANTOM4 PRO V2.0						
CALZADA	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA INICIAL (Km)	LONGITUD (m)	PCI	CONDICIÓN
UNICA	U-01	0+000.00	0+035.00	35.00	26.34	MALO
UNICA	U-07	0+210.00	0+245.00	35.00	11.80	MUY MALO
UNICA	U-13	0+420.00	0+455.00	35.00	20.10	MUY MALO
UNICA	U-19	0+630.00	0+665.00	35.00	41.46	REGULAR
UNICA	U-25	0+840.00	0+875.00	35.00	21.59	MUY MALO
UNICA	U-31	1+050.00	1+085.00	35.00	26.03	MALO
UNICA	U-37	1+260.00	1+295.00	35.00	0.00	FALLADO
UNICA	U-43	1+470.00	1+505.00	35.00	0.00	FALLADO
UNICA	U-49	1+680.00	1+715.00	35.00	3.30	FALLADO
UNICA	U-55	1+890.00	1+925.00	35.00	3.30	FALLADO
UNICA	U-61	2+100.00	2+135.00	35.00	17.69	MUY MALO
UNICA	U-67	2+310.00	2+345.00	35.00	7.00	FALLADO
UNICA	U-73	2+520.00	2+555.00	35.00	56.70	BUENO
UNICA	U-79	2+730.00	2+765.00	35.00	0.00	FALLADO
				PROMEDIO	16.81	MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra los valores determinados del PCI y su calificación del estado funcional del pavimento utilizando el Drone Phantom 4 Pro V2.0

Figura 13

Comportamiento de los valores PCI por cada unidad de muestra, obtenidos con el uso del Drone Phantom 4 Pro V2.0 en la carretera TA-605



4.4.3 COMPARATIVO DE RESULTADOS DEL VALOR PCI OBTENIDOS CON EL DRONE PHANTOM Y EL MÉTODO PCI

Los resultados obtenidos por el método PCI y usando el Drone Phantom 4 Pro V2.0, los cuales se comparan ambas evaluaciones y sus respectivas clasificaciones, resultando que la evaluación son similares en su calificación del estado funcional del pavimento flexible, como MUY MALO.

Tabla 75

Resultados obtenidos por ambas metodologías

COMPARATIVO DE VALORES PCI OBTENIDOS CON EL DRONE PHANTOM Y EL MÉTODO PCI								
CALZADA	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA INICIAL (Km)	LONGITUD (m)	RESULTADOS OBTENIDOS CON DRONE PHANTOM		RESULTADOS OBTENIDOS CON MÉTODO PCI	
					PCI	CONDICIÓN	PCI	CONDICIÓN
UNICA	U-01	0+000.00	0+035.00	35.00	26.34	MALO	29.34	MALO
UNICA	U-07	0+210.00	0+245.00	35.00	11.80	MUY MALO	22.23	MUY MALO
UNICA	U-13	0+420.00	0+455.00	35.00	20.10	MUY MALO	19.30	MUY MALO
UNICA	U-19	0+630.00	0+665.00	35.00	41.46	REGULAR	56.70	BUENO
UNICA	U-25	0+840.00	0+875.00	35.00	21.59	MUY MALO	21.24	MUY MALO
UNICA	U-31	1+050.00	1+085.00	35.00	26.03	MALO	56.70	BUENO
UNICA	U-37	1+260.00	1+295.00	35.00	0.00	FALLADO	7.00	FALLADO
UNICA	U-43	1+470.00	1+505.00	35.00	0.00	FALLADO	0.00	FALLADO
UNICA	U-49	1+680.00	1+715.00	35.00	3.30	FALLADO	7.00	FALLADO
UNICA	U-55	1+890.00	1+925.00	35.00	3.30	FALLADO	3.30	FALLADO
UNICA	U-61	2+100.00	2+135.00	35.00	17.69	MUY MALO	18.99	MUY MALO
UNICA	U-67	2+310.00	2+345.00	35.00	7.00	FALLADO	11.30	MUY MALO
UNICA	U-73	2+520.00	2+555.00	35.00	56.70	BUENO	56.70	BUENO
UNICA	U-79	2+730.00	2+765.00	35.00	0.00	FALLADO	0.00	FALLADO
PROMEDIO					16.81	MUY MALO	22.13	MUY MALO

Nota. En la tabla se muestra los resultados y la calificación del estado del pavimento, obtenidos por ambas metodologías, PCI y Drone Phantom 4 Pro V2.0

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Se determinó la optimización de la evaluación del pavimento asfáltico utilizando el Dron Phantom 4 pro V2.0 de los valores obtenidos por el método PCI en la carretera vecinal TA-605, distrito de Inclán a nivel de la carpeta asfáltica, donde se ubican las fallas superficiales, en especial piel de cocodrilo, como los baches, huecos, y en mayor proporción el desprendimiento de agregados, los cuales afectan el estado funcional del pavimento asfáltico.

2. Se determinó el valor de la evaluación funcional del pavimento flexible utilizando la metodología del PCI en la carretera vecinal TA-605, por 14 unidades de muestreo en todo el tramo, obteniendo un valor promedio del PCI igual a 22,13%, la calificación del estado funcional del pavimento, como MUY MALO.

3. Se determinó el nivel de confiabilidad del valor PCI determinado por el método PCI usando el Dron Phantom 4 pro V2.0, considerando 14 unidades de muestreo en la calzada única, obteniendo un valor PCI promedio igual a 16,81%, calificación del estado funcional del pavimento, como MUY MALO.

4. Se determinó que el uso del Dron Phantom 4 pro V2.0 logró reducir el tiempo de evaluación funcional del pavimento asfáltico en relación al método PCI, brindando seguridad a los evaluadores, donde la ortofoto obtenida permite desarrollar planos de fallas para determinar tipo, severidad y cantidad de las fallas presentes en la carretera TA-605, distrito de Inclán.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al Gobierno Regional de Tacna, y a la Municipalidad Distrital de Inclán planificar y ejecutar un programa de mantenimiento periódico a nivel de la carpeta asfáltica, los cuales afectan el estado funcional del pavimento asfáltico de la carretera TA-605, para ello pueden utilizar los resultados de la investigación.
2. El programa de mantenimiento periódico recomendado a la Municipalidad Distrital de Inclán, es necesario considerar una evaluación de la subrasante por la presencia de fallas como los huecos y baches, lo que hace necesario un programa de bacheo preliminar en toda la vía vecinal TA-605.
3. Se recomienda a las municipalidades distritales y provinciales de acuerdo a la calificación del estado funcional de las vías, realizar trabajos de mantenimiento rutinario, mediante un monitoreo de fallas utilizando ortofotos obtenidos con el Dron Phantom 4 Pro V2.0 con el objetivo de analizar la evolución de las fallas e identificar la aparición de nuevas fallas.
4. Se recomienda utilizar los resultados obtenidos en la presente investigación a los gobiernos regionales, locales, PROVIAS NACIONAL, PROVIAS DESCENTRALIZADO, Ministerio de Transportes, referidos a la evaluación de pavimentos, utilizando los Drones, por considerar los resultados base fiable de información para su utilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerea, A. E. (7 de abril de 2014).
https://www.uavdach.org/korr.Nutzung/AESA_spain.pdf . Obtenido de
https://www.uavdach.org/korr.Nutzung/AESA_spain.pdf :
<https://www.uavdach.org/>
- ASTMD6433-03. (2018). *Standard Practice for Roads and Parking. Lots Pavement Condition Index*.
- Bart, C. (2016). *Drone technology: Types, payloads, Applications, Frequency Spectrum Issues and future developments*. Holanda: Universidad de Leiden.
- Benito, J. (2015). *Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS*. Madrid-España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Berrio, L. y Ussa, A. (2012). *Auscultación de pavimentos mediante interpretación de imágenes*. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Chunsun, Z. y Ahmed, E. (2012). An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses. *Wiley online library*,
[https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-.).
- Civilgineering. (2016). Drones en ingeniería civil. *Prontubean*,
http://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=55 .

- Cruz, J. (2018).). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cruz, J. y Gutiérrez, J. (2019). Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT). *Métodos y Materiales*, 23 - 32.
- Cruz, W. (2019). *Diagnóstico de las fallas en el pavimento flexible de la Avenida Ricardo Palma mediante el método del Índice de Condición del pavimento*. Trujillo: Universidad Privada de Trujillo.
- Cubas, J. (2021). *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*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Hack, J., Adey, B. y Wozniak, M. (2018). Use of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry to Obtain Topographical information to improve Bridge Risk Assessment. *ASCE Library*, <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29IS.1943-555X.0000393>.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta edición*. México: McGRAW-HILL-Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Jiménez, S. (2017). *Levantamiento y supervisión de infraestructura civil mediante vehículos aéreos no tripulados VANTS*. Morelos.
- Leiva, S. y Niño de Guzman, J. (2021). *Evaluación comparativa de la precisión en levantamientos topográficos efectuados mediante vehículo aéreo no tripulado*

- (UAV) a 50 metros de altura y el método tradicional en la carretera Abra Ccorao-Ccorao. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Mallick, R. y El-Korchi, T. (2009). *Pavement engineering, Principles and practice*. Florida: CRC Press.
- Miranda, R. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile.
- Ojeda, W., Flores, J. y Unland, H. (2014). *Drones y sistemas de información geográfica en la ingeniería hidroagrícola*. Morelos-México: Instituto Mexicano de tecnología del Agua.
- Pucha, P. y Zárate, B. (2020). Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 1-14.
- Pucha, P. y Zárate, B. (2020). Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 17 (2), <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6599>.
- Quispe, O. (2020). *Evaluación de confiabilidad del Drone Phantom 4 Pro v2.0 para calcular el índice de condición del pavimento flexible en Av. Miraflores del distrito de Comas, Lima - 2020*. Lima: Universidad Privada del Norte.

- Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots*. USA: Springer Science + Bussiness Media. LLC 2° Edición.
- Simancas, L. (2019). Drones: Tecnoogía de alto vuelo. *World Energy Trade*, s/p.
- Suziedelyte, V. (2016). *Unmanned Aerial Vehicles for photogrammetry: Analysis of orthophoto images over the territory of Lithuania*. EE.UU: Universidad Técnica Vilnius Gediminas.
- UMSS. (2004). *Manual de diseño de pavimentos 5 Ed, Vol. 2*. Cochabamba: Grupo Noriega.
- Vargas, C. (2018). *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*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Vasconcelos, R., Fonseca, A., Batista, G., Varela, V., Azevedo da Silveira, B. y Sousa, A. (2021). Mapeo de manifestaciones patológicas en pavimento asfáltico por medio del uso de drones. *Revista ALCONPAT*, 61-72, <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.521> .
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales: INGEPAV.

Ventura, E. (2020). *Evaluación superficial del pavimento flexible con el método PCI mediante la fotogrametría aérea en la Circunvalacion Este, Huanta - Ayacucho-2019*. Lima: Universidad César Vallejo.

Wright, P. y Dixon, K. (2004). *Highway Engineerig 7ma Edición*. New York: Jhon Wiley.

ANEXOS

I. MATERIAL FOTOGRAFICO DE LAS EVALUACIONES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

TRAMO N°01 (TA-605)



TRAMO 07:



TRAMO 13:





TRAMO 19:



TRAMO 25:



TRAMO 31:



TRAMO 37:



TRAMO 43:





TRAMO 49:



TRAMO 55:



TRAMO 61:



TRAMO 67:



TRAMO 73:



TRAMO 79:

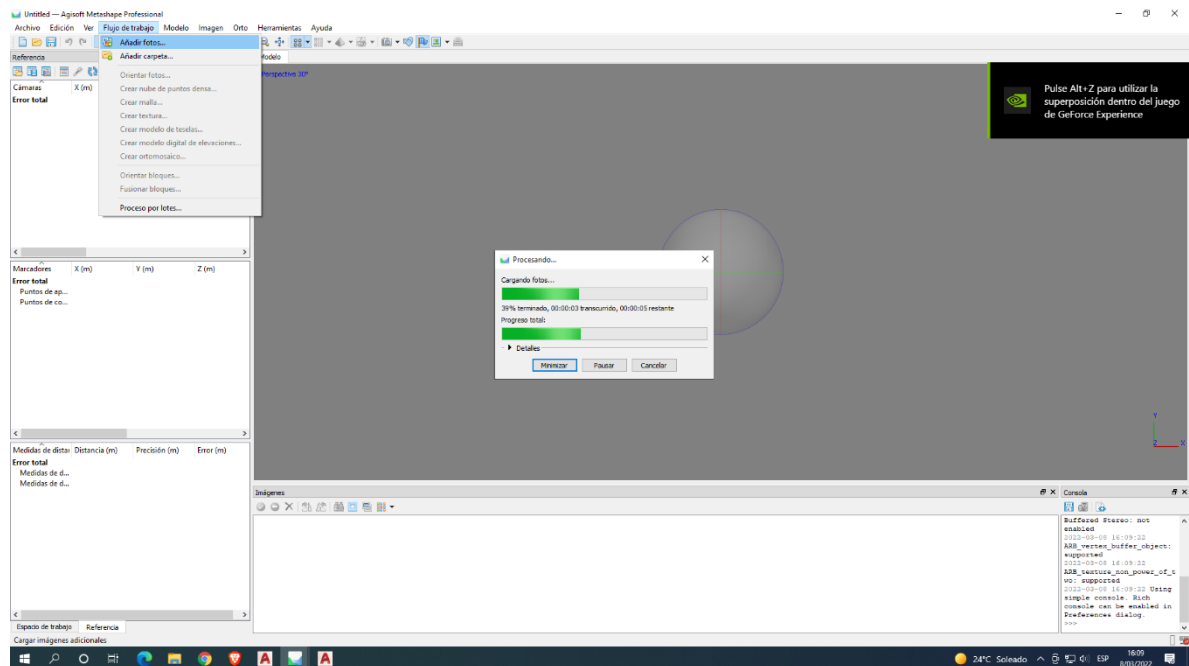
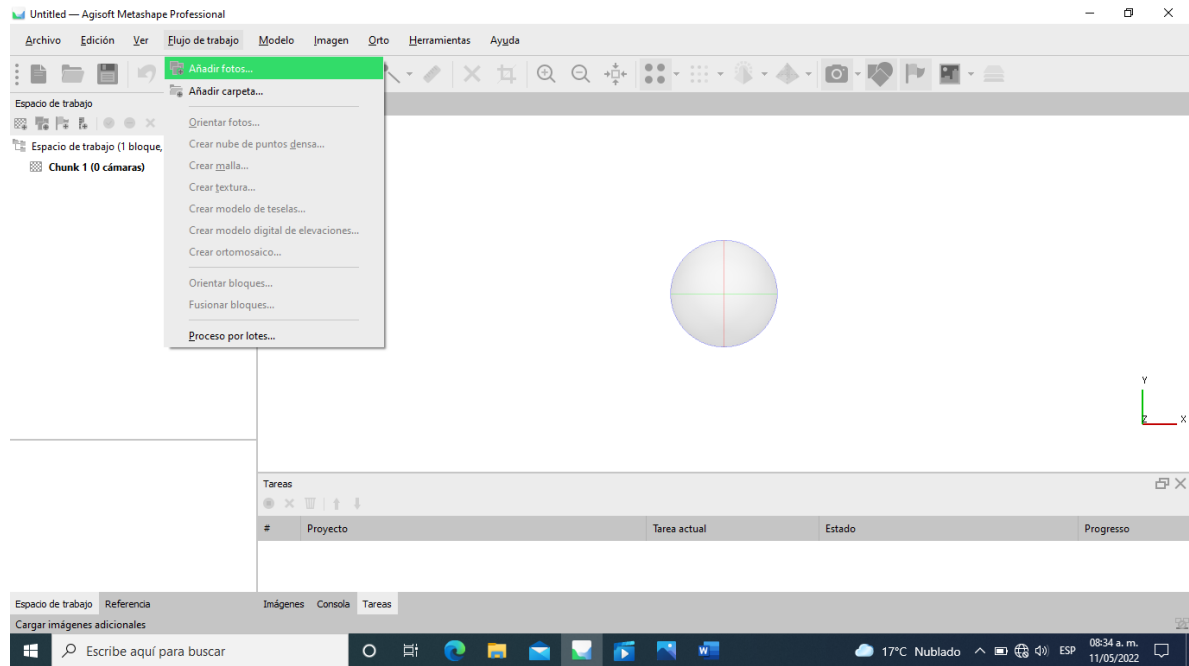




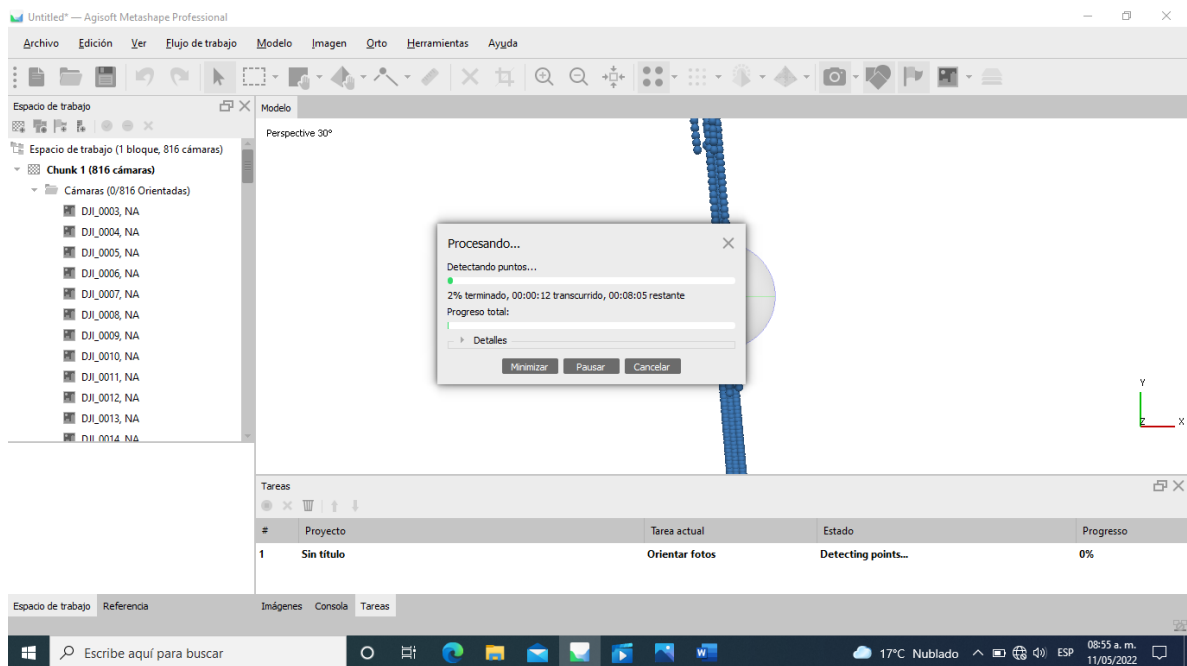
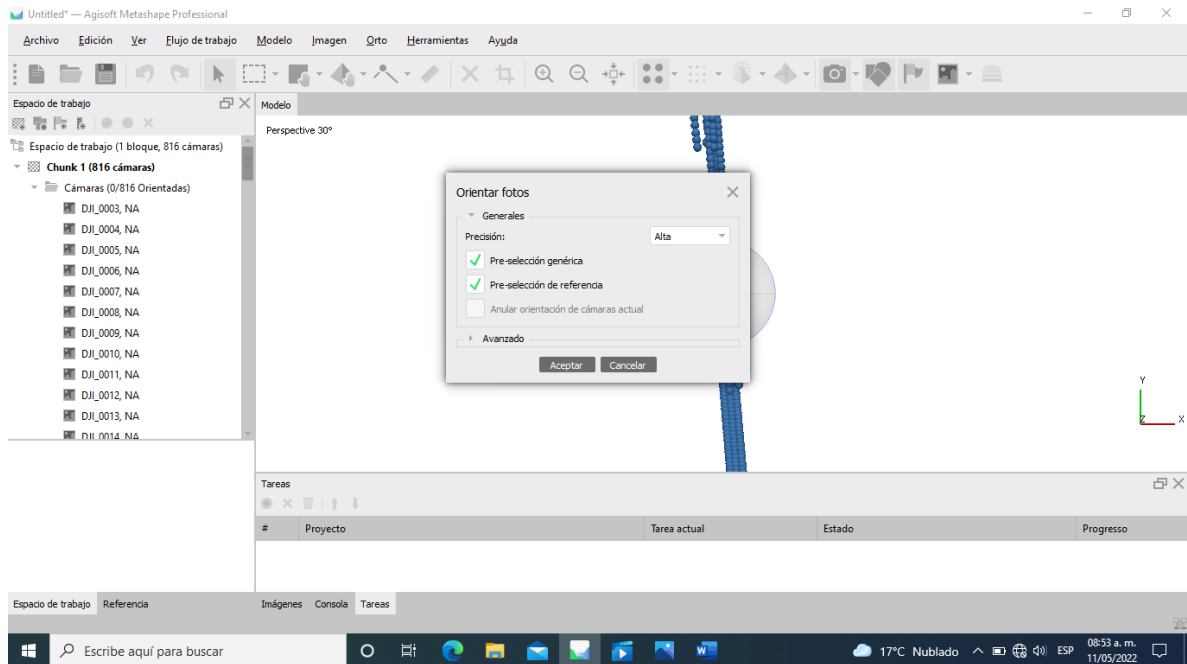
II. MATERIAL FOTOGRAFICO DE LAS EVALUACIONES UTILIZANDO DRON PHANTOM 4 PRO V2.0, MEDIANTE PROGRAMACION DE VUELO.



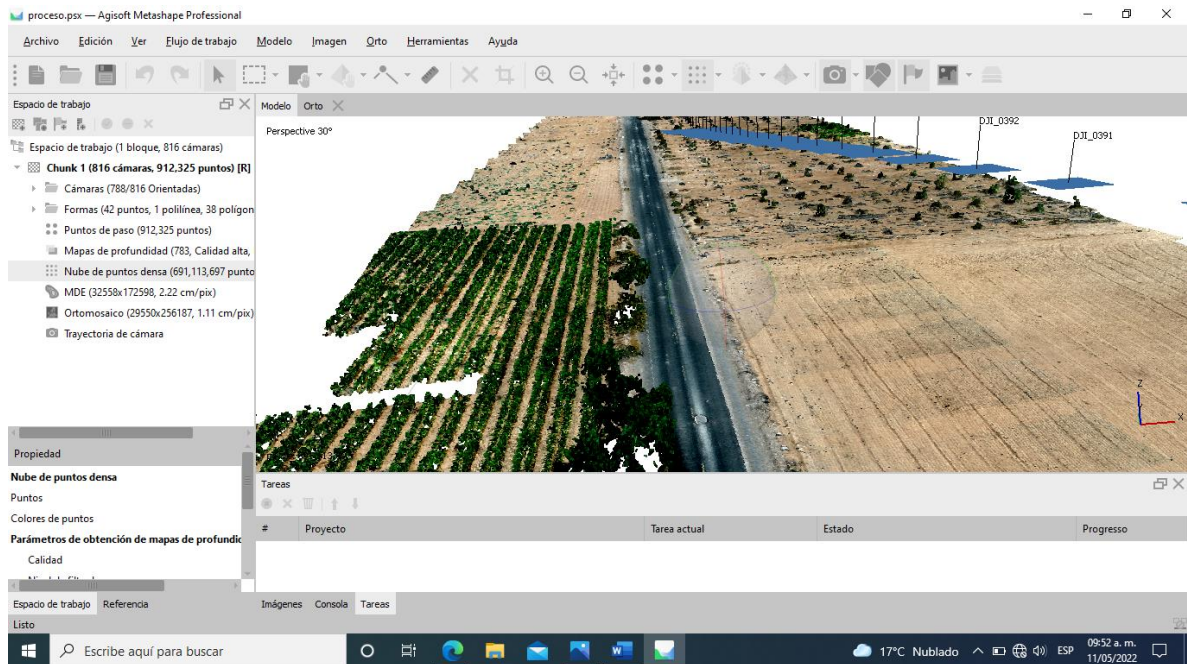
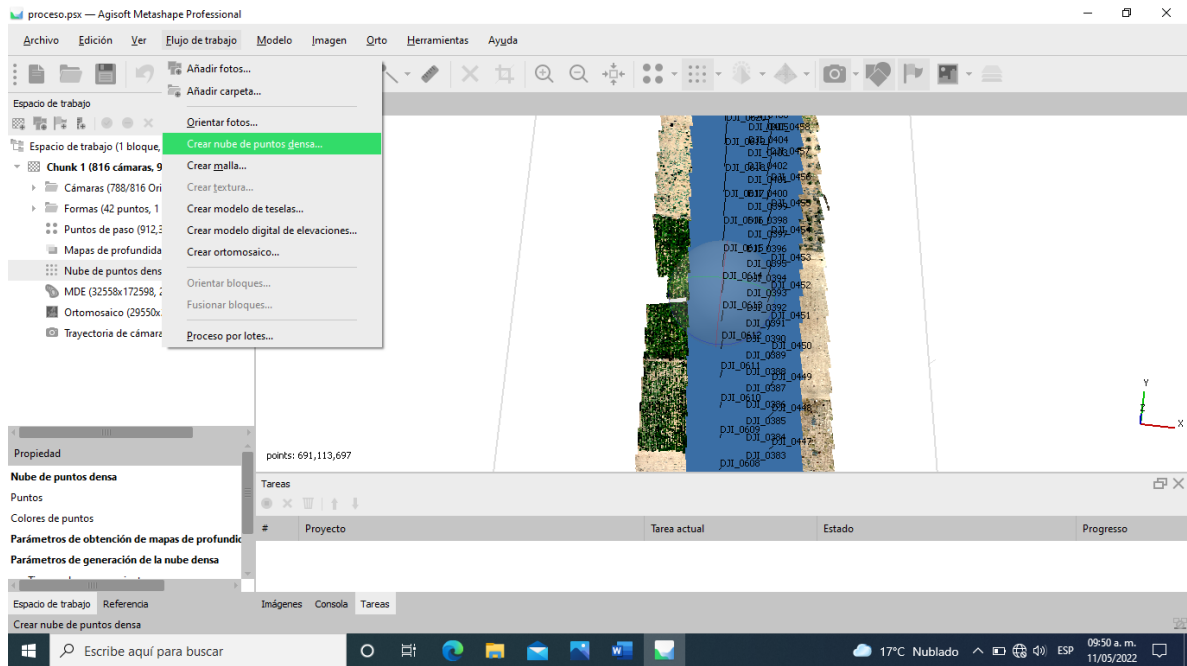
Importar fotos tomadas con el dron:



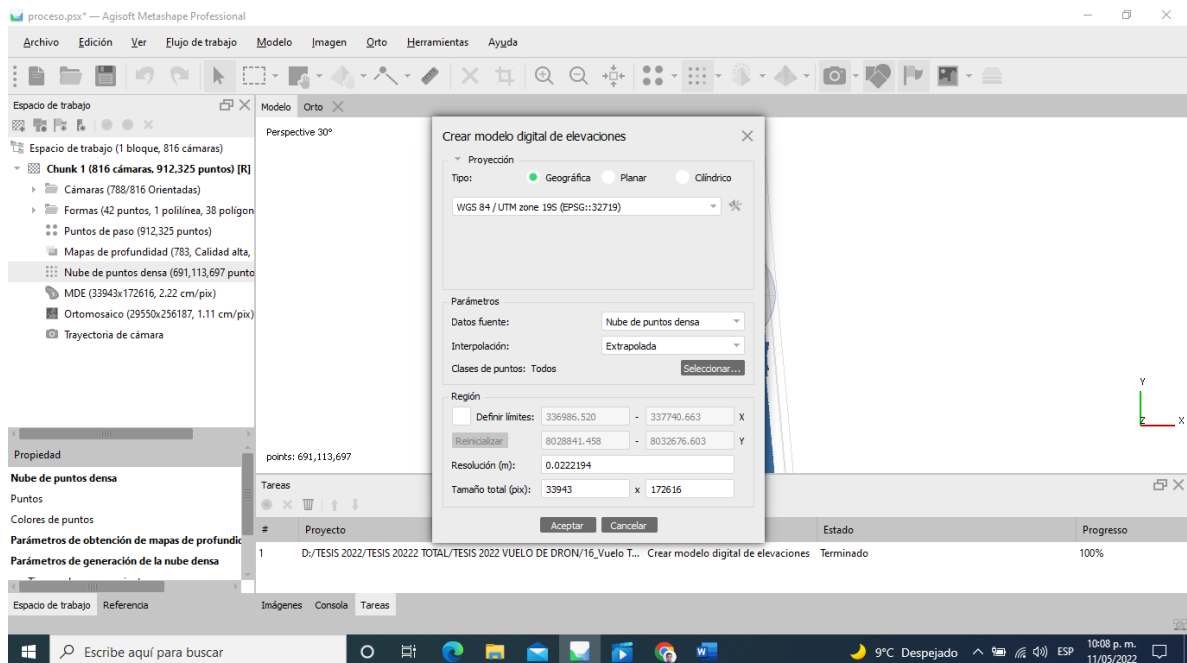
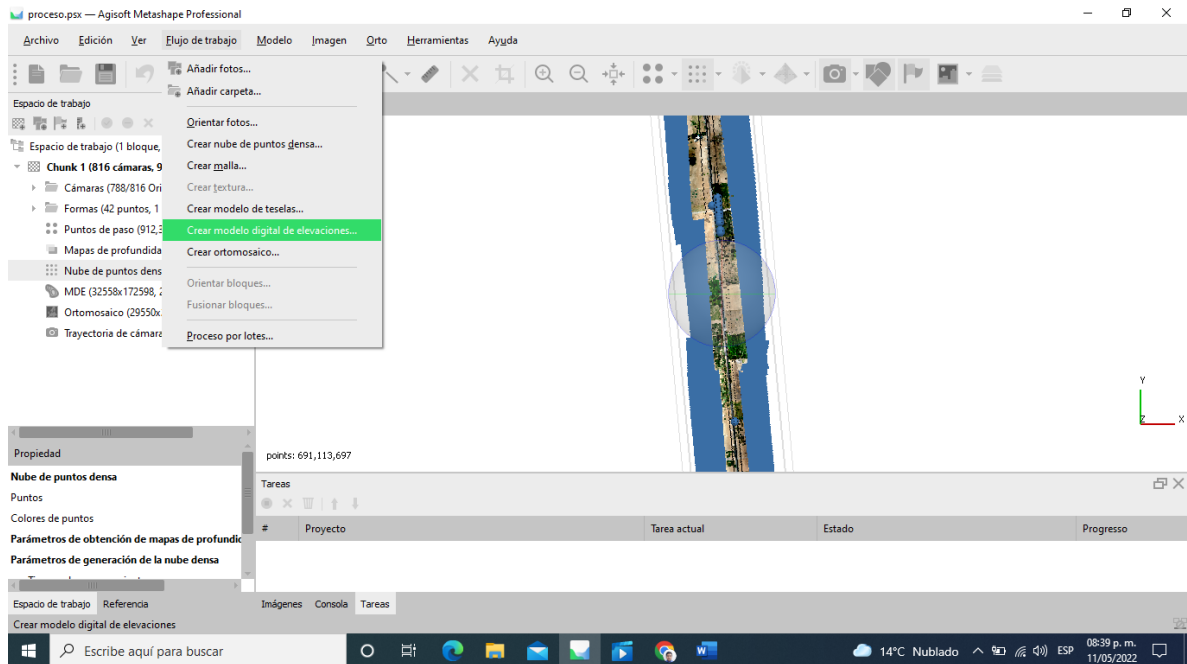
Orientación de fotos en el flujo de trabajo:

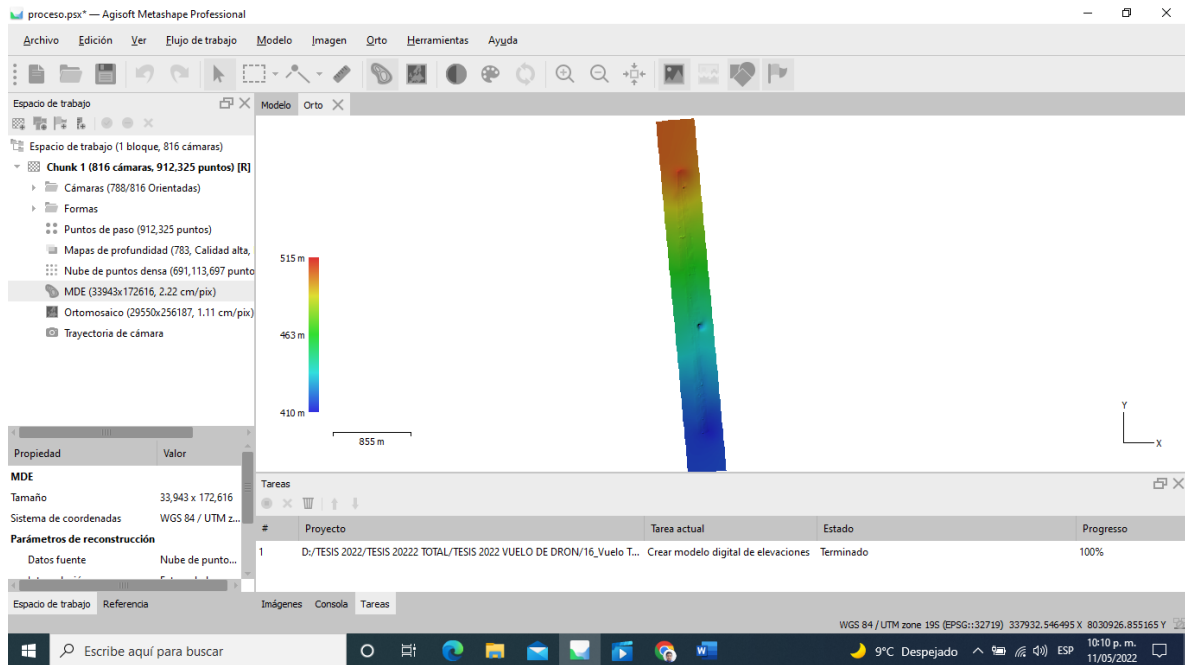


Generación de nube de puntos densa

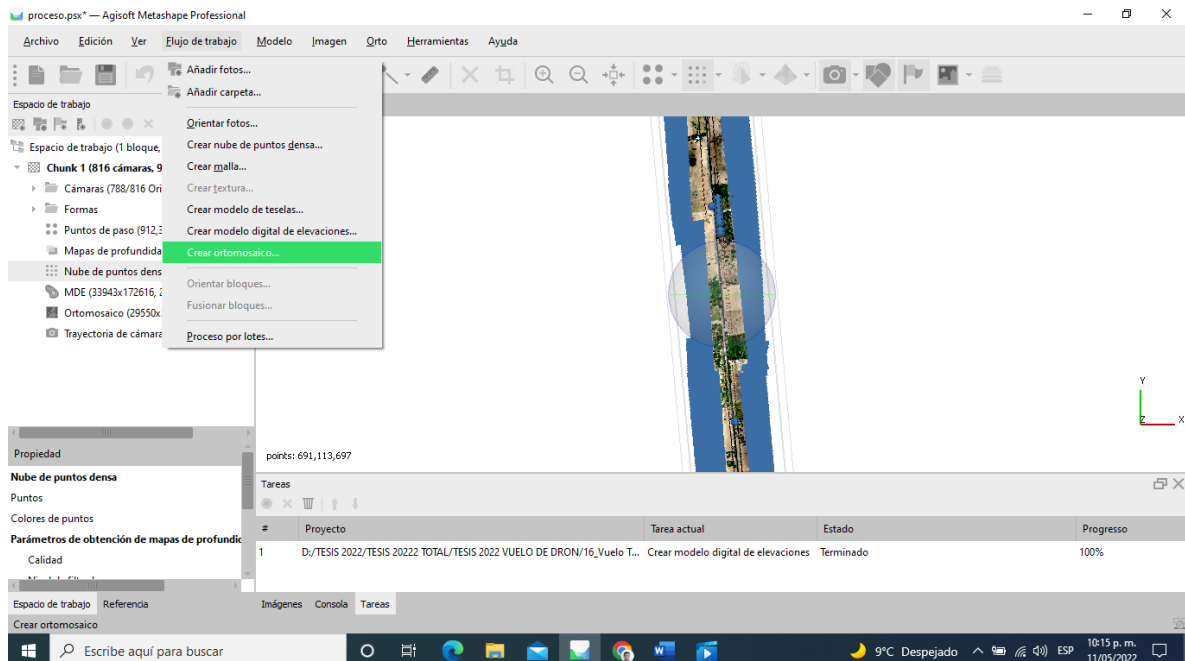


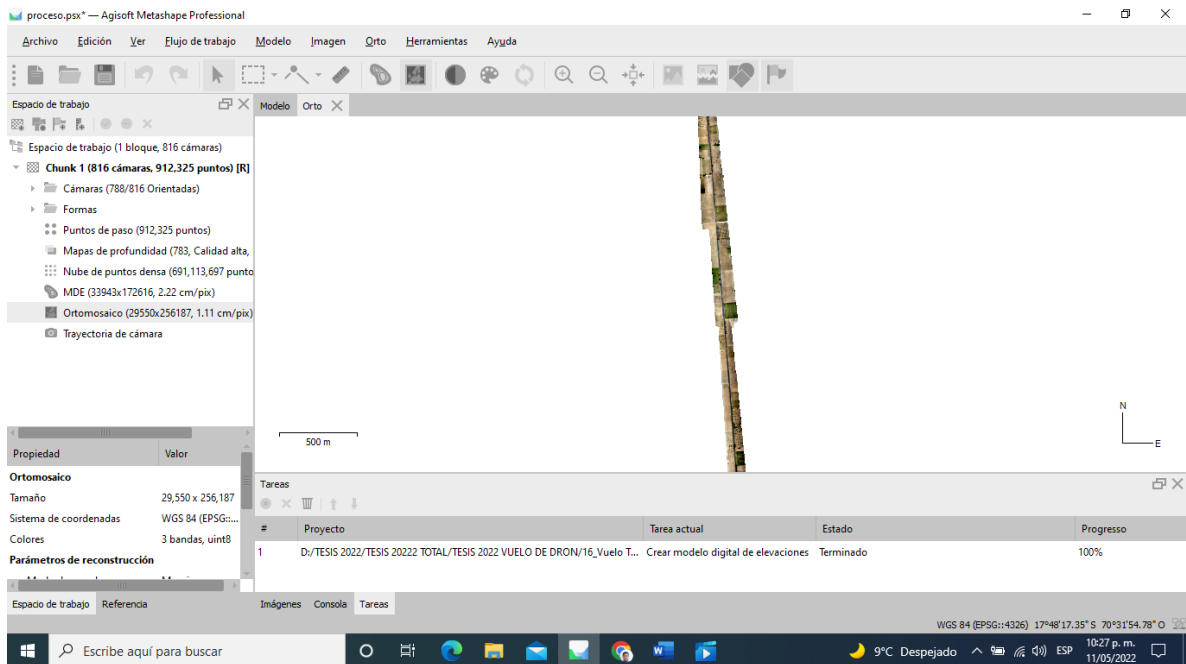
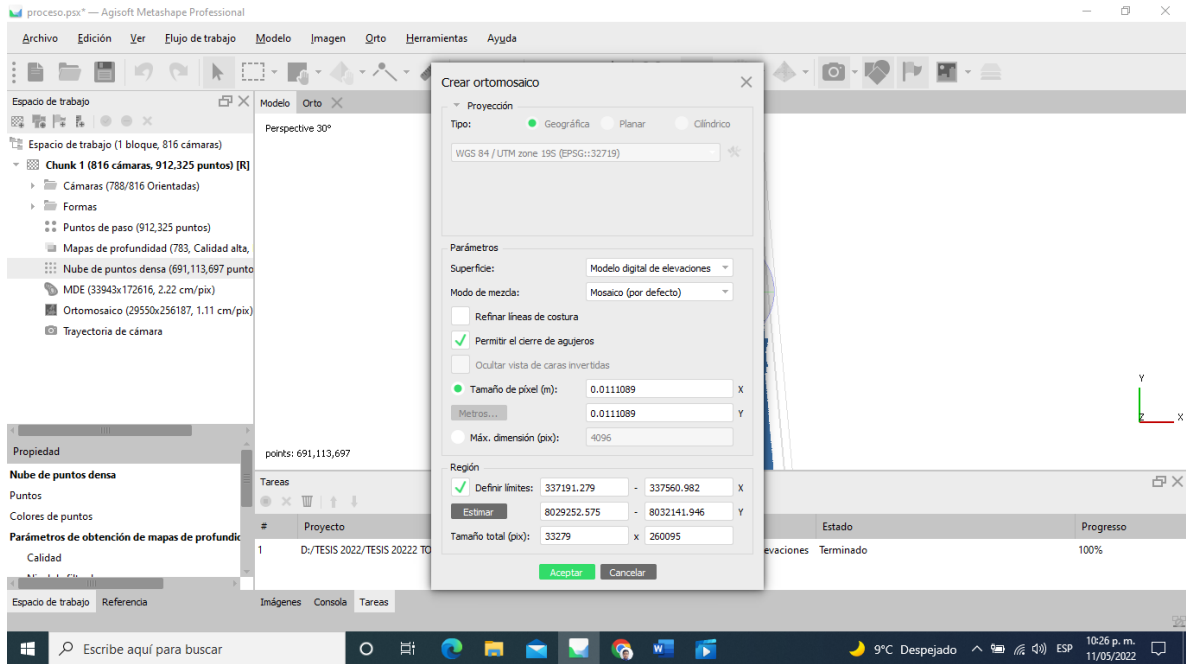
Crear modelo digital de elevación





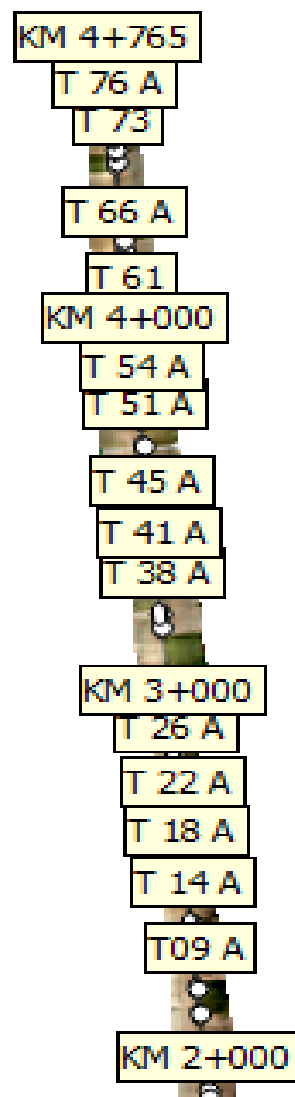
Creación ortomosaico



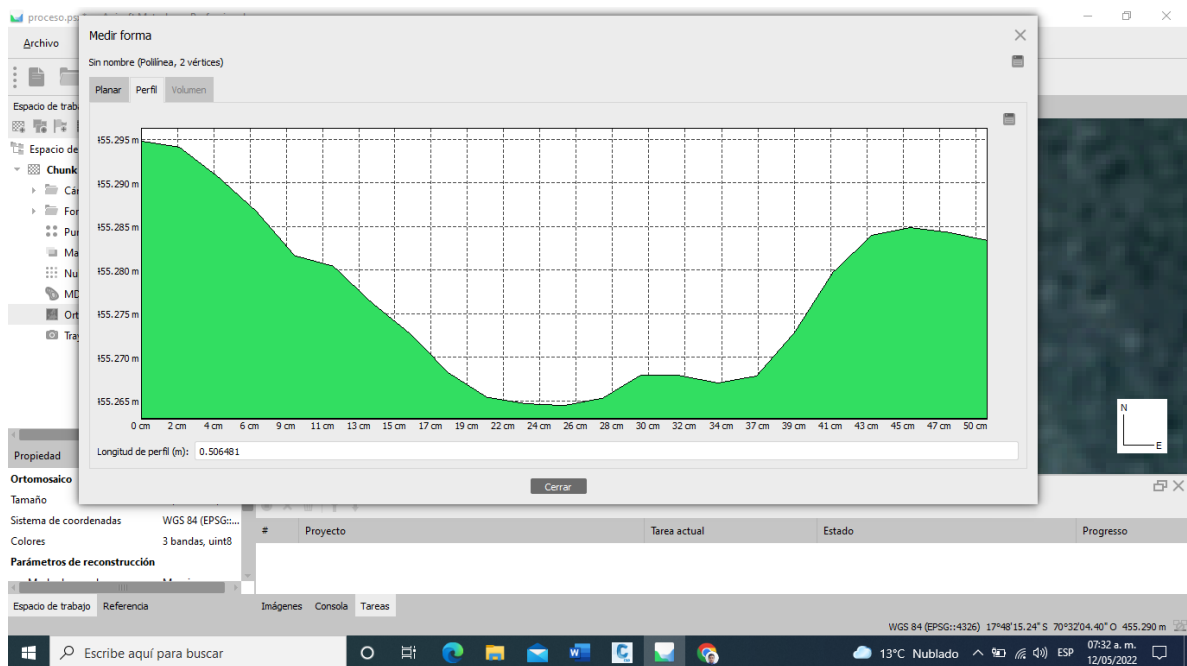
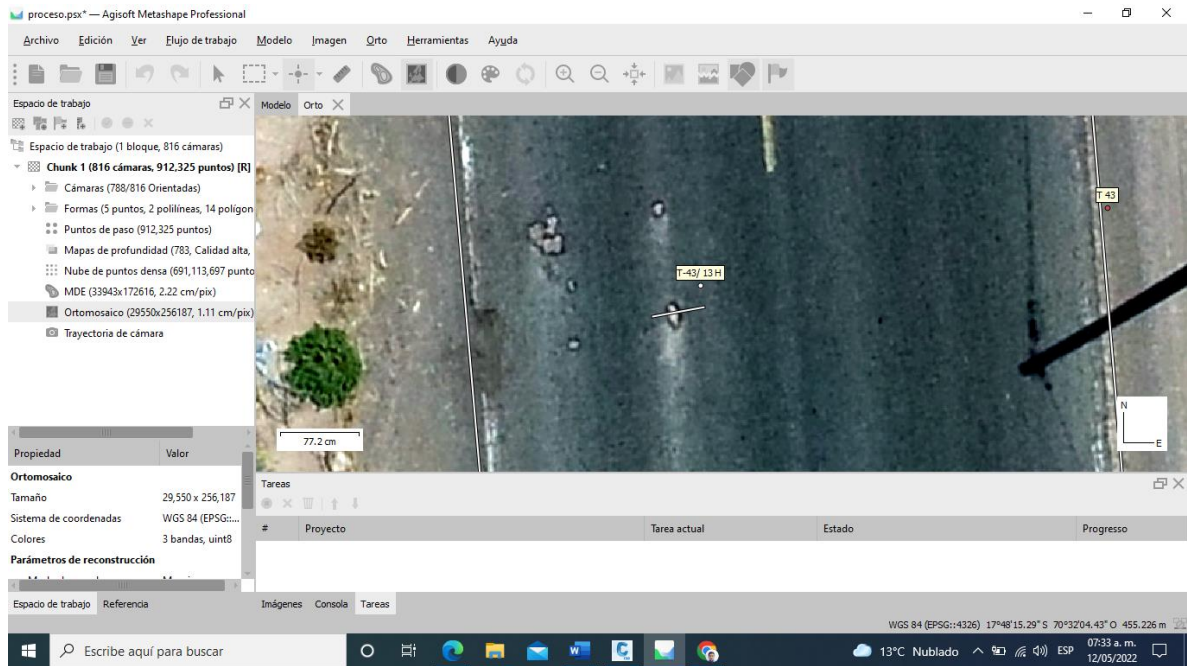


EVALUACION DE FALLAS CON AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL Y CIVIL 3D

IDENTIFICACION DE TRAMOS DE EVALUACION



SEVERIDAD DE FALLA 13-HUECOS EN TRAMO 43



EVALUACION DE FALL 19 DESPRENDIMIENTO DE AGRGADOS

