



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método
PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Bach. Calsina Condori, Helarf Ferrer (ORCID: 0000-0002-8565-805X)

ASESOR:

Mg. Benites Zuñiga, Jose Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi madre Celestina, tía Candelaria y hermanos Pelayo, Uriel y Denis con el más sincero cariño y eterna gratitud, por su constante apoyo y estímulo. A mis amigos por su apoyo moral, absoluto, desinteresado, motivación y solidaridad por cristalizar esta aspiración y hacerme mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, quien me facilitó el impulso necesario para lograr mis metas y me condujo en el buen camino en aquellos momentos más dificultosos.

A mí apreciada Escuela Profesional de Ingeniería Civil y docentes que me infundieron sus sabios conocimientos y experiencia durante los años de permanencia en las aulas universitarias

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Tipo y diseño de investigación	31
3.2. Variables y operacionalización	32
3.3. Población, muestra y muestreo	32
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5. Procedimientos	36
3.6. Aspectos éticos	37
IV. RESULTADOS	38
V. DISCUSIÓN.....	68
VI. CONCLUSIONES	71
VII. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS.....	77

Índice de tablas

Tabla 1. Índice de la Condición del Pavimento y escala de la evaluación	11
Tabla 2: Cuadro de índice de estado superficial del pavimento.....	12
Tabla 3. Diferencia de imágenes entre aviones tripulados y no tripulados	25
Tabla 4. Tramos evaluados con dimensiones de las losas por tramos.....	41
Tabla 5. Ficha de registro con datos obtenidos en campo y valores obtenidos	43
Tabla 6. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 1	47
Tabla 7. Cálculo del PCI para el primer tramo.....	48
Tabla 8. Ficha de registro de fallas con valores calculados – Tramo 2.....	49
Tabla 9. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 2	51
Tabla 10. Cálculo del PCI para el tramo 2.....	51
Tabla 11. Ficha de registro de fallas con valores calculados – Tramo 3.....	52
Tabla 12. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 3	53
Tabla 13. Cálculo del PCI para el tramo 3.....	54
Tabla 14. Ficha de registro de fallas con valores calculados – Tramo 4.....	54
Tabla 15. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 4	55
Tabla 16. Cálculo del PCI para el tramo 4.....	56
Tabla 17. Cuadro resumen de clasificación del estado del Jr. Beltrán Rivera utilizando el método habitual.....	56
Tabla 18: Puntos de control para Drone obtenidos de estación total.....	60
Tabla 19. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo1	61
Tabla 20. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 1	62
Tabla 21. Cálculo del PCI para el primer tramo a partir de la Ortofoto	62
Tabla 22. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo2	63
Tabla 23.Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 2	63
Tabla 24.Cálculo del PCI para el segundo tramo a partir de la Ortofoto.....	64

Tabla 25. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo 3	64
Tabla 26. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 3	65
Tabla 27. Cálculo del PCI para el tercer tramo a partir de la Ortofoto	65
Tabla 28. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo 4	65
Tabla 29. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 4	66
Tabla 30. Cálculo del PCI para el cuarto tramo a partir de la Ortofoto.....	66
Tabla 31. Cuadro resumen de clasificación del estado del Jr. Beltrán Rivera utilizando la fotogrametría aérea.....	66
Tabla 32. Cuadro comparativo de condición de pavimento rígido utilizando el método habitual y el uso de la fotogrametría aérea	67
Tabla 33. Resultados obtenidos del método PCI habitual y Vehículo Aéreo No Tripulado.....	69
Tabla 34. Comparación entre la longitud real medida en sitio y mediante el procesamiento de imágenes aéreas VANT de grietas lineales identificadas en la vía de prueba.....	70

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Falla encontrada en el Jr. Beltrán Rivera de la Ciudad de Puno.....	3
Figura 2. Sección de pavimento rígido	10
Figura 3. Grieta de esquina.....	13
Figura 4. Falla tipo Blowups	14
Figura 5. Losa dividida de alta severidad	14
Figura 6. Proyección del punto “p” sobre la fotografía	15
Figura 7. Escala de alta severidad	15
Figura 8. Escala de alta severidad	16
Figura 9. Falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad.	16
Figura 10. Grieta lineal.....	17
Figura 11. Parches grandes por acometidas.....	18
Figura 12. Parche pequeño por acometidas.....	18
Figura 13. Pulimento de agregados.	19
Figura 14. Parche pequeño por acometidas.....	19
Figura 15. Erosión por bombeo	20
Figura 16. Falla de tipo Punzonamiento	21
Figura 17. Falla de tipo cruce de vía férrea	21
Figura 18. Falla de tipo mapa de grietas	22
Figura 19. Falla de tipo mapa de grietas	22
Figura 20. Falla de tipo descascaramiento de esquina.....	23
Figura 21. Descascaramiento de junta	23
Figura 22. Proyección del punto “P” sobre la fotografía.....	24
Figura 23. Sombra en relación a la posición del sol en el cielo	26
Figura 24. Plan de vuelo	27
Figura 25. Altura de vuelo	28
Figura 26. Cálculo de la altura de vuelo	28

Figura 27. Comparación de tamaño de sensor de cámaras digitales	29
Figura 28. Mapa de la región Puno	38
Figura 29. Mapa político del Perú.....	38
Figura 30. Distritos de la Provincia de Puno.....	39
Figura 31. Distrito de Puno.....	40
Figura 32. Ubicación del sitio usando Google Earth	40
Figura 33. Tramo del proyecto	41
Figura 34. Evaluación de falla Grieta de esquina y Escala	42
Figura 35. Determinación del tipo de falla – Tramo 2	48
Figura 36. Vista panorámica del tramo 2.....	48
Figura 37. Determinación del tipo de falla “Parcheo grande” - Tramo 3	51
Figura 38. Tipo de Falla “Losa Dividida” Alto – Tramo 3.....	52
Figura 39: Plan de vuelo y configuración del Drone	57
Figura 40. Puntos de control para el vuelo del Drone.....	57
Figura 41. Determinación de Norte, Este y Altitud con Estación total	58
Figura 42. Plan de vuelo cargando al Drone	58
Figura 43. Drone realizando el despegue.....	58
Figura 44. Plan de vuelo ejecutado y retorno al punto de origen	59
Figura 45. Inserción de fotografías capturadas por el Drone	59
Figura 46. Procesamiento de imágenes con los puntos de control del Jr. Beltrán Rivera	60
Figura 47. Ortofoto del Jr. Beltrán Rivera - Puno.....	60

Gráfico 1: VDC para la Falla 22 Severidad Baja y severidad media – Tramo 1	44
Gráfico 2. VDC para la Falla 25H y falla 26 H – Tramo 1	44
Gráfico 3. VDC para la Falla 28H y falla 29 H – Tramo 1	45
Gráfico 4. VDC para la Falla 31H y falla 38 H – Tramo 1	45
Gráfico 5. VDC para la Falla 39L y falla 39 M – Tramo 1	46
Gráfico 6. VDC para la Falla 39H – Tramo 1	46
Gráfico 7. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos –Tramo 1	47
Gráfico 8. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos – Tramo 2.....	50
Gráfico 9. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos – Tramo 3.....	53
Gráfico 10. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos – Tramo 4.....	55

Resumen

El presente trabajo de investigación denominado “Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021”, tuvo como objetivo principal determinar de la Condición del Pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021, con el fin de conocer la condición superficial del pavimento existente. La presente investigación es de tipo aplicada, el diseño de investigación es no experimental y enfoque mixto. Doscientos ochenta metros lineales de pavimento rígido han sido estudiado a detalle con la finalidad de identificar las fallas de pavimentos existentes y cuantificar el estado de la vía utilizando la fotogrametría aérea con el vehículo aéreo no tripulado Phantom Pro 4 v2 y el método PCI. El método utilizado para este trabajo de investigación es Pavement Condition Index (PCI), se aplicó siguiendo los criterios y parámetros de la norma ASTM D6433 - 99, el cual nos permite obtener la condición de la estructura y la superficie de rodadura; también el uso de las imágenes georreferenciadas obtenidas por un vehículo no tripulado (VANT) que permitió la captura de imágenes georreferenciadas y luego el procesamiento de las imágenes, generando ortofotos y un modelo digital 3D de alta resolución, el cual nos permitió evaluar la vía de manera eficiente y segura. Los resultados promedio de acuerdo a los PCI de ambas metodologías son de clasificación primer tramo “Muy Pobre”, segundo tramo “fallado”, tercer tramo “Muy Pobre” y el cuarto tramo “excelente. Concluyendo que el uso de la fotogrametría aérea nos permite determinar la evaluación de pavimento rígido con resultados óptimos, en menor costo y en menor tiempo en frente al método convencional.

Palabras clave: Evaluación superficial, Pavimento rígido, Índice de condición de pavimentos (PCI), VANT.

Abstract

The present research work called "Evaluation of the condition of rigid pavement using the PCI method and aerial photogrammetry in Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021", had as its main objective to determine the condition of rigid pavement using the PCI method and aerial photogrammetry in the Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021, in order to know the surface condition of the existing pavement. The present research is applied, the research design is non-experimental and mixed approach. Two hundred and eighty linear meters of rigid pavement have been studied in detail in order to identify existing pavement faults and quantify the condition of the road using aerial photogrammetry with the Phantom Pro 4 v2 unmanned aerial vehicle and the PCI method. The method used for this research work is Pavement Condition Index (PCI), it was applied following the criteria and parameters of ASTM D6433 - 99, which allows us to obtain the condition of the structure and the rolling surface; also the use of georeferenced images obtained by an unmanned vehicle (UAV) that allowed the capture of georeferenced images and then the processing of the images, generating orthophotos and a high-resolution 3D digital model, which allowed us to evaluate the track efficiently and safely. The average results according to the PCI of both methodologies are classification first tranche "Very Poor", second tranche "failed", third tranche "Very Poor" and the fourth tranche "excellent. Concluding that the use of aerial photogrammetry allows us to determine the evaluation of rigid pavement with optimal results, at lower cost and in less time compared to the conventional method.

Keywords: Surface Assessment, Rigid Pavement, Pavement Condition Index (PCI), VANT.

I. INTRODUCCIÓN

Las vías de transporte y las arterías de una ciudad son importantes dentro del patrimonio de una nación porque nos permite desplazarnos y comunicarnos a diferentes lugares, generando un desarrollo social y económico. Así mismo, a nivel internacional, existen problemas con las vías que están en mal estado de nivel superficial y estructural. La Asociación Española de la Carretera, 2019 nos indica que en la Ciudad de Madrid – España, la preocupación de los usuarios es del estado del pavimento porque este afecta en la comodidad para los que circulan en estas vías y pueden llegar a generar la pérdida de control del vehículo. Sin embargo, la realidad de la condición de los pavimentos es preocupante, porque en países del primer mundo presentan deterioros por diferentes factores, como alto tránsito vehicular, cambios de temperatura, pavimentación de mala calidad, los diseños de mezclas son inadecuados o malas compactaciones.

A nivel nacional, en el distrito de la victoria Lima, los deficientes procesos constructivos y también debido al mal uso de los servicios de desagüe generan baches y daños en los pavimentos¹, y en el distrito de la Victoria –Lima, consideran que el 80% de las pistas están deterioradas, porque el tiempo de vida útil de estos pavimentos ya supera y no se realizan los adecuados mantenimientos². La red vial permite satisfacer las necesidades básicas que tienen actividades económicas en el sistema de salud, educación, trabajo y alimentación. Muchas vías urbanas de diferentes ciudades del país no cuentan con un plan de mantenimiento, porque el aspecto de estudio y el mantenimiento propio se considera como costosa y en otros casos por el alto tráfico que obstaculizan los trabajos de mantenimiento. Al pasar los años las vías deben de ser evaluadas y de esta manera se realiza el mantenimiento de los pavimentos, en muchos de los casos se hace el mantenimiento cuando existe bastante severidad o estado crítico y esto genera que el tránsito sea peligroso para los usuarios. En nuestro

¹ (Publimetro.pe, 2018)

² (Correo, 2016)

país las vías son de pavimento flexible y rígido, estos a pasar los años se deterioran, sin antes de cumplir con la vida útil por muchos factores.

En la ciudad de Puno el estado de las vías principales han sido dejado de gobiernos en gobiernos, a razón de que, no se realizan planes de conservación oportunos debido a los métodos utilizados hasta la actualidad. Los métodos habituales de inspección son en campo y estos métodos requieren de bastante personal, son lentos y son costosos, es por ello que no se realizan constantes monitoreos de las fallas y trabajos de conservación para mantener óptimas las vías. En función a este contexto, en este proyecto de investigación se enfatiza en el Jr. Beltrán Rivera de la ciudad de Puno, donde a simple vista podemos observar que existen diferentes patologías como son, losa dividida, grietas de esquina, daños en sello de junta y otros tipos de fallas. Esta problemática se da en diferentes arterias de la ciudad causando la molestia y incomodidad al usuario.

Basándonos en la exposición anterior, la presente investigación formula la evaluación de la condición superficial de pavimento rígido utilizando el método PCI, apoyado con la tecnología que comprende el uso de la fotogrametría a través de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) como una nueva metodología. La vía urbana considerada es el Jr. Beltrán Rivera ubicado en el Barrio Chanu Chanu de la ciudad de Puno.

Dentro de los objetivos se va a determinar la Condición del Pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021, el cual, que nos permite evaluar la condición operacional del pavimento para luego considerar la intervención que se realizará, el cual será aplicado en dicha vía y nos permitirá establecer alternativas de solución de las fallas que presenta el pavimento rígido.



Figura 1. Falla encontrada en el Jr. Beltrán Rivera de la Ciudad de Puno

El problema general, determinado para este proyecto de investigación es ¿Cómo determinar la condición del Pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en la el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021? y los problemas específicos son: ¿Cómo se determina el tipo de falla de su densidad y severidad empleado el método de Índice de condición de Pavimento? y ¿Cómo la fotogrametría aérea desarrolla la evaluación de la condición del pavimento rígido?.

La justificación social, porque la ciudad de Puno es una ciudad turística y que cuenta un gran parque automotor, el medio de comunicación urbana terrestre es el más utilizado para la interconexión de los barrios, distritos. Las vías urbanas deben de tener una presentación adecuada hacia los visitantes y los usuarios.

La justificación práctica, el presente trabajo también se justifica en la necesidad de determinar el estado situacional del pavimento que tienen las vías urbanas en la ciudad de Puno, específicamente en el Jr. Beltrán Rivera, según los parámetros, patologías identificadas, grado de afectación, los daños, grado de severidad y cantidad en el estado del pavimento rígido. Este proyecto es para beneficio para las entidades encargadas de realizar los mantenimientos y para la población usuaria. Como también de una mayor facilidad al utilizar Drones.

La importancia de este trabajo de investigación se enmarca en el aporte metodológico, dado que se utilizará todas las condiciones a tener en cuenta para la evaluación del pavimento rígido y el uso de vehículo aéreo no tripulado (VANT) como una tecnología, emergente para ambos casos empleando el método PCI.

Justificación económica, en el estudio contendrá información relevante para el uso de las autoridades de las entidades del gobierno regional, provincial y distrital, así mismo será de interés para los investigadores y empresas contratistas en la eficiencia de estudio de situación superficial de pavimentos con el menor costo y tiempo reducido para finalmente determinar el tipo de mantenimiento a realizar con el uso de las tecnologías emergentes.

El Objetivo general es determinar de la Condición del Pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021. y los objetivos específicos son: determinar el tipo de falla de su densidad y severidad empleado el método de Índice de condición de Pavimento y conocer el desarrollo de la fotogrametría aérea en la evaluación de la condición del pavimento rígido. Asimismo la hipótesis general empleando fotogrametría aérea y el método PCI se determina la condición del pavimento rígido en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021. y las hipótesis específicas son: Empleando el método de Índice de Condición de Pavimento evalúa el tipo de falla según su densidad y severidad y la aplicación de la fotogrametría aérea desarrolla eficazmente la condición del pavimento rígido.

II. MARCO TEÓRICO

Fiestas y Merino (2020) tuvo el objetivo comprobar el estado del pavimento flexible en la Av. Don Bosco – Piura usando drones según el grado de servicio mediante el cálculo del índice de condición, en el muestreo se consideró evaluar 2054m y para la evaluación de estos tramos se utiliza el método PCI y el uso de Drones, los resultados obtenidos para la Av. Don Bosco – Piura, con PCI de 68%, que corresponde a un estado BUENO en pavimento flexible; en la calzada 1 consideran que se debe de aplicar el mantenimiento para incrementar el PCI porque encontraron varias fallas estructurales y estas afectan al pavimento.

Bernaola, (2014), el objetivo es determinar y evaluar el índice de Condición del Pavimento Rígido de la Av. Huancavelica, Chilca - Huancayo, muestra en sus resultados para un total de 6 tramos fallas funcionales y estructurales, y en fallas funcionales tenemos con un alto porcentaje es de 41.67% para el tramo C3 y una falla funcional menor de 19.67% en el tramo C4. En las conclusiones determinadas por el autor indica que, dentro del grupo de unidades que se analizaron se puede observar que la unidad C3 tiene el índice de condición de pavimento más elevado de 66.29% que implica a una clasificación “Bueno” y el PCI más bajo tiene un porcentaje de 39.81 clasificándose en el intervalo de Malo; las fallas más relevantes que se obtiene en este trabajo son bacheos por acometidas de servicios públicos.

Granda (2019), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo general es determinar la condición del pavimento rígido por el método de Índice de Condición de Pavimento en el Anillo Vial tramo Chaupimarca, Distrito de Yanacancha - Pasco, el tipo de investigación según su objetivo es aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño transversal, consideró la población el conjunto de vías que comprende el anillo vial del tramo de estudio , la muestra son las calles que comprenden en el estudio de la ruta TUA-13, como instrumento se usó formato de evaluación para la recolección de datos y con la Norma ASTM D 6433-99; la aplicación de la metodología es en base a las zonas como Chaupimarca, Yanacancha antigua y San Juan Pampa, obteniéndose en resumen el resultado para el anillo vial Tramo Chaupimarca – Yanacancha como

estado “Malo” porque tiene 32% de PCI; Las conclusiones establecen que, se determina el PCI con valores promedios de las tres zonas evaluadas, tales como Z1 (Chaupimarca) con 46.26% de PCI y corresponde a un estado regular, la Zona Z2 (Yanacancha) de 22.23% PCI y se considera como muy malo y la zona Z3 (San Juan Pampa) tiene PCI de 20.98 clasificando como muy Malo; cabe indicar que los tipos de fallas que se encontraron fueron pulimiento de agregados en 627 losas y se encontraron fallas de tipo losa dividida (370 losas) y que esto es debido al poco o la carencia del mantenimiento al lugar de investigación del tramo TUA - 13.

Toribio (2018), tuvo como objetivo de investigación determinar el PCI en vías urbanas utilizando las imágenes obtenidas desde un Drone, el tipo de investigación es aplicada, de enfoque mixto, tamaño de muestra es 315m², se realiza inspección en campo del lugar de estudio en pavimento flexible. Se llegó a los siguientes resultados, se desarrollaron planos de fallas para cada unidad de muestra y se tuvo que inspeccionar trece unidades de muestra y se determina que la falla con mayor incidencia es de “Parcheo” y “piel de cocodrilo”, estos resultados son obtenidos a partir del Drone y de las imágenes procesadas en alta resolución. Se concluyó que el método VANT como una herramienta de apoyo en la inspección permite determinar la vía suprimiendo las unidades de muestra y también los intervalos de muestras y con ello se gestiona las actividades para el mantenimiento de las vías urbanas.

Vasconcelos, Fonseca, Batista, Varela, Azevedo y Sousa (2021), tienen por objetivo del trabajo es estudiar la viabilidad en el empleo de Drones para mapear e inspeccionar manifestaciones patológicas en pavimentos asfálticos con el método tradicional, para la evaluación de muestra se consideraron cada 20m, con una extensión de 6m, totalizando 20 estaciones, las cuales se tomó nota de las manifestaciones patológicas y evaluaron con Índice Global de Gravedad para todo el área de estudio. El equipo que se emplea es el Drone como una alternativa de determinación de patologías en los pavimentos, la cuantificación total de patologías fue 54 para inspección tradicional y 53 para la inspección con el Drone, obteniendo resultados bastante similares al método tradicional con una reducción de tiempo de operación de un 33.3%, además de

acuerdo a la Norma DNIT 006/2003 – PRO, se obtiene un 94.4% de acierto, teniendo en cuenta a los resultados convencionales.

Cardoso y Carvalho (2018), tuvieron como objetivo desarrollar métodos innovadores alternativos para identificar patologías viales en el tramo TO-050 de Palmas, Tocantin; para el desarrollo de este trabajo de investigación utilizaron un VANT o Drone con sensores. El área de estudio comprende aproximadamente de 3 km de la vía estatal TO-050 de pavimento de un total de 124km que interviene las ciudades de Silvanópolis, Palmas y Porto Nacional en Brasil. Las conclusiones obtenidas indican que el sistema VANT no pretende sustituir a las metodologías habituales de manifestaciones patológicas; en las evaluaciones con imágenes obtenidas con el Drone a partir de los sensores NIR y RGB, se observa que la asociación de colores RGB (3 Bandas) muestran una mayor calidad de información para identificar e interpretar la falla y respecto al Drone se mostró inestabilidad en vuelo, también los vuelos se deben establecer en determinado horario porque si no fuese el caso ocasiona imprecisiones geométricas como la presencia de sombras, finalmente el Drone se considera como una contribución aceptable para la identificación de patologías en los pavimentos.

Narváez (2018), tuvo como objetivo realizar un modelo de predicción de la condición de pavimento en base al PCI, tiempo y volumen de tráfico en una vía de pavimento rígido. Caso de estudio Red Vial E50 tramo Loja-Zamora abscisas 29+000 a 57+000 - Ecuador, para el estudio tiene como población la red vial e50 y una muestra el tramo Loja – Zamora de progresivas 29+000 a 57 + 000, el tipo de investigación es tipo cuantitativa no experimental, los instrumentos a utilizar son un contador neumático METROCOUNT 5600 para encontrar datos de tráfico para el periodo de medición, contempla el método PCI; los resultados obtenidos en el análisis del deterioro por tipos de fallas de mayor intensidad son sello de junta con 44.67%, seguido de pulimento de agregados con 21.66%, descascaramiento de junta 13.02 y el menor daño es de fallas desconchamiento y descascaramiento de esquina que representan el 0.14%.; las

conclusiones que llega el autor es el PCI promedio de las progresivas 29+000 al 57+000 es de 70.01 considerándose como “Muy Bueno”.

Zarate (2019), tuvo como objetivo comprobar las causas que intervienen en el deterioro anticipado en la calzada de la vía Cuenca - Ecuador, para luego desarrollar soluciones de intervención en mencionada vía, en el trabajo se considera una muestra de 36km de pavimento de la vía, que contempla la conexión de tres cantones; para la el desarrollo de este trabajo también dispusieron los cálculos de los valores deducidos, cálculo del número admisible de deducidos(m), cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, teniendo como resultados el tramo con mayor deterioro es el tramo Zhud-Juncal con un 65% de losas deterioradas y son de la categoría malo y fallado; en las conclusiones determinan que en el tramo Zhud – Juncal cuenta con fallas de alta severidad.

Pucha y Zárate (2020), el objetivo es utilizar ortofotos para evaluar el estado de la superficie de las secciones rígidas de la carretera obtenidas mediante una VANT, la metodología es el PCI. El tipo de investigación es no experimental cuantitativo y transversal, la zona de estudio corresponde al tramo comprendido al km 5 + 256.00 al km 5 + 936.00 de la carretera Catamayo – San Pedro-Ecuador. Concluyendo que se evaluó la condición superficial del pavimento rígido de un tramo obteniéndose el estado del pavimento promedio “Bueno”. Se encontraron seis tipos de deterioros y severidades desde baja hasta altas de tipo de daño grieta lineal en la zona de estudio, al utilizar la técnica VANT y la metodología PCI evaluaron 17 muestras de pavimento rígido de 40m de longitud cada una en tramo de 680 m, obteniéndose un total de 185 losas dañadas de un total de 340 losas de pavimento rígido y en otra conclusión indica que se realiza una evaluación con el método tradicional, la técnica VANT donde indican que ambas mediciones produjeron resultados similares y la técnica VANT es adecuada porque permite obtener información precisa y a detalle de la superficie de la vía a partir de imágenes 2D y 3D.

Da Costa (2014), en este proyecto de investigación tienen como objetivo es contribuir con el uso y reducir tiempos con el uso del método de índice de condición de pavimento, para la muestra se aplica en un aeropuerto utilizando la norma ASTM D5340, llegando a las conclusiones de que la evaluación del PCI valora el estado de los pavimentos basándose en las alteraciones observadas y no incluye pruebas de medición estructural o funcional, pero si indica la evolución del estado del pavimento en el tiempo. También se realizó un estudio sobre el efecto del mantenimiento en el valor final del PCI/SCI. Así pues, se consideró que se aplicaban varias medidas al pavimento existente, desde el sellado de las juntas (menos costoso) hasta la sustitución de las losas (más costosa). En las rehabilitaciones como los selladores, los parches y la sustitución de la losa, el PCI no aumentó significativamente al compararlo, por ejemplo, con las iteraciones de ASR. En consecuencia, con el APMS cuando un pavimento llega a la condición deficiente, los procedimientos de rehabilitación son cuatro o cinco veces más caros para rehabilitar el pavimento, este hecho, puede parecer que las rehabilitaciones en este punto son demasiado caras, aunque, en un punto de vista a largo plazo, el pavimento permanecerá más tiempo en esa condición. Considerando, que este trabajo de investigación se realizó mantenimiento y rehabilitación de vías.

A continuación, se van a detallar las teorías que guardan relación al tema de investigación, las cuales son definidas a partir de las variables con un enfoque conceptual hacia las dimensiones, pavimento rígido, Índice de condición de pavimento, identificación de fallas, fotogrametría aérea, VANT, planeación, georreferenciación, procesamiento de imágenes y parámetro de vuelo.

El pavimento es una estructura construida sobre la subrasante de la vía, se compone de varias capas superpuestas de forma horizontal, que se diseñan y se ejecutan con materiales adecuados y la compactación adecuada. El pavimento es capaz de soportar

los esfuerzos entregados a partir de las cargas por el tránsito.³ Generalmente está constituido por capas como rodadura, base y subbase.⁴

Existen tipos de pavimentos tales como los flexibles y los rígidos, en este trabajo nos enfocaremos en el pavimento rígido. El pavimento rígido es la estructura de losa de concreto, sostenida sobre la subrasante o sobre una capa de material escogido (base granular) que se conoce como la sub base del pavimento rígido. Debido a la gran firmeza del concreto, así como a su elevado coeficiente de versatilidad, la difusión de las tensiones se produce en una amplia región de la losa. Este tipo de pavimento es capaz de resistir esfuerzos a la tensión.

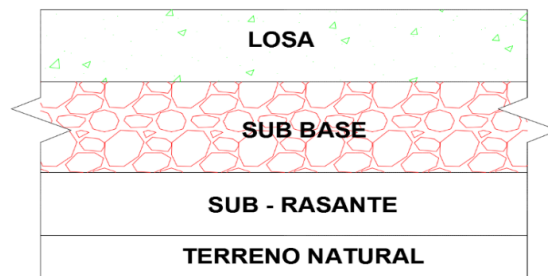


Figura 2. Sección de pavimento rígido

Para la evaluación de la falla del pavimento se realiza por observación a la superficie del pavimento, cabe mencionar que existen diferentes factores que ocasionan las alteraciones en la superficie de rodamiento: Las fallas pueden indicarse por origen, por la propia naturaleza; por las cargas vivas o muertas del tráfico, defectuosa calidad por aspectos constructivos, diseños deficientes, factores climáticos, pavimento sin drenaje subterráneo y el deficiente mantenimiento.⁵

³(Montejo Fonseca, 2002 pág. 504)

⁴ (DGIP, 2018)

⁵ (Vasquez Varela, 2002 pág. 2)

El método de índice de condición del Pavimento es conocido como Pavement Condition Index o PCI. Esta metodología permite determinar los distintos tipos de fallas que existen en los pavimentos (flexibles y rígidos). Las fallas que ocurren en la estructura de los pavimentos están en función de su clase, a la propia severidad y también a la densidad. El índice de condición del pavimento involucra muchos tipos de fallas y patologías que están expresados según los factores que han sido generados, sea por uso o por consideraciones locales. La utilización del procedimiento de evaluación es usada a nivel mundial porque no es complicado en la aplicación y sin recurrir a conocimientos avanzados. El cálculo del valor PCI está fundamentada en los resultados de una inspección visual de la superficie y comprueba la condición en la que se encuentra el pavimento. ⁶

Tabla 1. *Índice de la Condición del Pavimento y escala de la evaluación*

Valor del PCI		Evaluación
De	a	
85	100	Excelente
70	85	Muy Bueno
55	70	Bueno
40	55	Aceptable
25	40	Pobre
10	25	Muy Pobre
0	10	Fallado

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

El propósito de todo proceso de mantenimiento o realizar los refuerzos en los pavimentos que están en servicio, es rehabilitar o corregir las fallas que se generan por diferentes factores y permite alcanzar una transitabilidad adecuada durante el lapso de tiempo adecuado.⁷

En la tabla Nro. 02 corresponde a la acción que se realiza según el PCI determinado.

⁶ (Vásquez, 2002 pág. 2)

⁷ (Rodríguez et al. 1998)

Tabla 2: Cuadro de índice de estado superficial del pavimento

Índice de Estado Superficial del Pavimento - Categorías de Acción		
Rango de Índice de Estado	Categoría de Acción	Descripción
100 a 85	Excelente Mantenimiento Preventivo o Mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo
85 a 70	Muy Bueno Mantenimiento Correctivo Menor	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo
70 a 55	Bueno Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: 1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2. Sellado de superficie 3. Re-encarpetado delgado
40 a 25	Pobre Rehabilitación - Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles
< 25	Muy Pobre y Colapsado Rehabilitación - Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo

Fuente: (Sotil Chávez, 2014)

Las fallas en pavimentos rígidos es un fenómeno que tiene una causa mecánica definida, generalmente debida al tráfico. Cuando el pavimento es incapaz de realizar la tarea para la que fue diseñado empieza a fallar. Las fallas pueden ser debido a las deficiencias en el proceso de construcción, carencia de mantenimiento y también los factores climáticos. El concreto por muchas razones puede encogerse, contraer y expandir, también genera los esfuerzos de tensión a causa de las cargas y el propio entorno y estas inducen a la aparición de las grietas. Las grietas que puedan aparecer en los pavimentos rígidos suelen ser por el resultado de las tensiones causadas por la dilatación y la contracción o el alabeo del pavimento. La sobrecarga, la pérdida de soporte de la subrasante y las juntas insuficientes o mal cortadas, actuando

individualmente o en combinación, son también posibles causas.⁸

Las grietas de esquina aparecen cerca de la esquina de una losa de hormigón, formando un triángulo con una junta longitudinal y otra transversal. Por lo general, estas grietas se encuentran a menos de 30 cm de la esquina de la losa. Están causadas por un apoyo insuficiente del suelo o por una tensión concentrada debida al movimiento de la losa relacionado con la temperatura. La esquina se rompe bajo la carga del tráfico. Pueden empezar como grietas finas. Algunas grietas en las esquinas se extienden por toda la profundidad de la losa, mientras que otras comienzan en la superficie y forman un ángulo hacia la junta. Con un mayor deterioro, se producen más grietas; finalmente, toda la zona rota puede desprenderse. Esto puede ser un fallo localizado o puede apuntar a problemas de mantenimiento generalizados.⁹



Figura 3. Grieta de esquina

Los blowups o buckles ocurren en temporadas donde el clima es cálido. Las losas de hormigón pueden empujarse o aplastarse en una junta transversal. Esto se debe a la expansión del hormigón cuando se han infiltrado materiales incompresibles (arena, etc.) en las juntas mal selladas. Como resultado, no hay espacio para acomodar la expansión. Es más común en los pavimentos más antiguos con una gran distancia

⁸ (FAA, 2014)

⁹ (Walker, 2002 pág. 10)

entre las juntas. Se pueden instalar juntas de alivio de la presión y las zonas de reventón deben ser parcheadas o reconstruidas.¹⁰



Figura 4. Falla tipo Blowups

Las losas divididas es debido a una sobrecarga o un soporte inadecuado, la placa puede dividirse en cuatro o más piezas. Si todos los fragmentos o grietas están contenidos en las grietas de las esquinas, el daño se clasifica como grietas severas en las esquinas.¹¹



Figura 5. Losa dividida de alta severidad

Las grietas de durabilidad o las grietas en forma de "D" son causadas por la incapacidad de las carreteras rígidas para resistir las influencias ambientales (como

¹⁰ (INVIAS, 2006)

¹¹ (Ecuador, 2012)

los ciclos de congelación-descongelación). Este tipo de fisura se caracteriza por una serie de fisuras paralelas a la junta o fisuras longitudinales. Las grietas de durabilidad fina suelen ir acompañadas de colores oscuros. Este tipo de deterioro puede generar la desintegración del pavimento a una distancia de 300 a 600 mm de una junta o grieta.¹²



Figura 6. Proyección del punto “p” sobre la fotografía

El tipo de falla Escala se da por la diferencia de niveles a través de la junta. Las causas se pueden dar por el asentamiento, bombeo o alabeo.¹³

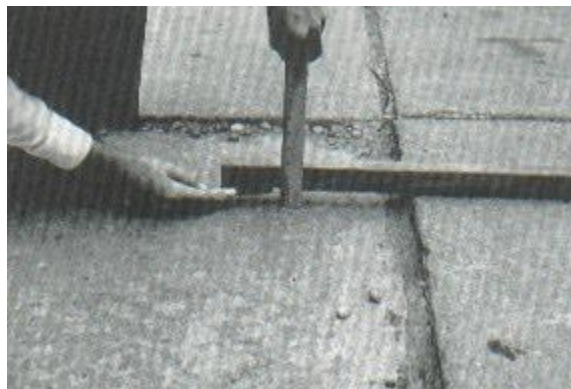


Figura 7. Escala de alta severidad

La falla del sello de la junta se refiere a cualquier situación que permita que la tierra o las rocas se acumulen en la junta o que penetren grandes cantidades de agua. La

¹² (Walker, 2002)

¹³ (Irigoyen y Simo, 2016)

acumulación de materiales incompresibles evitará que la placa se hinche y puede hacer que los bordes de la junta se agrieten, se levanten o se despeguen. Relleno Prevenga completamente la ocurrencia de la situación anterior. Los tipos típicos de lesiones articulares son el desprendimiento del sellante de la junta, extrusión del sellante, crecimiento de vegetación, endurecimiento del material llenante (oxidación), pérdida de adherencia a los bordes de la losa y falta o ausencia del sellante en la junta.¹⁴



Figura 8. Escala de alta severidad

El desnivel de berma o carril es la diferencia entre el hundimiento o erosión de la rampa y el borde de la acera. La diferencia de nivel puede representar una amenaza para la seguridad. También puede deberse a una mayor penetración de agua.¹⁵

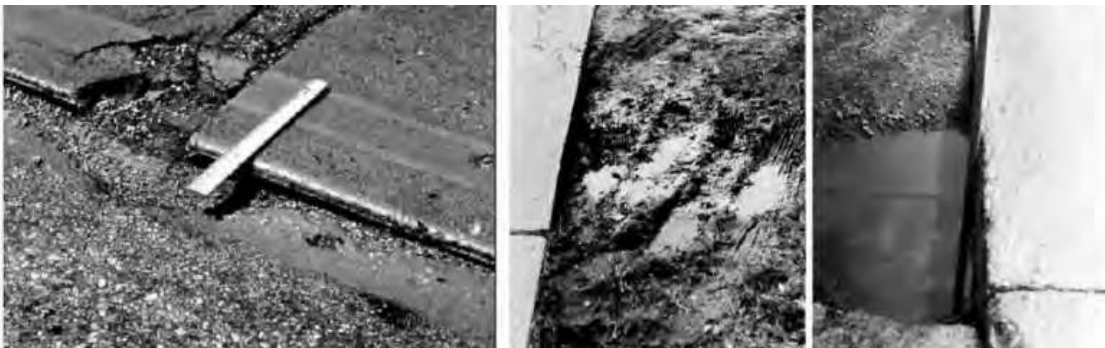


Figura 9. Falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad.

¹⁴ Vásquez, 2002 pág. 26

¹⁵ (ASTM-D6433-99, 1998).

Las grietas lineales tales como longitudinales, transversales y diagonales, estas grietas que dividen la losa en dos o tres piezas suelen ser causadas por una combinación de carga de tráfico repetitiva y deformación causada por la carga de calor o el gradiente de humedad. Una losa dividida en cuatro o más piezas se cuenta como una losa dividida. Generalmente, las grietas de baja gravedad están relacionadas con alabeo o fricción y, por lo tanto, no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares que tienen varios pies de largo y no se propagan por toda la longitud de la placa se consideran grietas por contracción.¹⁶



Figura 10. Grieta lineal.

Las fallas por parcheo o parche grande se refieren a áreas donde la acera original se ha eliminado y reemplazado con materiales nuevos. El corte de servicios públicos es un parche que ha reemplazado la acera original para permitir la instalación o el mantenimiento de instalaciones subterráneas. El nivel de gravedad por las excavaciones para los servicios públicos es el mismo que el de los parches normales.

¹⁶ (ASTM-D6433-99, 1998)



Figura 11. Parches grandes por acometidas.

Para el caso de parche pequeño ($<0.45\text{m}^2$) se considera que en esta área, la acera original ha sido removida y reemplazada por materiales de relleno.¹⁷

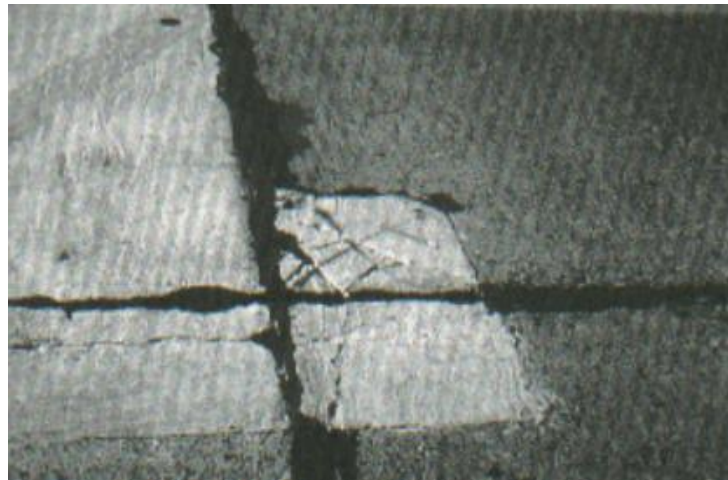


Figura 12. Parche pequeño por acometidas.

El daño Pulimento de agregados es causado por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se

¹⁷ (ASTM-D6433-99, 1998).

reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.¹⁸



Figura 13. Pulimento de agregados.

El Popout es un pequeño trozo de pavimento despegado de la superficie de la vía de pavimento rígido. Esto puede deberse a partículas blandas o pedazos de madera que son gastados por el tráfico. Varían en tamaño, desde 25,0 mm a 102,0 mm de diámetro y 13,0 mm a 51,0 mm de espesor.



Figura 14. Parche pequeño por acometidas.

El bombeo se refiere a expulsar material de una losa a través de juntas o grietas. Esto se debe a la deflexión de la placa provocada por la carga. Cuando la carga cruza la

¹⁸ (ASTM-D6433-99, 1998)

junta entre las losas, el agua se presiona primero debajo de la losa frontal y luego de nuevo debajo de la losa trasera. Este efecto erosiona y eventualmente elimina las partículas del suelo, destruyendo así gradualmente el soporte de la superficie de la carretera.¹⁹

El bombeo se puede identificar por la evidencia de contaminación de la superficie y los materiales de la base del pavimento o del lecho de la carretera cerca del pavimento o las grietas. El bombeo cerca de la junta es causado por un sellador deficiente, lo que indica una pérdida de soporte. Finalmente, las cargas repetidas causarán grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo de los bordes de la losa, lo que resulta en una pérdida de apoyo.²⁰

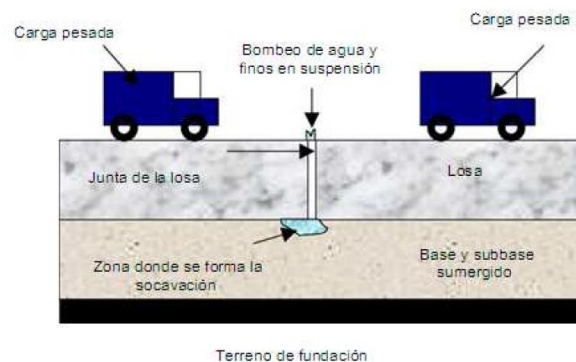


Figura 15. Erosión por bombeo

La falla de tipo Punzonamiento se considera con un área parcial de la losa que se rompe en pedazos. Puede tomar muchas formas y formas diferentes, pero generalmente se define por una grieta y uno o dos huecos muy pequeños (generalmente a 1,52 m de distancia). Este daño es causado por cargas pesadas repetidas, espesor de placa insuficiente, pérdida de soporte de la cimentación o defectos locales de la estructura de hormigón (por ejemplo, hormigueros).²¹

¹⁹ (Calo y Fernandez, 2012)

²⁰ (Orozco y Orozco, 2004)

²¹ (Sotil Chávez, 2014)

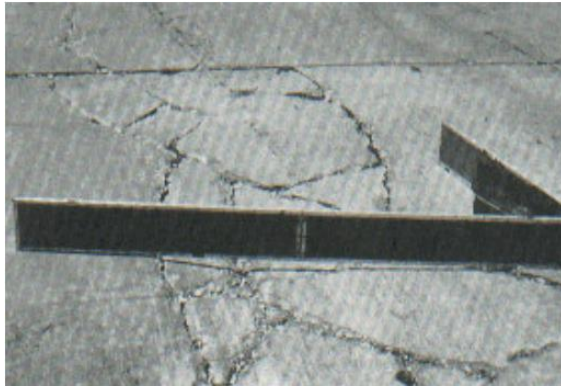


Figura 16. Falla de tipo Punzonamiento

El daño de tipo de cruce de vía férrea se produce por abultamientos y también por depresiones al costado de los rieles.



Figura 17. Falla de tipo cruce de vía férrea

El craquelado, desconchamiento o mapa de grietas se refiere a una red de fisuras superficiales, fisuras finas o fisuras capilares que solo se extienden hasta la parte superior de la superficie del hormigón. Las grietas tienden a cruzarse en un ángulo de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre debido a un procesamiento excesivo en el acabado y puede causar descamación, que es el agrietamiento de la superficie de la losa a una profundidad de aproximadamente 6,0 mm a 13,0 mm. El desconchado también puede ser causado por una construcción inadecuada y una mala calidad del agregado.



Figura 18. Falla de tipo mapa de grietas

Las grietas de retracción, son grietas capilares, generalmente de pocos pies de longitud y no se extienden por toda la longitud de la losa. Se forman durante el fraguado y curado del hormigón y, por lo general, no se extienden por todo el espesor de la losa.



Figura 19. Falla de tipo mapa de grietas

El descascaramiento de esquina, es la fractura de la losa a unos 0,6 m de la esquina. La diferencia entre el descascaramiento de esquina y una grieta de esquina es que el descascaramiento generalmente se inclina hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de la losa. Las escamas medidas desde la grieta hasta la esquina en ambos lados son inferiores a 127 mm y no se registrarán.²²

²² (ASTM-D6433-99, 1998)



Figura 20. Falla de tipo descascaramiento de esquina

El descascaramiento de junta corresponde al desprendimiento de los bordes de la losa en una distancia de 0.60m de la junta. Este tipo de fallas no se extiende verticalmente por la misma losa sino que se intercepta la junta de ángulo.



Figura 21. Descascaramiento de junta

La fotogrametría es una técnica que esencialmente utiliza medidas en una o más fotos para estudiar y definir con precisión la forma, el tamaño y la ubicación espacial de cualquier objeto. Se puede enfatizar que la fotogrametría tiene propiedades científicas y cuantitativas relacionadas con el tamaño, forma y posición espacial del objeto.

Dentro de las aplicaciones de la ingeniería civil se tiene cuatro grupos principales en el que se utiliza la fotogrametría, como es para las vías de comunicación, la planificación territorial, hidrografía y la ejecución de movimiento de tierras.²³

La fotogrametría aérea se toma en una plataforma especial utilizando fotos aéreas tomadas con una cámara, estas fotos aéreas se toman en condiciones geométricas, por lo que los planos y mapas de grandes áreas se pueden preparar con precisión y rapidez.²⁴

La fotogrametría digital es el resultado del desarrollo informático, que permite realizar todos los procesos fotogramétricos utilizando computadoras y software especial.²⁵

Desde la era digital se ha incrementado la posibilidad de utilizar imágenes extrayendo grandes cantidades de información, permitiendo la generación de elevaciones del terreno, imágenes ortográficas, imágenes estereoscópicas, visualización tridimensional del terreno, obtención de contornos transversales, etc.²⁶

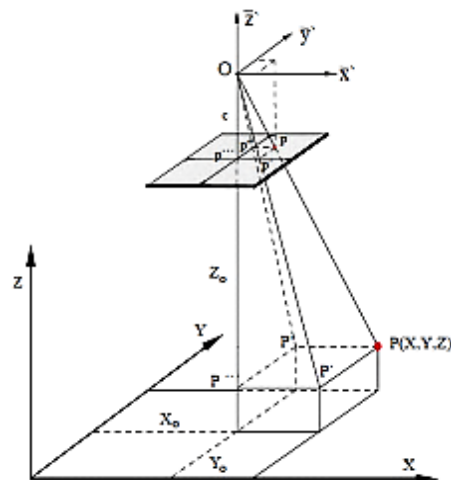


Figura 22. Proyección del punto "P" sobre la fotografía

²³ (Quiros, 2014)

²⁴ (Sprinsky, 2000)

²⁵ (Adolfo y Pizarro, 2014)

²⁶ (CGA, 2011)

Las aeronaves no tripulados, aviones no tripulados, UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado) o UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado) son reutilizables, controlados a distancia, semiautónomos, autónomos o algún tipo de función con estas funciones combinadas, como también se refiere a un vehículo aéreo no tripulado que realiza un vuelo planificado y seguro mediante control remoto por radio o programación de software.²⁷

En la siguiente tabla se compara los aviones tripulados y no tripulados.

Tabla 3. *Diferencia de imágenes entre aviones tripulados y no tripulados*

IMÁGENES DE AVIONES TRIPULADOS	IMÁGENES DE AVIONES NO TRIPULADOS
<p>La altitud vuelo de los aviones tripulados oscila alrededor de 1500 m.</p> <p>El verde es visible en todo el mapa. La resolución es de 10cm/pixel.</p> <p>Las sombras generan un impacto severo en la lectura de los datos</p>	<p>La altitud del vuelo es menor (<300m). Existe mucho menos aire entre el sensor y el objetivo.</p> <p>El color es significativamente mejor y permite diferenciar coberturas y objetos más fácilmente.</p> <p>Mayor información por pixel.</p>
<p>Todos los edificios son uniformemente inclinados por un costado.</p>	<p>La distorsión es removida gracias a que el recubrimiento del objetivo aborda todos los ángulos. Menor presencia de sombras.</p>

Fuente: (Krzysztof, 2013)

La planificación del vuelo fotogramétrico con drones se inicia desde las condiciones atmosféricas como la Luz, que corresponde a la energía captada por el sensor de la

²⁷ (Dávalos, 2004)

cámara para crear una imagen digital, para esta toma debe realizarse con luz natural el día en que se formen menos sombras, por lo que el momento adecuado debe ser cercano al mediodía. O considere la luz solar directa sobre la superficie que estamos levantando.²⁸

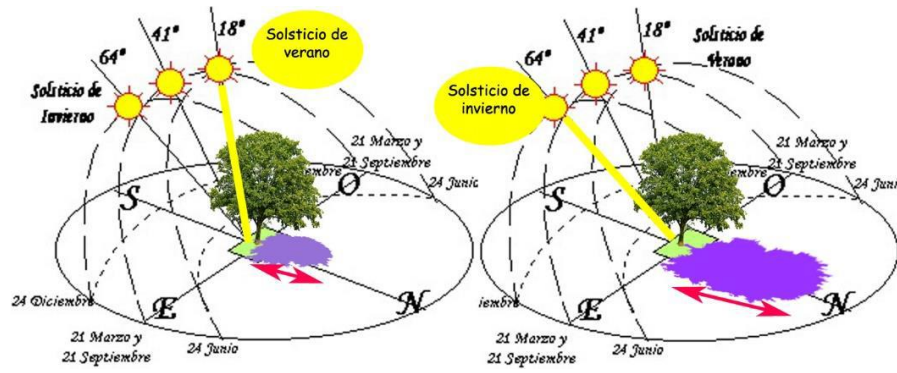


Figura 23. Sombra en relación a la posición del sol en el cielo

El viento es una gran cantidad de aire que se mueve en una dirección específica, que puede moverse lateralmente, hacia arriba y hacia abajo en forma de vórtice. La misma razón se debe a la diferente presión y temperatura en el aire en diferentes áreas geográficas. Dentro de los tipos de Drones tenemos a uno de tipo de ala fija y es el mejor dron en el viento. Debido a que tienen las características aerodinámicas de cortar correctamente el flujo de viento, es conveniente volar en la dirección del viento al planificar un vuelo para evitar que el viento se mueva desde su eje principal de vuelo. Pero, con las nuevas versiones de drones permiten una mejor estabilidad ante estas situaciones climáticas.²⁹

Los principales parámetros del vuelo se constituirán por el área del proyecto, altura de vuelo, velocidad del vuelo, tamaño del sensor, Distancia focal, duración del vuelo y Valor GSD.³⁰

²⁸ (Dávalos Gonzales, 2004)

²⁹ (Eisenbei et al., 2009)

³⁰ (Perez A.,2001)

El área del proyecto es la superficie del terreno que esperamos cubrir, más el área marginal aumentada para asegurar la calidad del área de interés. En la mayoría de los casos, el área de proyección está definida por un polígono irregular con múltiples vértices y múltiples lados. Espero reducir el número de lados tanto como sea posible y tienden a producir gráficos simétricos ideales.³¹

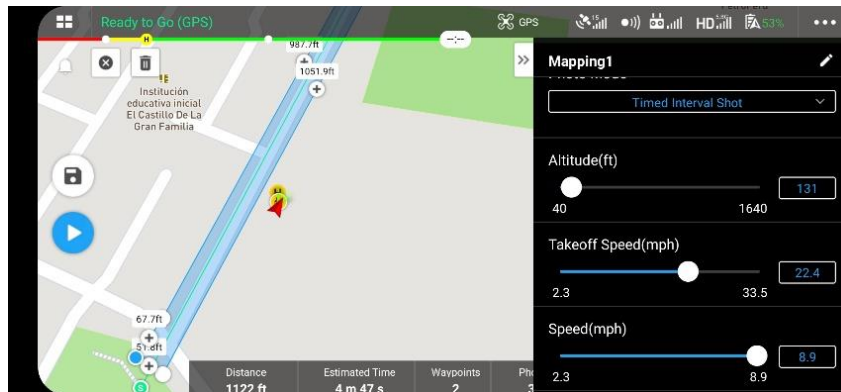


Figura 24. Plan de vuelo

La misión de vuelo es parte integral del plan estratégico, que establece el vuelo y las actividades del drone o los objetivos detallados de la misión, consiste en las acciones que deben comunicarse con el drone para entregar órdenes y realizar tareas. Reciba datos de telemetría, velocidad, altitud y posición. Esta tarea la realiza un sistema de control de vuelo autónomo.³²

La altura de vuelo es el factor decisivo al planificar el vuelo de un Drone porque es inversamente proporcional al tiempo de vuelo y al valor de GSD. Esto significa que a mayores altitudes de vuelo, la calidad y el tiempo de vuelo se reducirán, y viceversa, si la altitud de vuelo es menor, la calidad será mejor y el tiempo de vuelo será mayor.³³

³¹ (Dávalos Gonzales 2004 pág. 32)

³² (Ojeda, Flores y Ontiveros, 2016 pag. 235)

³³ (Ojeda, Flores y Ontiveros, 2016 pag. 236)

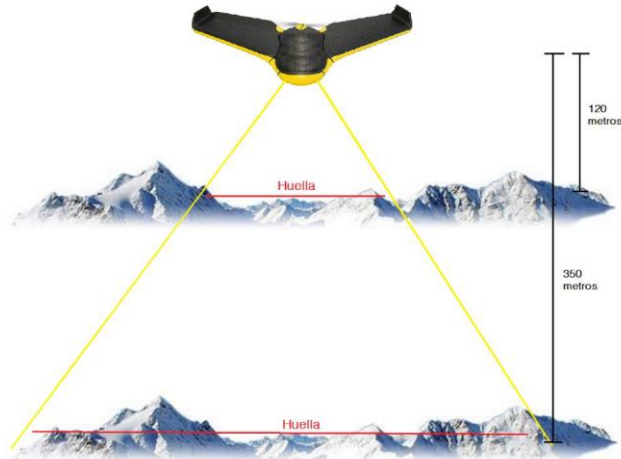
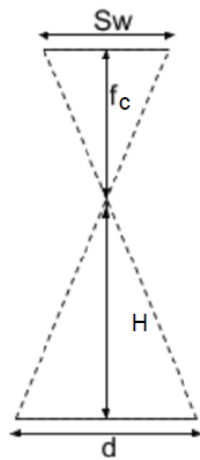


Figura 25. Altura de vuelo

El tamaño de pixel en el terreno (GSD) es la distancia entre dos centros de pixel consecutivos medidos sobre el terreno. A mayor valor del tamaño de pixel en el terreno (GSD) de la imagen, menor es la resolución espacial de la imagen y menos visibles son los detalles. El tamaño de pixel en el terreno (GSD) se relaciona con la altura del vuelo, a mayor altitud del vuelo, mayor es el valor del GSD y hace referencia al periodo durante el cual está abierto el obturador de una cámara fotográfica.³⁴



- S_w = anchura del sensor óptico (mm).
- f_c = distancia focal (mm).
- H = altura de vuelo (m).
- d = distancia cubierta en el suelo por una imagen (m).

Figura 26. Cálculo de la altura de vuelo

³⁴ (Dávalos Gonzales, 2004 pag. 34)

En velocidad de vuelo, sabemos que los drones pueden alcanzar altas velocidades por encima de los 30 m/s, como los drones de carreras. Sin embargo, en AFI, si bien es posible aumentar la productividad al cubrir un área grande en poco tiempo, no es necesario realizar disparos a alta velocidad, sino que este se limita a la velocidad de obturación de la cámara que permite tomar fotografías a una determinada velocidad.³⁵

Relativo al movimiento del objeto. En AFI, podemos considerar una velocidad de 7 m/s como media y una velocidad de vuelo de 10 m/s-15m/s como alta. Debemos tener en cuenta que estos valores dependerán del valor de velocidad de obturación de la cámara utilizada.³⁶

En cuanto al tamaño del sensor, el sensor es el corazón de la cámara. Es un elemento situado en la parte inferior del eje óptico de la cámara. Cuando se abre el obturador, el elemento recibirá luz. Proyectará la imagen capturada en el sensor. Cuanto mayor sea el tamaño del sensor, mayor será la cantidad de píxeles por píxel, lo que producirá fotografías de mayor calidad con mejor resolución.³⁷

	FORMATO MEDIO	FORMATO COMPLETO (FULL FRAME)	APS-C	MICRO 4/3	1"	1/2.55"
IMAGEN						
TAMAÑO	53.0 X 40.20 MM	35.00 X 24.00 MM	23.6 X 15.60 MM	17.00 X 13.00 MM	12.80 X 9.60 MM	6.17 X 4.55 MM
FACTOR DE RECORTE	0.64	1	1.52	2	2.7	5.62
CÁMARA						

Figura 27. Comparación de tamaño de sensor de cámaras digitales

³⁵ (Daniel Santos, 2014 pág. 58)

³⁶ (Dávalos, 2004 pág. 35)

³⁷ (Dávalos Gonzales, 2004 pág. 36)

A la hora de planificar el uso de drones para la duración del vuelo fotogramétrico, debemos verificar que el tiempo de vuelo estimado de nuestra misión no supere el 70% de la capacidad de la batería para autonomía de vuelo. Esto nos da un margen de tiempo considerable para que el drone pueda regresar al punto de partida "casa" o aterrizar en un lugar designado.³⁸

El ortomosaico, una vez corregida la forma geométrica de la imagen y colocada en el sistema de referencia mediante el proceso de reconstrucción, se puede generar una corrección u ortomosaica del área investigada con la imagen.³⁹

A diferencia de los mosaicos generados en el proceso de emparejamiento de pares, en mosaicos normales se han corregido los errores de desplazamiento y elevación y se han vinculado al sistema de referencia, por lo que el proceso de combinación entre las imágenes es más rápido, y el mosaico generado corresponde a La Proyección horizontal sobre el terreno.⁴⁰

³⁸ (Dávalos Gonzales, 2004 pág. 37)

³⁹ (Torrado et. Al, 2006)

⁴⁰ (Ojeda, Flores y Ontiveros, 2016 pág. 106)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Los métodos cuantitativos utilizan la recopilación de datos para probar hipótesis, basadas en medición numérica y análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. Y prueba la teoría.⁴¹

Por lo cual, para este trabajo de investigación el **enfoque de investigación es cuantitativa** porque se recopila los datos y establece el análisis para la prueba de hipótesis.

Esta investigación de acuerdo al objetivo **es de tipo aplicada** porque resuelve un problema y da a conocer el estado de la vía a través de los procedimientos de la recolección de datos, evaluación y el procesamiento para la obtención de los resultados con la finalidad de comprobar la hipótesis.

Para el presente trabajo el **nivel de la investigación es descriptiva** porque se recolecta la información tal como está en el pavimento y se determina la condición.

El diseño de investigación del presente proyecto **es no experimental** porque se desarrollan sin la manipulación de las variables y en el que realizamos inspección visual en su ambiente natural para luego analizar.

El trabajo de investigación corresponde a **corte transversal** porque se realiza en una determinada fecha y hora.

⁴¹ (Hernández, Fernandez y Baptista, 2014)

3.2. Variables y operacionalización

“La operacionalización es una secuencia de variables teóricas, de esta manera se denomina operacionalización a conceptos y definiciones operacionales basados en variables verificables, mensurables o similares e indicadores empíricos”.⁴²

En este trabajo de investigación se considera tres variables, que enmarcan la definición conceptual, definición operacional, las dimensiones, los indicadores e instrumentos y las escalas de medición con las que se trabajan.

“Las variables se suelen denominar constructoras o estructuras hipotéticas, cuando se asocian a distintas variables pueden llegar al precio de la investigación científica, por lo que también se puede organizar la posición de la teoría o hipótesis. Este es un dominio variable y sus cambios son fáciles de observar o medir”.⁴³

Por lo tanto, las variables de la presente investigación son:

Variable dependiente: Condición del pavimento rígido

Variable Independiente (Cuantitativo): Fotogrametría aérea

Variable Independiente (Cuantitativo): Método PCI

(Ver Anexo 3)

3.3. Población, muestra y muestreo

“La población es la suma de una serie de procesos que se ajustan al resultado, porque se crea para limitar los pueblos que serán afectados o superiores; personas que desean extender las consecuencias.”.⁴⁴

La población considerada para el presente trabajo de investigación son las vías de pavimento rígido en el distrito de Puno – Puno.

⁴² (Hernández, Fernández y otros, 2014 pág. 211)

⁴³ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 105)

⁴⁴ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 174)

“La muestra debe especificar cuál es la unidad de medida para el muestreo / análisis y cuáles son los atributos de la población. Esta restricción implica ejemplos de muestra para que se pueda seleccionar la investigación más eficaz.”⁴⁵

En la investigación la muestra se considera el pavimento rígido del Jr. Beltrán Rivera del distrito de Puno, con una longitud de 280m y un ancho de vía de 6.2m y 6m, para el cual se divide en unidades de muestra en el pavimento rígido en el rango de 20 ± 8 losas. Considerándose una unidad de muestra de 20m y 6.2m de ancho obteniéndose un área total de 124 m². En base al método a utilizar se evalúa un total de 9 unidades de muestra.

El muestreo para el trabajo de investigación es probabilístico de acuerdo a la norma ASTM D-6433. Utilizando la fórmula de las unidades de muestra mínima se tiene:

$$n = \frac{9 * 15^2}{\frac{5^2}{4} * (9 - 1) + 15^2} = 8$$

Considerando:

$$N = 9$$

$$\sigma = 15$$

$$e = 5\%$$

Y el intervalo de evaluación es:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{9}{7} = 1.29$$

En el trabajo se desarrolla con el método convencional del PCI por lo que se evalúa las 7 unidades de muestra y con el dron el total de las unidades de muestra N=9.

⁴⁵ (Sánchez, 2003. Pág 85)

Sin embargo, luego de haber realizado la visita a campo se va a desarrollar el levantamiento de la información por tramos y considerando cada losa para un óptimo resultado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

“La observación directa es especificada por el fenómeno o el objeto de investigación a través del hecho de que el investigador tiene contacto directo. Este hecho es comprobado por el comportamiento del fenómeno desde su propio punto de vista, sin la obligación de los demás de informar. Por eso los científicos orientar y liderar el desarrollo de observaciones”.⁴⁶

En el trabajo de investigación usamos la técnica de la recolección de datos y tomaremos las siguientes consideraciones:

- La **observación**, porque en este caso, es la parte principal de la recolección de datos, por lo tanto, la falla del pavimento rígido debe dar paso al análisis de fallas, de manera de obtener el estado actual de la vía.
- La **bibliografía** es necesaria porque nos basamos en la norma ASTM D-6433 en el que menciona el procedimiento de aplicar el método PCI en campo.
- El **uso del Drone** corresponde a la aplicación de la tecnología en la evaluación de la vía.

“La herramienta de recolección de datos tiene un propósito específico debido a la implementación de procedimientos y procedimientos detallados que guían la recolección de datos”.⁴⁷

⁴⁶ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 175)

⁴⁷ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 198)

Los instrumentos a utilizar para el desarrollo del trabajo de investigación son:

- Para la salida de campo debemos tener regla, cinta métrica, equipos de protección personal, materiales de apunte, cámara fotográfica y manual de daños del PCI.
- Hoja de registro en el que contiene el formato de evaluación de acuerdo al método de índice de condición de pavimento.
- Softwares que serán necesarios para el procesamiento de las imágenes obtenidas y registros obtenidos de campo.

“La validez es una medida de desempeño predecible, que debe calcularse con precisión, no la imagen de la empresa. Esto también explica la categoría de la herramienta, que definitivamente calculará las variables que deben calibrarse. [...]”⁴⁸

Para la aplicación de los instrumentos seleccionados serán validadas por profesionales expertos en el tema quienes comprueban cada uno de los instrumentos y es el que se nombra:

1. Ronald Ramón Castillo Pinto – Ingeniero Civil
2. Miguel Antonio Chaquilla Bustinza – Ingeniero Civil

“La confiabilidad de un instrumento que produce los mismos resultados que se pueden lograr usando la misma persona u objeto [...]”⁴⁹ Con la finalidad de tener resultados confiables los equipos como el Drone son calibrados o adquirido recientemente.

⁴⁸ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 189)

⁴⁹ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 200)

3.5. Procedimientos

El procedimiento a seguir en el desarrollo de la evaluación de la condición del pavimento rígido es como sigue:

Empleamos el método PCI, inspección visual, determinamos las unidades de muestreo, identificamos los tipos de fallas y los niveles de daño, determinamos el valor deducido (VD), obtenemos los VD corregido y finalmente obtenemos la condición del pavimento rígido de la vía.

Cuando se realiza la inspección del pavimento rígido empleando el Drone, realizamos el plan de vuelo, realizamos el vuelo, almacenamos, procesamos empleando el software pix4D y finalmente obtenemos la condición del pavimento rígido.

Método de análisis de datos

“El método de análisis de datos, es decir, el investigador está estudiando los datos recolectados, transmitiéndolos en forma de matriz, guardándolos en el registro y despejando la confusión.”⁵⁰

Hoy en día, los investigadores estudian la cantidad o proporción de archivos porque casi nadie ejecuta archivos de forma manejable, incluso sin superponer fórmulas. [...]”⁵¹ Para la recopilación de datos se realiza mediante la observación directa, determinando las fallas que se tiene en el pavimento rígido. Para el caso del Drone emplearemos aplicaciones que nos permiten capturar fotografías digitales y luego procesamos. Esto implica el uso de softwares especializados para luego generar los resultados, probar las hipótesis y las conclusiones.

⁵⁰ (Rubén Hosford, 2009)

⁵¹ (HERNÁNDEZ y otros, 2014 pág. 272)

3.6. Aspectos éticos

Este proyecto de investigación es elaborado cumpliendo con los requisitos mínimos, el reglamento académico y resoluciones establecidas por la Universidad. Como bachiller de Ingeniería Civil hago el trabajo con toda honestidad, honradez, respeto y la confianza, para lo cual, el trabajo de investigación se desarrolló respetando las referencias bibliográficas de estilo ISO 690 y 690-2, citando adecuadamente y evitando la copia de otros autores. La recopilación de datos es a través del método PCI y la fotogrametría desarrollada.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Nombre de tesis:

Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.

Acceso de la zona de trabajo:

El ingreso a la zona del proyecto, ante todo beneficiara principalmente el Jr. Beltrán Rivera de la ciudad de Puno.

Ubicación Política:

La zona de estudio es en la Región de Puno, Provincia de Puno, Distrito de Puno, específicamente en el Jr. Beltrán Rivera y tiene como limites los siguientes distritos.



Figura 28. Mapa de la región Puno

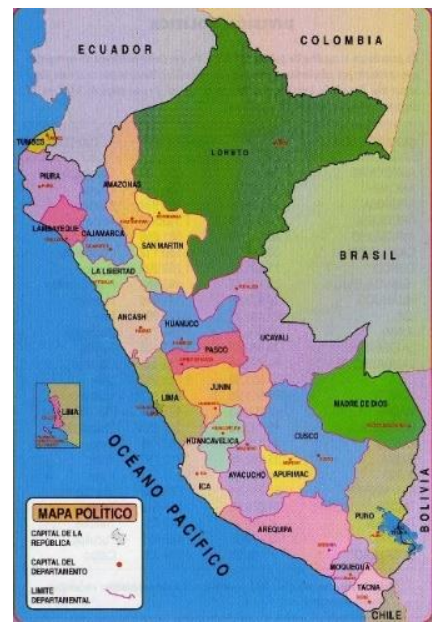


Figura 29. Mapa político del Perú



Figura 30. Distritos de la Provincia de Puno

Ubicación del Proyecto:

La ciudad Puno limita por el:

- Norte: Se encuentra el distrito de Paucarcolla
- Sur: Se localiza el distrito de Ichu.
- Este: Se ubica el distrito de Pichacani Laraqueri
- Oeste: Se visualiza el distrito de Puente Piedra y el distrito de Ancón.

Ubicación Geográfica:

La ubicación de la presente investigación se encuentra en el distrito de Puno, Provincia de Puno y departamento de Puno a una altura de 3827 m.s.n.m. y coordenadas geográficas Latitud: 15° 50' 26" Sur y Longitud: 70° 1' 41" Oeste y de acuerdo al censo de población del 2017 tenemos una población de 219 494 habitantes.

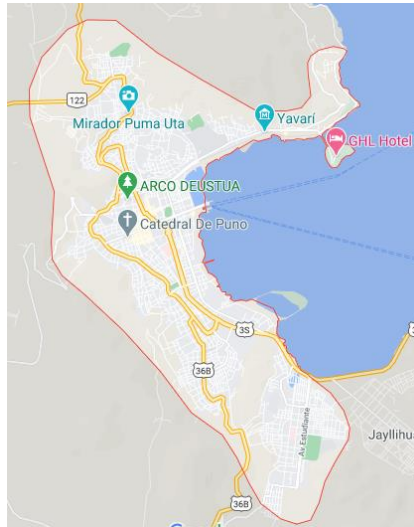


Figura 31. Distrito de Puno

La ubicación del proyecto es en el Jr. Beltrán Rivera, con una extensión de 280m de pavimento rígido y es como se ve en la siguiente figura obtenida a través del software de Google Earth.



Figura 32. Ubicación del sitio usando Google Earth

Clima:

Generalmente, el clima de Puno es de alta montaña frío, semihúmedo y de alta sequedad ambiental, debido a que se ubica a la orilla del lago, por lo que el clima es moderado por la influencia del lago. Las precipitaciones son precipitaciones anuales, que suelen durar entre diciembre y abril, aunque suelen cambiar anualmente, provocando inundaciones y sequías, y hay nieve y aguanieve raros y esporádicos, y

las precipitaciones suelen ser inferiores a 700 mm. Las temperaturas promedio varían entre una máxima 21°C y mínima de -22 °C.

Vías de acceso:

Para llegar al lugar del proyecto tomamos un carro colectivo desde el mercado central de la ciudad de Puno con dirección al C.P. Salcedo, nos bajamos en el Parque de Chanu Chanu. El tiempo necesario para llegar al lugar es de 12 minutos.



Figura 33. Tramo del proyecto

4.2. Recopilación de Información y Procedimientos:

Evaluación del pavimento por el método PCI

Para el desarrollo de este proyecto se consideró cuatro tramos debido a que las dimensiones de calzadas son diferentes y es como sigue:

Tabla 4. Tramos evaluados con dimensiones de las losas por tramos

Tramos	Ancho (m)	Largo(m)
Tramos 1	3	2.5
Tramo 2	3	5
Tramo 3	3.1	5
Tramo 4	3.1	3

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de fallas se realiza en base cada tramo y de acuerdo a la norma ASTM D 6433 – 99 indica que se realiza el muestreo para cada tramo, sin embargo, en este proyecto de tesis la determinación de fallas se hizo para cada losa.

La evaluación se realizó un día domingo donde se tiene inamovilidad y en tiempos de pandemia debido al COVID – 19, el cual nos permite desarrollar con tranquilidad debido a que no hay bastante tráfico. El inicio de la evaluación fue a las 7 a.m. hasta las 4 p.m. con el apoyo de 2 personas.

El registro de fallas desarrolladas en campo se hizo según Norma ASTM D6433-99, en esta norma se tiene un total de 19 fallas en pavimento rígido. Las fallas se registraron en las fichas de evaluación. Las herramientas necesarias empleadas en el registro de fallas de campo fueron wincha o flexómetro, conos de seguridad, yeso, escuadra de combinación y regla.



Figura 34. Evaluación de falla Grieta de esquina y Escala

En el primer tramo que corresponde a la progresiva km 0+000 al km 0+040 se registró cada falla en cada losa en la siguiente hoja de registro.

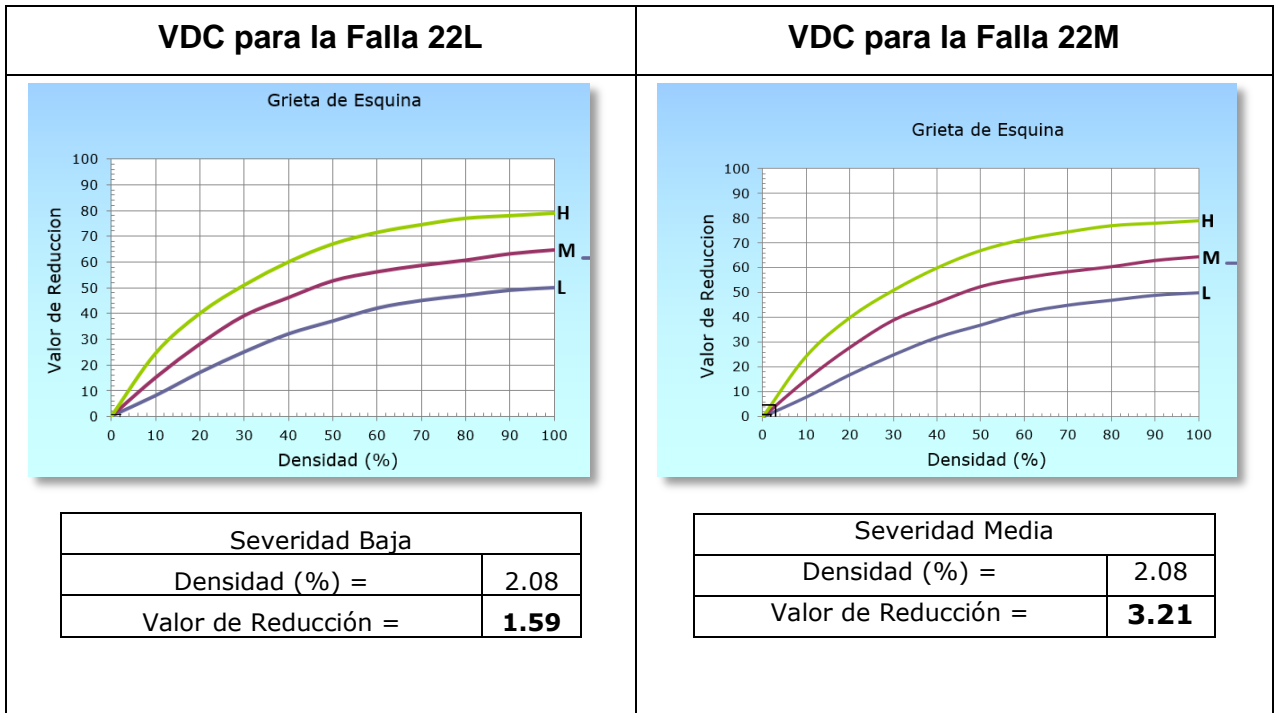


Gráfico 1: VDC para la Falla 22 Severidad Baja y severidad media – Tramo 1

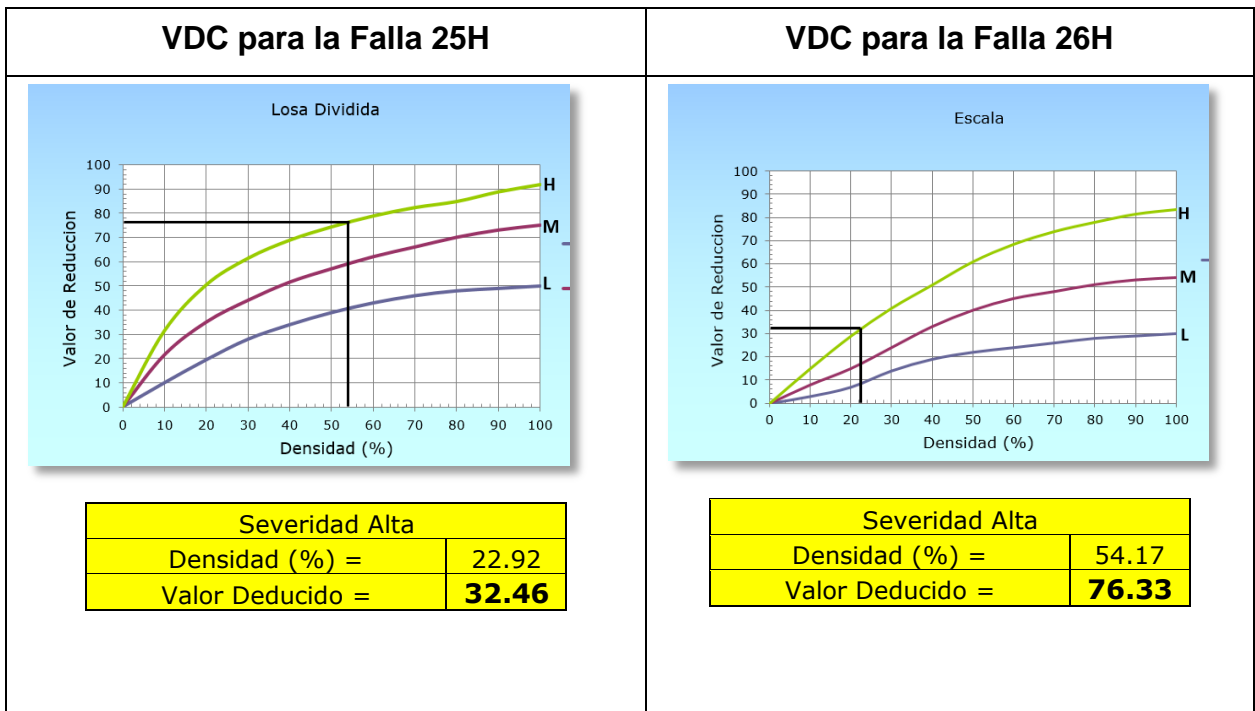


Gráfico 2. VDC para la Falla 25H y falla 26 H – Tramo 1

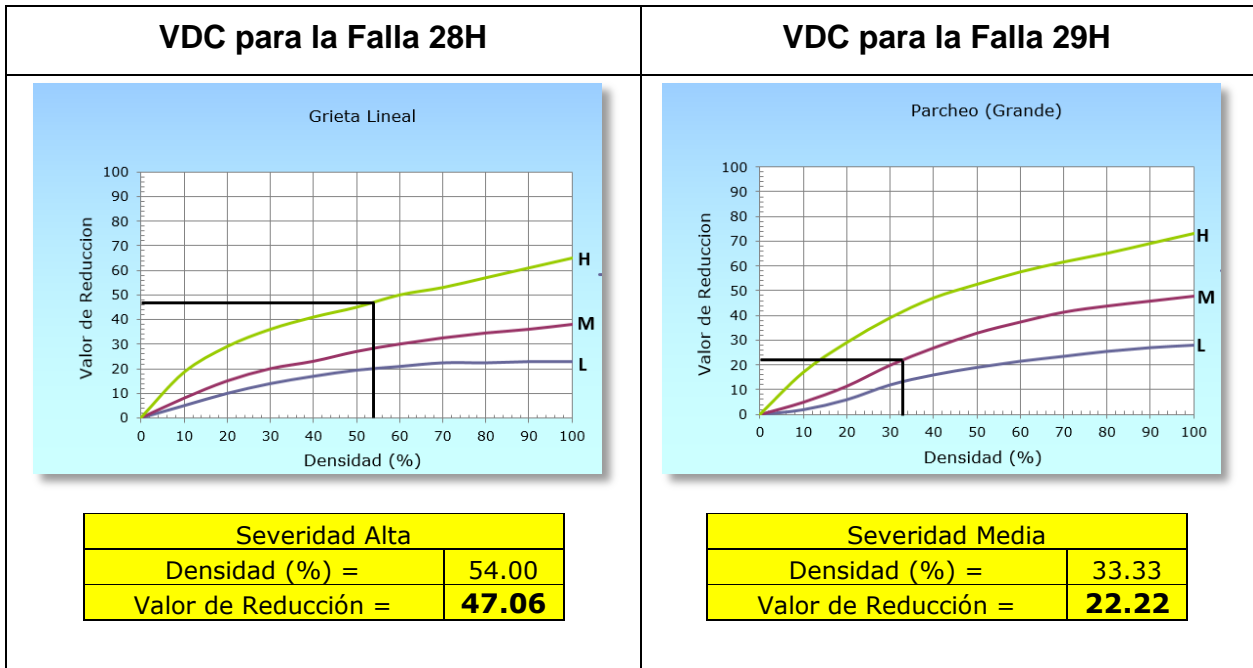


Gráfico 3. VDC para la Falla 28H y falla 29 H – Tramo 1

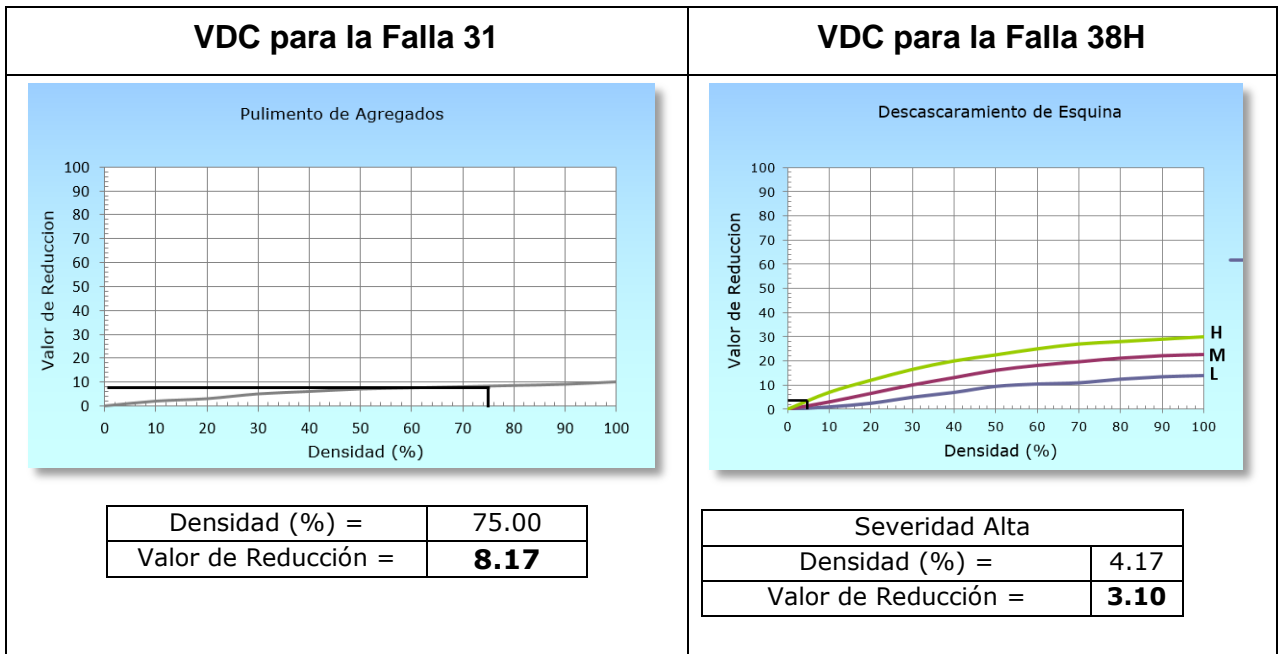


Gráfico 4. VDC para la Falla 31H y falla 38 H – Tramo 1

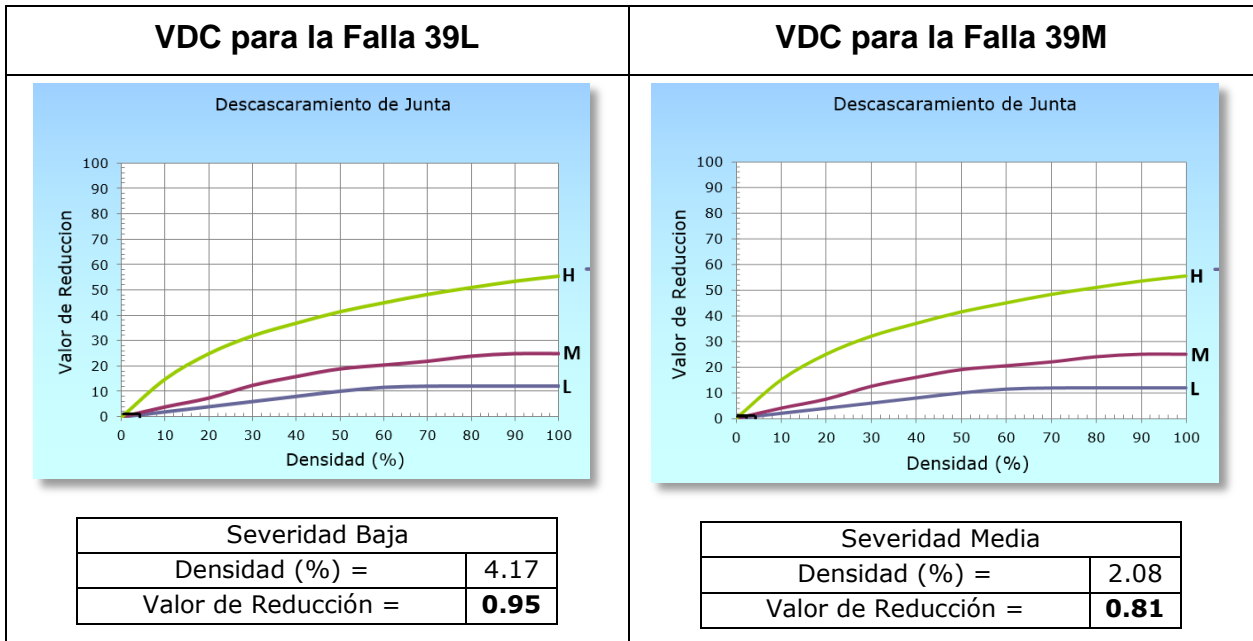


Gráfico 5. VDC para la Falla 39L y falla 39 M – Tramo 1

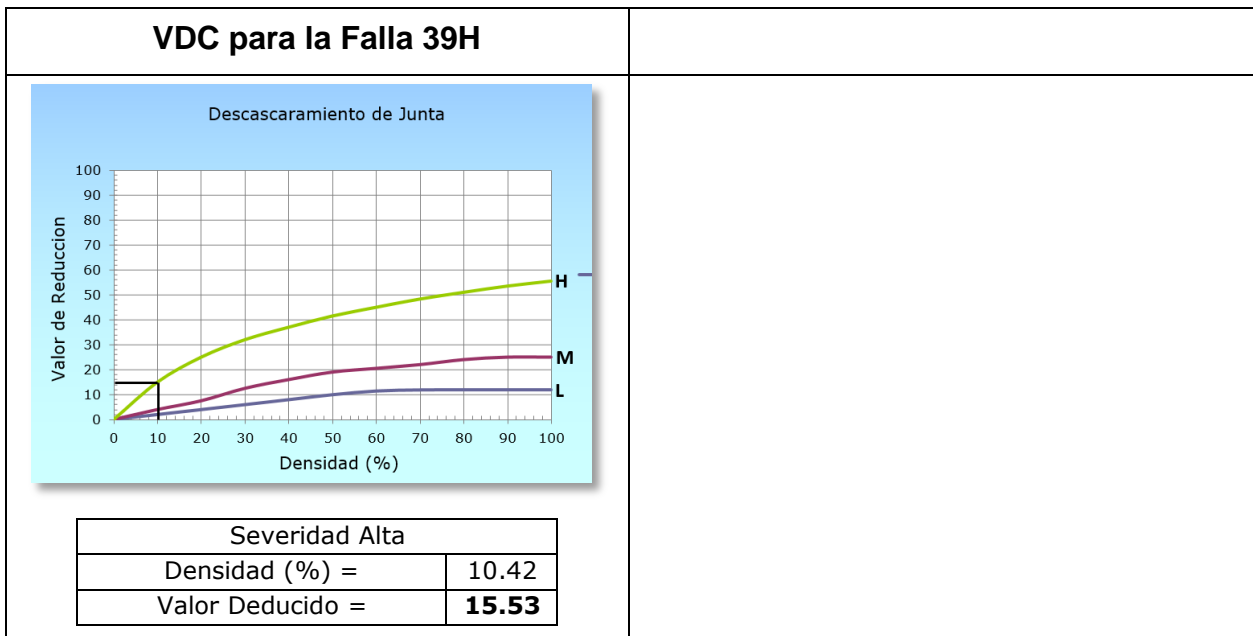


Gráfico 6. VDC para la Falla 39H – Tramo 1

Después de haber encontrado los valores deducido de daño, así como se muestra en la tabla 5 proseguimos con el cálculo del número admisible de Deducidos (mi) y obtenemos lo siguiente:

Valor deducido más alto (HDVi): 76.33
 N° admisible de deducidos (mi): 3.17

Para determinar el máximo valor deducido por cada falla utilizamos el ábaco de fallas de acuerdo a la norma ASTM D 6433-99. A partir del gráfico 7, usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto determinados el máximo valor deducido corregido.

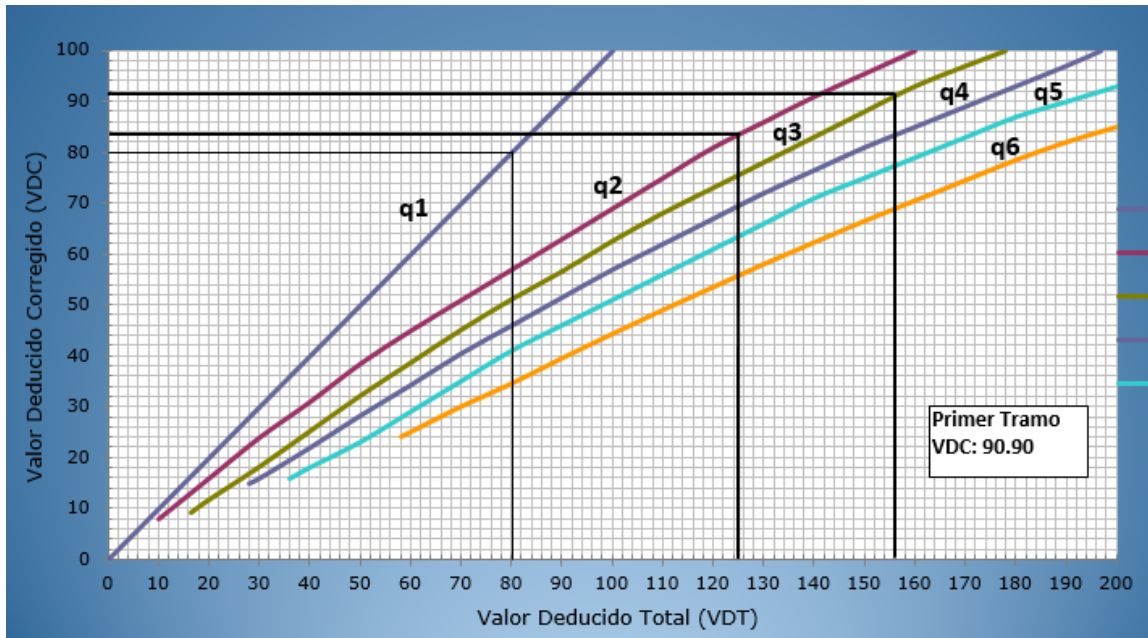


Gráfico 7. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos –Tramo 1

Tabla 6. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 1

N°	Valores Deducidos			Total	q	VDC
1	76.33	47.13	32.46	155.92	3	90.9
2	76.33	47.13	2	125.46	2	83.75
3	76.33	2	2	80.33	1	80.33

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico 7 y la tabla 6, el valor deducido más alto es de 90.90 y de acuerdo a ello se puede determinar el PCI.

Tabla 7. Cálculo del PCI para el primer tramo

PCI=100 - Max. CDV		Máx. CDV: 90.9		
PCI=	9.1	Rango: 1-10	CLASIFICACIÓN:	Fallado

Fuente: Elaboración Propia

Para este primer tramo de evaluación se tiene un PCI de 9.1 considerado como una clasificación de pavimento tipo **Fallado**.

La figura 35 y figura 36 corresponden a la evaluación en campo correspondiente al segundo tramo. La evaluación corresponde al tipo de falla “escala” utilizando el instrumento escuadra de combinación.



Figura 35. Determinación del tipo de falla – Tramo 2



Figura 36. Vista panorámica del tramo 2

En este segundo tramo km 0+0040 al km 0+0090, se evaluó un total de 30 losas como unidad de muestra debido a que se tiene losas con fallas relevantes.

Para el segundo tramo el procedimiento de obtención del PCI es similar al primer tramo y se obtuvo los siguientes resultados. Se registró las siguientes fallas así como se puede observar en la ficha:

Tabla 8. Ficha de registro de fallas con valores calculados – Tramo 2

UCV		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				Tabla 1: EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) - TRAMO 1			
Nombre de la vía:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Fecha:		ESQUEMA:			
Evaluado por:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Ubicación: Puno - Puno -Puno					
Progresiva Inicial:	0 + 040		Tramo:	2		Fecha:		25/04/2021	
Progresiva final:	0 + 090		Área Muestra:	30		Losas			
TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL MANUAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
21.- Blow up / Buckling	L,M,H	30.- Parcheo pequeño (menor de 0.45m ²)		L,M,H		31-22M	31-22H	31-23H-29M	1
22.- Grieta de esquina	L,M,H	31.- Pulimentos de agregados		-		31	31-22H	31-23H-27H-29M	2
23.- Losa dividida	L,M,H	32.- Popouts		-		31-38M	31-28H	31-28H-27M-29M	3
24.- Grieta de durabilidad "D"	L,M,H	33.- Bombeo		-		31-38H	31-34H-22H-25H	31-34H-23H-27H-29M	4
25.- Escala o escalonamiento	L,M,H	34.- Punzonamiento		L,M,H		31-39H	31-22H-23B-39H	31H-22H-23B-29M	5
26.- Sello de junta	L,M,H	35.- Cruce de vía ferrea		L,M,H		31	23H-34H-39H	23H-39H-29M	6
27.- Desnivel Camil / Berma	L,M,H	36.- Descorchamiento, mapa de grietas, craquelados		L,M,H		39M-31-38M	28H-23H-22H-31	28H-23H-22H-32-29M	7
28.- Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, transversales y diagonales)	L,M,H	37.- Grieta de retracción		-		39M-31-38M	28H-23H-24H-25H-28H	28H-23H-24H-25H-28H-29M	8
29.- Parche grande (Mayor de 0.45m ²) y acometidas de servicios públicos	L,M,H	38.- Descascaramiento de esquina		L,M,H		31-39H-26H-24H	22H-23H-24H-25H-28H	22H-23H-24H-25H-28H-29M	9
		39.- Descascaramiento de junta		L,M,H		31-25H	29H-26H-24H-23H-22H-31-34H-38H	29H-26H-24H-23H-22H-31-34H-38H-29M	10
FALLAS EXISTENTES									
CÓDIGO DE FALLA	NIVELES DE SEVERIDAD:			VALOR DEDUCIDO					
	SEVERIDAD	Nº DE LOSAS	DENSIDAD %		BAJO: L	MEDIO: M	ALTO: H		
22	M	1	3.33	5.12					
22	H	11	36.67	57.26					
23	H	12	40.00	69.08					
24	H	7	23.33	42.96					
25	H	6	20.00	28.72					
26	H	3	10.00	8.00					
27	M	1	3.33	1.83					
29	M	10	33.33	22.22					
29	H	1	3.33	6.31					
31	-	23	76.67	3.76					
34	H	5	16.67	42.84					
38	M	3	10.00	3.04					
38	H	2	6.67	4.80					
39	M	2	6.67	2.50					
39	H	5	16.67	22.09					
					1	2	3		

Fuente: Elaboración propia

Las tres fallas con mayor relevancia son los pulimentos de agregados con un 76.67%, otra falla de importancia es la losa dividida con un 40% y la falla grieta de esquina con un 36.67%. Cada uno de estos porcentajes fue obtenido realizando la división entre el número de losas con el total de losas.

Para la obtención de los valores deducidos se tuvo que emplear la curva de “Valor Deducido de Daño”.

Después de haber encontrado los valores deducido de daño proseguimos con el cálculo del número admisible de Deducidos (mi) y obtenemos lo siguiente:

Valor deducido más alto (HDVi): 69.08
N° admisible de deducidos (mi): 3.84

Para determinar el máximo valor deducido por cada falla utilizamos el ábaco de fallas de acuerdo a la norma ASTM D 6433-99. En la siguiente figura se puede observar el máximo valor deducido corregido.

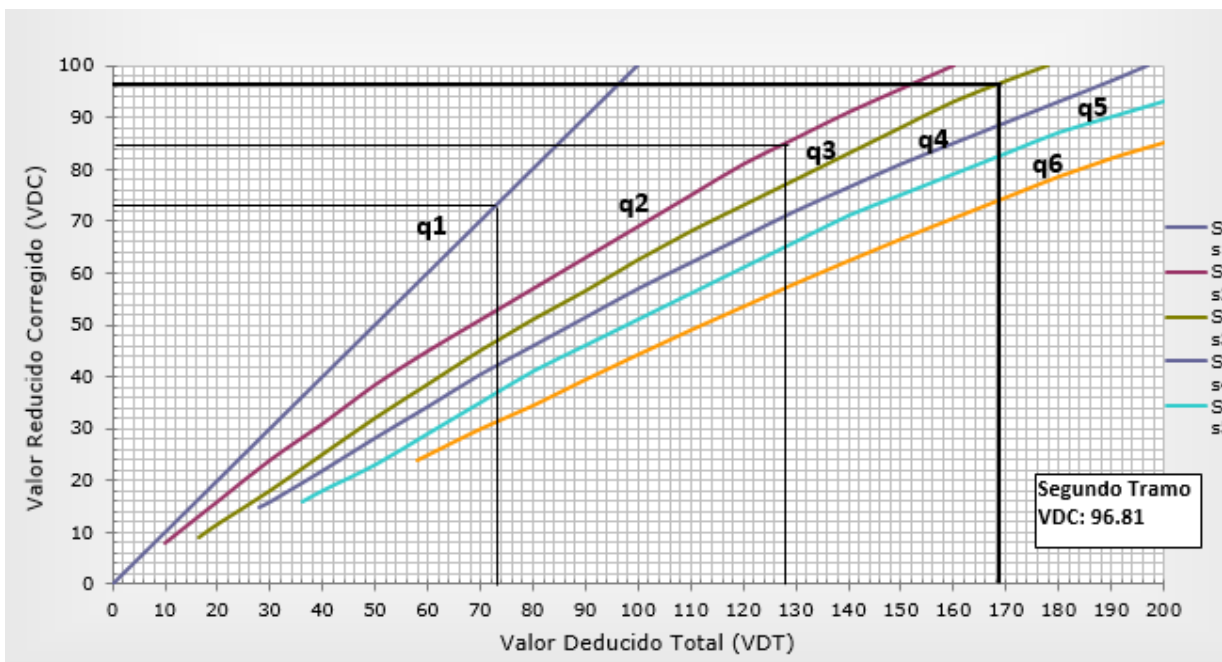


Gráfico 8. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos – Tramo 2

Tabla 9. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 2

N°	Valores Deducidos					Total	q	VDC
1	69.08	57.26	42.96			169.3	3	96.81
2	69.08	57.26	2			128.34	2	85.27
3	69.08	2	2			73.08	1	73.08

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico 8 y tabla 9, se puede determinar el PCI.

Tabla 10. Cálculo del PCI para el tramo 2

PCI=100 - Máx. VDC			Máx. CDV: 96.81	
PCI=	3.19	Rango: 1-10	CLASIFICACIÓN:	Fallado

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 10, para este segundo tramo de evaluación se tiene un PCI de 3.19 que está dentro del rango 1 -10 y corresponde a la clasificación de **FALLADO**.

Para el tramo 3, comprende la progresiva km 0+0090 a km 0+0160, el cual se hizo el registro las fallas en unidad de muestra de 28 losas en la hoja de registro.



Figura 37. Determinación del tipo de falla “Parcheo grande” - Tramo 3



Figura 38. Tipo de Falla “Losa Dividida” Alto – Tramo 3

Tabla 11. Ficha de registro de fallas con valores calculados – Tramo 3

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO					
Tabla 1: EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) - TRAMO 1							
Nombre de la vía:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Fecha:			
Evaluado por:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Ubicación:	Puno - Puno -Puno		
Progresiva Inicial:	0 + 0090	Tramo:	3	Fecha:	25/04/2021		
Progresiva final:	0 + 0160	Área Muestra:	28		Losas		
TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL MANUAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO							
21.- Blow up / Buckling	L,M,H	30.- Parcheo pequeño (menor de 0.45m ²)	L,M,H				
22.- Grieta de esquina	L,M,H	31.- Pulimentos de agregados	-				
23.- Losa dividida	L,M,H	32.- Popouts	-				
24.- Grieta de durabilidad "D"	L,M,H	33.- Bombeo	-				
25.- Escala o escalonamiento	L,M,H	34.- Punzonamiento	L,M,H				
26.- Sello de junta	L,M,H	35.- Cruce de vía ferrea	L,M,H				
27.- Desnivel Carril / Berma	L,M,H	36.- Descorchamiento, mapa de grietas, craquelados	L,M,H				
28.- Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, transversales y diagonales)	L,M,H	37.- Grieta de retracción	-				
29.- Parche grande (Mayor de 0.45m ²) y acometidas de servicios públicos	L,M,H	38.- Descascaramiento de esquina	L,M,H				
		39.- Descascaramiento de junta	L,M,H				
FALLAS EXISTENTES							
CÓDIGO DE FALLA	NIVELES DE SEVERIDAD:			VALOR DEDUCIDO	31-23H-37H	23H-31-23H-29M	1
	SEVERIDAD	Nº DE LOSAS	DENSIDAD %				
22	M	4	14.29	20.88	23H-31-28H	31-23H-28H-22H-29M	3
22	H	8	28.57	49.71	31-23M	31-23H-28H-22H-29M	4
23	M	1	3.57	8.98	31-23H	31-23H-28L-22H-29M-32	5
23	H	22	78.57	85.16	31-23H	31-23H-28L-22H-29M-32	6
28	L	6	21.43	10.57	31-23H	31-23H-28L-22H-29M-32	7
28	H	11	39.29	40.65	31-23H	31-23H-28L-22H-29M-32	8
29	M	14	50.00	33.01	31-23H	31-23H-28L-29M	9
31	-	27	96.43	9.66	31-23H-22M-29M	31-23H-28L-29M	10
37	H	3	10.71	0.18	28H-31-22M	31-23H-28H-29M	11
39	L	1	3.57	0.82	28H-31-22M	31-23H-28H-22H-29M	12
					28H-31-22M	31-23H-28H-22H-29M	13
					31-39L-37H	37H	14

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 11 que corresponde a la ficha de recolección de información de las fallas, de acuerdo a su severidad se determinó la densidad. Los tres valores más representativos de densidad son de tipo pulimento de agregados alto con un 96.43%, losa dividida alta con 78.57% y el parche grande (mayor de 0.45m⁸/2) con un 50%. Para la obtención de los valores deducidos se empleó la curva de “Valor Deducido de Daño” según como indica el manual del método PCI.

Valor deducido más alto (HDVi): 85.16
N° admisible de deducidos (mi): 2.36

Para determinar el máximo valor deducido por cada falla utilizamos el ábaco de fallas de acuerdo a la norma ASTM D6433-03. En la siguiente figura se muestra el máximo valor deducido corregido.

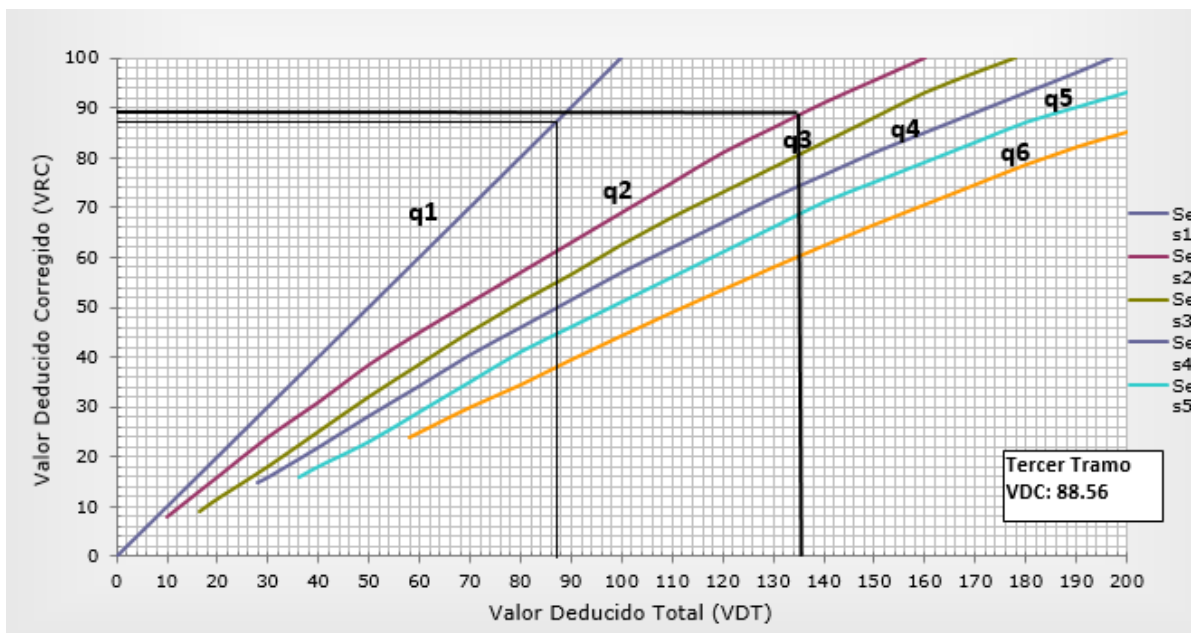


Gráfico 9. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos – Tramo 3

Tabla 12. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 3

N°	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	85.16	49.71			134.87	2	88.56
2	85.16	2			87.16	1	87.16

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico 9 y tabla 12, se puede determinar el PCI.

En este tramo se determinó tres tipos de fallas con mayor densidad, tales como la grieta de esquina con una densidad de 3.75%, parche grande debido a las acometidas de los servicios públicos con una densidad de 5% y pulimento de agregados en 1.25% de densidad. Se determinó el número admisible de deducidos (mi) y se obtuvo lo siguiente:

Valor deducido más alto (HDVi): 3.01
 N° admisible de deducidos (mi): 9.91

Para determinar el máximo valor deducido por cada falla utilizamos el ábaco de fallas de acuerdo a la norma ASTM D 6433-99. En el gráfico 10 se muestra el máximo valor deducido corregido. En la siguiente figura se muestra el máximo valor deducido corregido.

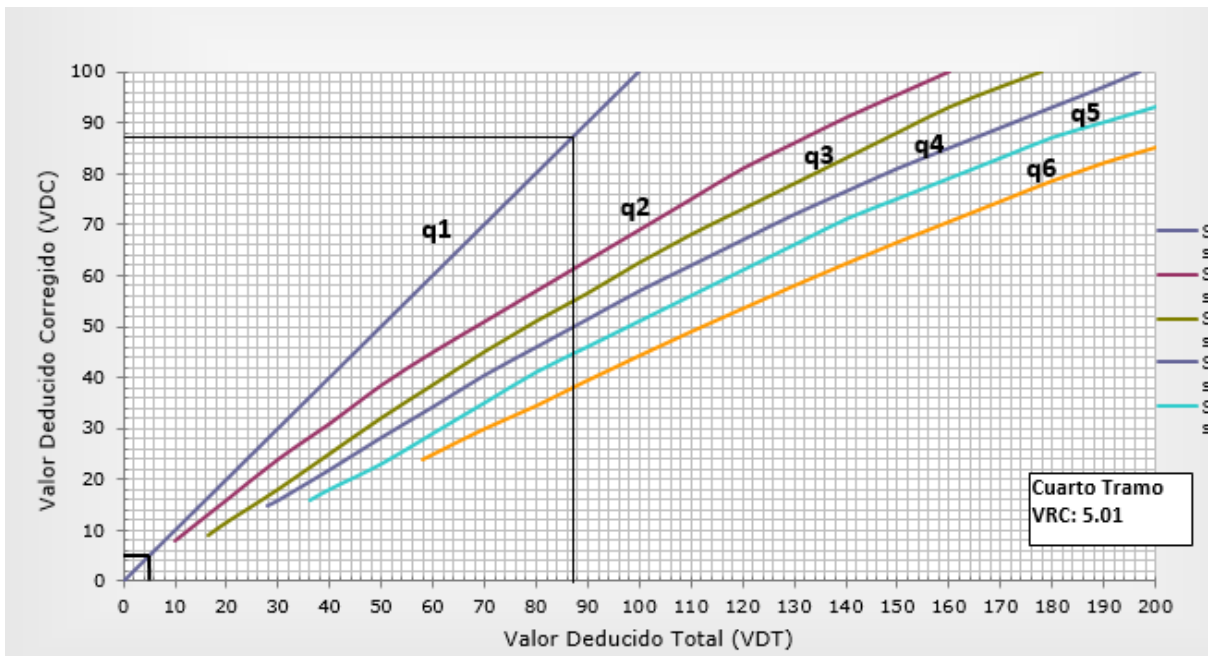


Gráfico 10. Valores deducidos corregido para pavimentos rígidos – Tramo 4

Tabla 15. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 4

N°	Valores Deducidos				Total	q	VRC
1	3.01	1.95			4.96	2	4.96
2	3.01	2			5.01	1	5.01

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico 15 se puede determinar el PCI.

Tabla 16. *Cálculo del PCI para el tramo 4*

PCI=100 - Máx. VDC			Máx. CDV:	5.01
PCI=	94.99	Rango: 10 - 25	CLASIFICACIÓN:	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo de acuerdo a la tabla 16, se tiene un PCI de 94.99 que corresponde a una clasificación de **EXCELENTE**.

Realizando el cuadro resumen indicamos que en la vía de lo siguiente:

Tabla 17. *Cuadro resumen de clasificación del estado del Jr. Beltrán Rivera utilizando el método habitual*

Tramos	Ancho (m)	Largo (m)	PCI	Clasificación
Tramo 1	3	2.5	9.1	Fallado
Tramo 2	3	5	3.19	Fallado
Tramo 3	3.1	5	11.44	Muy Pobre
Tramo 4	3.1	3	94.99	Excelente

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 17, en el Jr. Beltrán Rivera, la clasificación para cada tramo es diferente esto debido a la fecha de construcción. Para el tramo 4 de la vía se construyó en el año 2017 y es por ello que se clasifica como Excelente, mientras que los demás tramos tienen más de 20 años de uso y es por ello que estos tres tramos (Primer, Segundo y Tercero) deben de ser intervenidos con la construcción con la normativa de vías correspondiente.

Desarrollo de la fotogrametría aérea en la evaluación de la condición del pavimento rígido

El dron utilizado para obtener la fotogrametría es una Phantom Pro v2. Para el desarrollo de la fotogrametría se realizó el plan de vuelo utilizando la aplicación Ctrl+DJI, la altura establecida de vuelo es de 40.2m debido a que en la zona existía una torre de telecomunicaciones, la velocidad establecida es 3.83 m/s, un GSD de 1.09cm/px, el tiempo de vuelo es 8 min con 30 seg. Y contando con un total de 17 satélites.

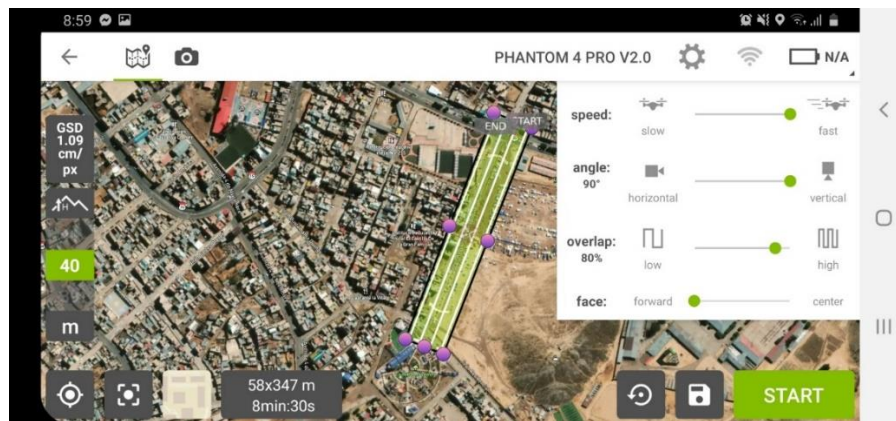


Figura 39: Plan de vuelo y configuración del Dron

Antes de ejecutar el plan de vuelo se tuvo que crear seis puntos de control para el Dron, ubicados en puntos estratégicos de referencia que fueron distribuidos a lo largo del área de vuelo. Para la determinación de cada uno de los puntos de control (coordenadas geográficas) se utilizó una estación total marca Topcon.



Figura 40. Puntos de control para el vuelo del Dron



Figura 41. Determinación de Norte, Este y Altitud con Estación total



Figura 42. Plan de vuelo cargando al Drone

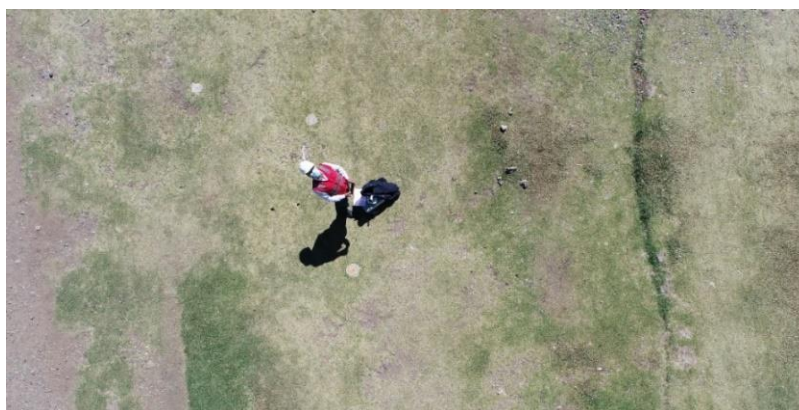


Figura 43. Drone realizando el despegue

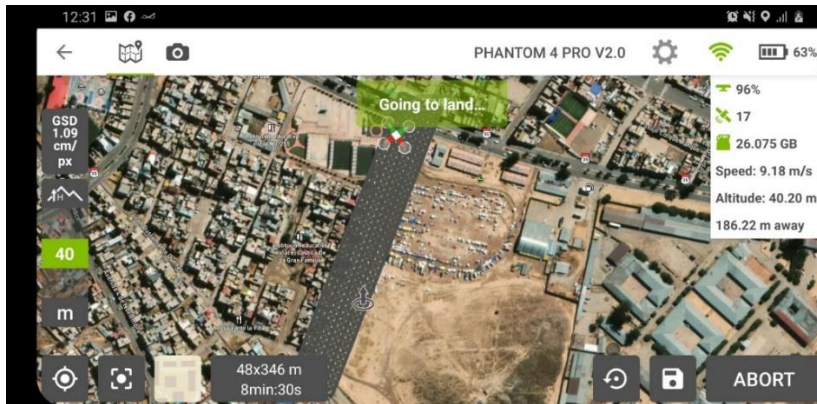


Figura 44. Plan de vuelo ejecutado y retorno al punto de origen

Se obtuvo un total de 180 fotografías con dimensiones de 5472 x 3648 píxeles con una profundidad de 24 bits con representación de color RGB.

Para procesar las imágenes y generar la ortofotos se utilizó el software Agisoft Metashape en su versión trial. El equipo utilizado es una computadora personal con procesador AMD Ryzen 5, AMD radeon(TM) vega 8 y una memoria RAM de 12GB tarjeta gráfica. El tiempo de procesamiento hasta obtener la ortofoto fueron 22 horas. En las siguientes figuras se puede observar el proceso general de la generación de la ortofoto a partir del total de imágenes obtenidas por el Drone Phantom 4 Pro V2 y con apoyo de los puntos de control.

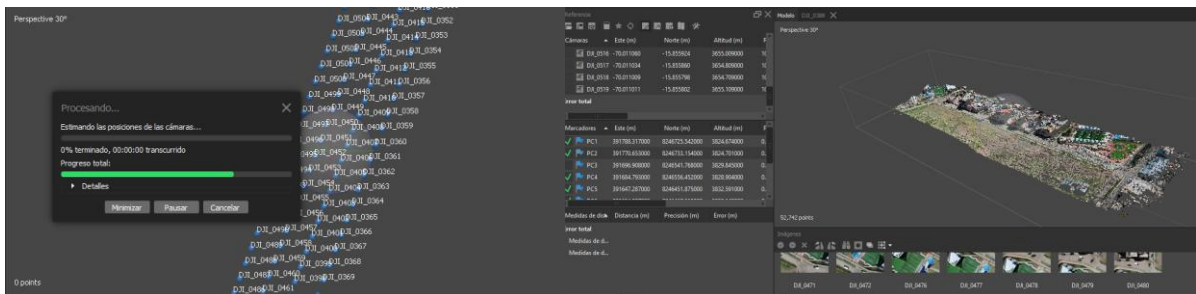


Figura 45. Inserción de fotografías capturadas por el Drone

Se ingresó las 180 fotografías obtenidas desde el Drone para luego insertar los puntos de control obtenidos por el equipo topográfico estación total y son los siguientes:

Tabla 18: Puntos de control para Drone obtenidos de estación total

Punto	Este X	Norte Y	Z
PC1	391788.317	8246725.54	3824.674
PC2	391770.653	8246733.15	3824.701
PC3	391696.908	8246541.77	3829.845
PC4	391684.793	8246556.45	3828.904
PC5	391647.287	8246451.88	3832.591
PC6	391634.987	8246467.51	3832.149

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa se consigue obtener la nube de puntos densa con los puntos de control.



Figura 46. Procesamiento de imágenes con los puntos de control del Jr. Beltrán Rivera

Después de crear la nube de puntos densa y generada las mallas se obtiene la ortofoto, que es usado para determinar las fallas de los pavimentos usando el software CIVIL 3D.

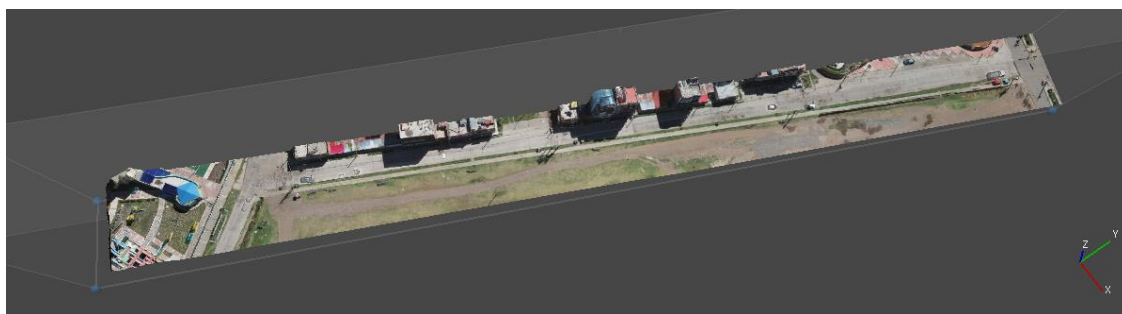


Figura 47. Ortofoto del Jr. Beltrán Rivera – Puno

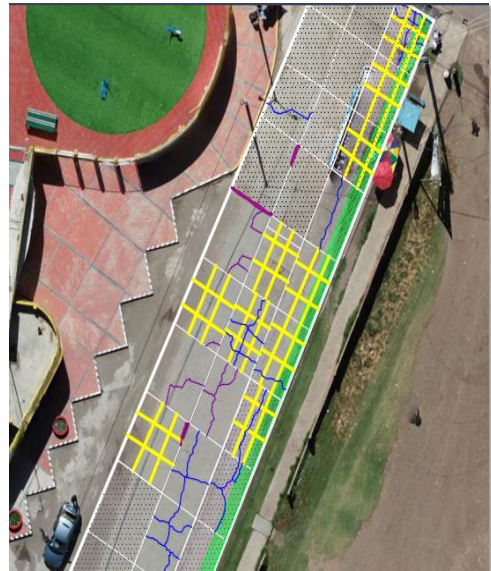
Para la evaluación de fallas como escala es necesario conocer la profundidad; para ello es necesario la generación de un modelo digital de superficie.

Evaluación de la condición del pavimento rígido mediante la fotogrametría aérea

La evaluación realizada aplicando la fotogrametría aérea se desarrolla dentro del área establecida en la investigación. En la tabla 19, muestra el registro de fallas a partir de la la ortofoto generado por el software de aplicación Agisoft Metashape y Civil 3D.

Tabla 19. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo 1

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
Tabla 1: EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - FOTOGAMETRÍA AÉREA					
Nombre de la vía:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Fecha:	26/04/2021
Ubicación:	Puno - Puno -Puno				
Progresiva Inicial:	0 + 00	Tramo:	1	Fecha:	26/04/2021
Progresiva final:	0 + 040	Área Muestra:	48 losas		
TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL MANUAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO					
21.- Blow up / Buckling	L,M,H	30.- Parcheo pequeño (menor de 0.45m ²)	L,M,H		
22.- Grieta de esquina	L,M,H	31.- Pulimentos de agregados	-		
23.- Losa dividida	L,M,H	32.- Popouts	-		
24.- Grieta de durabilidad "D"	L,M,H	33.- Bombeo	-		
25.- Escala o escalonamiento	L,M,H	34.- Punzonamiento	L,M,H		
26.- Sello de junta	L,M,H	35.- Cruce de vía ferrea	L,M,H		
27.- Desnivel Carril / Berma	L,M,H	36.- Desconchamiento, mapa de grietas, craquelados	L,M,H		
28.- Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, transversales y diagonales)	L,M,H	37.- Grieta de retracción	-		
29.- Parche grande (Mayor de 0.45m ²) y acometidas de servicios públicos	L,M,H	38.- Descascaramiento de esquina	L,M,H		
		39.- Descascaramiento de junta	L,M,H		
FALLAS EXISTENTES					
CÓDIGO DE FALLA	NIVELES DE SEVERIDAD:			VALOR DEDUCIDO	
	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD %	BAJO: L	ALTO: H
22 L		1	2.08		1.59
22 M		1	2.08		3.21
23 H		26	54.17		76.33
25 H		8	16.67		24.31
26 M		5	10.42		4.00
26 H		3	6.25		8.00
28 H		27	56.25		47.97
29 M		16	33.33		22.22
31 -		36	75.00		8.17
38 H		2	4.17		3.10
39 L		2	4.17		0.95
39 M		1	2.08		0.81
39 H		8	16.67		22.09



Fuente: Elaboración propia

Se determinó el cálculo del número admisible de Deducidos (mi) y obtenemos lo siguiente:

Valor deducido más alto (HDVi): 76.33

N° admisible de deducidos (mi): 3.17

Luego de haber realizado la inspección desde la ortofoto determinamos los valores deducidos del primer tramo:

Tabla 20. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 1

N°	Valores Deducidos			Total	q	VDC
1	76.33	47.97	24.31	148.61	3	87.39
2	76.33	47.97	2	126.3	2	84.2
3	76.33	2	2	80.33	1	80.33

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, el valor deducido más alto es de 87.39 y de acuerdo a ello se puede determinar el PCI.

Tabla 21. Cálculo del PCI para el primer tramo a partir de la Ortofoto

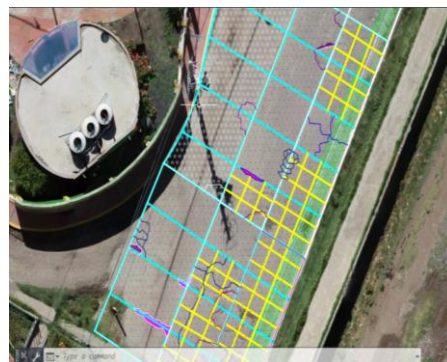
PCI=100 - Max. VDC			Máx. VDC: 87.39	
PCI=	12.61	Rango: 1-10	CLASIFICACIÓN:	Muy Pobre

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se observa los valores obtenidos a partir de la ortofoto generado desde las imágenes obtenidas del vehículo aéreo no tripulado y corresponde al segundo tramo.

Tabla 22. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo2

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) - FOTOGRAMETRÍA AÉREA			
Nombre de la vía:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Fecha:	
Evaluado por:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Ubicación:	Puno - Puno -Puno
Progresiva Inicial:	0 + 040	Tramo:	2	Fecha:	26/04/2021
Progresiva final:	0 + 090	Área Muestra:	30		Losas
TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL MANUAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO					
21.- Blow up / Buckling	L,M,H	30.- Parcheo pequeño (menor de 0.45m ²)	L,M,H		
22.- Grieta de esquina	L,M,H	31.- Pulimentos de agregados	-		
23.- Losa dividida	L,M,H	32.- Popouts	-		
24.- Grieta de durabilidad "D"	L,M,H	33.- Bombeo	-		
25.- Escala o escalonamiento	L,M,H	34.- Punzonamiento	L,M,H		
26.- Sello de junta	L,M,H	35.- Cruce de vía ferrea	L,M,H		
27.- Desnivel Camil / Berma	L,M,H	36.- Desconchamiento, mapa de grietas, craquelados	L,M,H		
28.- Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, transversales y diagonales)	L,M,H	37.- Grieta de retracción	-		
29.- Parche grande (Mayor de 0.45m ²) y acometidas de servicios públicos	L,M,H	38.- Descascaramiento de esquina	L,M,H		
		39.- Descascaramiento de junta	L,M,H		
FALLAS EXISTENTES					
CÓDIGO DE FALLA	NIVELES DE SEVERIDAD:				
	BAJO: L	MEDIO: M	ALTO: H		
	Nº DE LOSAS	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO		
22	M	1	3.33	5.12	
22	H	11	36.67	57.26	
23	H	12	40.00	69.08	
24	H	5	16.67	42.96	
25	H	4	13.33	28.72	
26	H	4	13.33	8.00	
27	M	1	3.33	1.83	
29	M	10	33.33	22.22	
29	H	1	3.33	6.31	
31	-	23	76.67	3.76	
34	H	6	20.00	47.63	
38	M	3	10.00	3.04	
38	H	2	6.67	4.80	
39	M	2	6.67	2.50	
39	H	6	20.00	24.99	



Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber realizado la inspección desde la ortofoto determinamos los valores deducidos del segundo tramo:

Tabla 23. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 2

Nº	Valores Deducidos			Total	q	VDC
1	69.08	57.26	47.63	173.97	3	98.61
2	69.08	57.26	2	128.34	2	85.27
3	69.08	2	2	73.08	1	73.08

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, el valor deducido más alto es de 98.61 y de acuerdo a ello se puede determinar el PCI.

Tabla 24. Cálculo del PCI para el segundo tramo a partir de la Ortofoto


PCI=100 - Max. VDC		Máx. VDC: 98.61		
PCI=	1.39	Rango: 1-10	CLASIFICACIÓN:	Fallado

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se observa los valores obtenidos a partir de la ortofoto generado desde las imágenes obtenidas del vehículo aéreo no tripulado y corresponde al tercer tramo.

Tabla 25. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo 3

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) - FOTOGRAMETRÍA AÉREA			
Nombre de la vía:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Fecha:	
Ubicación:	Puno - Puno -Puno			ESQUEMA:	
Evaluado por:	0 + 0090			Tramo:	3
Progresiva Inicial:	0 + 0160			Fecha:	26/04/2021
Progresiva final:				Área Muestra:	28 Losas
TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL MANUAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO					
21.- Blow up / Buckling	L,M,H	30.- Parcheo pequeño (menor de 0.45m ²)	L,M,H		
22.- Grieta de esquina	L,M,H	31.- Pulimentos de agregados	-		
23.- Losa dividida	L,M,H	32.- Popouts	-		
24.- Grieta de durabilidad "D"	L,M,H	33.- Bombeo	-		
25.- Escala o escalonamiento	L,M,H	34.- Punzonamiento	L,M,H		
26.- Sello de junta	L,M,H	35.- Cruce de vía ferrea	L,M,H		
27.- Desnivel Carril / Berma	L,M,H	36.- Desconchamiento, mapa de grietas, craquelados	L,M,H		
28.- Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, transversales y diagonales)	L,M,H	37.- Grieta de retracción	-		
29.- Parche grande (Mayor de 0.45m ²) y acometidas de servicios públicos	L,M,H	38.- Descascaramiento de esquina	L,M,H		
		39.- Descascaramiento de junta	L,M,H		
FALLAS EXISTENTES					
CÓDIGO DE FALLA	NIVELES DE SEVERIDAD:		BAJO: L	MEDIO: M	ALTO: H
	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
22M		6	21.43	29.77	
22H		8	28.57	49.71	
23M		1	3.57	8.98	
23H		22	78.57	85.16	
28L		6	21.43	10.57	
28H		13	46.43	43.89	
29M		14	50.00	33.01	
31-		27	96.43	9.66	
37H		3	10.71	0.18	
39L		2	7.14	1.54	



Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber realizado la inspección desde la ortofoto determinamos los valores deducidos del tercer tramo:

Tabla 26. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 3

N°	Valores Deducidos		Total	q	VDC
1	85.16	49.71	134.87	2	88.56
2	85.16	2	87.16	1	87.16

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, el valor deducido más alto es de 88.56 y de acuerdo a ello se puede determinar el PCI.


Tabla 27. Cálculo del PCI para el tercer tramo a partir de la Ortofoto

PCI=100 - Máx. VDC		Máx. VDC:		88.56
PCI=	11.44	Rango: 10 - 25	CLASIFICACIÓN:	MUY POBRE

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observa los valores obtenidos a partir de la ortofoto generado desde las imágenes obtenidas del vehículo aéreo no tripulado y corresponde al cuarto tramo.

Tabla 28. Ficha de registro con datos obtenidos de Ortofoto y valores obtenidos – Tramo 4

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) - FOTOGAMETRÍA AÉREA			
Nombre de la vía:	Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori			Fecha:	
Evaluated por:				Ubicación:	Puno - Puno -Puno
Progresiva Inicial:	0 + 0160	Tramo:	4	Fecha:	26/04/2021
Progresiva final:	0 + 0280	Área Muestra:	80	Losas	
TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL MANUAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO					
21.- Blow up / Buckling	L,M,H	30.- Parcheo pequeño (menor de 0.45m ²)	L,M,H		
22.- Grieta de esquina	L,M,H	31.- Pulimentos de agregados	-		
23.- Losa dividida	L,M,H	32.- Popouts	-		
24.- Grieta de durabilidad "D"	L,M,H	33.- Bombeo	-		
25.- Escala o escalonamiento	L,M,H	34.- Punzonamiento	L,M,H		
26.- Sello de junta	L,M,H	35.- Cruce de vía ferrea	L,M,H		
27.- Desnivel Carril / Berma	L,M,H	36.- Descorchamiento, mapa de grietas, craquelados	L,M,H		
28.- Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, transversales y diagonales)	L,M,H	37.- Grieta de retracción	-		
29.- Parche grande (Mayor de 0.45m ²) y acometidas de servicios públicos	L,M,H	38.- Descascaramiento de esquina	L,M,H		
		39.- Descascaramiento de junta	L,M,H		
FALLAS EXISTENTES					
CÓDIGO DE FALLA	NIVELES DE SEVERIDAD:		BAJO: L	MEDIO: M	ALTO: H
	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD %		VALOR DEDUCIDO
22	L	4	5,00		4,08
29	M	4	5,00		1,95
31	-	1	1,25		0,30



Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber realizado la inspección desde la ortofoto determinamos los valores deducidos del tercer tramo:

Tabla 29. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” – Tramo 4

N°	Valores Deducidos		Total	q	VDC
1	4.08	1.95	6.03	2	5.14
2	3.01	2	5.01	1	5.01

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, el valor deducido más alto es de 5.14 y de acuerdo a ello se puede determinar el PCI.

Tabla 30. Cálculo del PCI para el cuarto tramo a partir de la Ortofoto

PCI=100 - Máx. VDC		Máx. CDV:		5.14
PCI=	94.86	Rango: 10 - 25	CLASIFICACIÓN:	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Cuadro resumen de clasificación del estado del Jr. Beltrán Rivera utilizando la fotogrametría aérea

Tramos	Ancho (m)	Largo (m)	PCI	Clasificación
Tramo 1	3	2.5	12.65	Muy Pobre
Tramo 2	3	5	1.39	Fallado
Tramo 3	3.1	5	11.44	Muy Pobre
Tramo 4	3.1	3	94.86	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Cuadro comparativo de condición de pavimento rígido utilizando el método habitual y el uso de la fotogrametría aérea

Tramos	PCI – Método Habitual	PCI – Aplicando la fotogrametría aérea	Clasificación
Tramo 1	9.1	12.65	Muy Pobre
Tramo 2	3.19	1.39	Fallado
Tramo 3	11.44	11.44	Muy Pobre
Tramo 4	94.99	94.86	Excelente

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En el desarrollo de este trabajo de investigación para determinar la condición del pavimento rígido se realizó la evaluación por cuatro tramos de pavimento rígido, este aspecto se considera debido a que se encontró fallas de gran magnitud en los primeros tramos y se tuvo que realizar la evaluación en cada una de las losas. En el tramo 4 se observó que no se tiene fallas de consideración debido a que la construcción de mencionado tramo se realizó hace 4 años. Al emplear el método PCI con un 95% de confiabilidad, el resultado obtenido del pavimento es para el primer tramo “fallado” con un valor de PCI de 9.1, segundo tramo tuvo un valor de PCI 3.19 que corresponde a una clasificación de “fallado”, tercer tramo tuvo un valor de PCI 11.44 que corresponde a una clasificación de “Muy Pobre” y el cuarto obtuvo un valor de PCI de 94.99 que corresponde a una clasificación de “excelente”; para este método habitual o manual de PCI es necesario la intervención de personal capacitado, demanda mayor costo y mayor tiempo desde la recopilación de la información hasta mostrar el informe de evaluación.

Respecto a la evaluación del pavimento rígido aplicando la fotogrametría aérea con el uso de un Vehículo Aéreo no tripulado o Drone nos permitió determinar los resultados óptimos en la evaluación del pavimento rígido. El Drone con sus aspectos relevantes de captura de imágenes en 2D y 3D hizo que el tiempo de vuelo para el área establecida era de 8 min con 30 seg y se obtuvo imágenes de alta definición que luego se obtuvo la ortofoto.

Los resultados obtenidos desde la aplicación de la fotogrametría aérea son bastante similares a la evaluación tradicional que se realiza al pavimento rígido. Para el primer tramo se obtuvo un valor de PCI de 12.65 considerado dentro de la clasificación como “Muy Pobre”, en el segundo tramo se obtuvo un valor de PCI de 1.39 y corresponde a la clasificación de “fallado”, en el tercer tramo se obtuvo un valor de PCI de 11.44 considerándose como “Muy Pobre” y el cuarto tramo “excelente con un valor de PCI de 94.86. Estos resultados muestra la evaluación óptima en la utilización de la

fotogrametría aérea en menos tiempo y costo en comparación al método convencional de evaluación.

Según Toribio (2018), determinó los siguientes resultados, se desarrollaron planos de fallas para cada unidad de muestra y se tuvo que inspeccionar trece unidades de muestra y se determina que la falla con mayor incidencia es de “Parcheo” y “piel de cocodrilo”, estos resultados son obtenidos a partir del Drone y de las imágenes procesadas en alta resolución. Se concluyó que el método VANT como una herramienta de apoyo en la inspección permite determinar la vía suprimiendo las unidades de muestra y también los intervalos de muestras y con ello se gestiona las actividades para el mantenimiento de las vías urbanas. En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos del método PCI y VANT.

Tabla 33. Resultados obtenidos del método PCI habitual y Vehículo Aéreo No Tripulado

Unidad de muestra	Area (m2)	PCI convencional	VANT PCI	Diferencia
UM 01	240	54	54	0
UM 03	240	36	39	3
UM 05	240	18	18	0
UM 07	240	40	32	-8
UM 09	240	26	24	-2
UM 11	240	18	12	-6
UM 13	240	59	58	-1

Fuente: (Toribio, 2018)

Pucha y Zárate (2020), el objetivo es utilizar ortofotos para evaluar el estado de la superficie de las secciones rígidas de la carretera obtenidas mediante una VANT, Se encontraron seis tipos de deterioros y severidades desde baja hasta altas de tipo de daño grieta lineal en la zona de estudio, al utilizar la técnica VANT y la metodología PCI evaluaron 17 muestras de pavimento rígido de 40m de longitud cada una en tramo de 680 m, obteniéndose un total de 185 losas dañadas de un total de 340 losas de

pavimento rígido y en otra conclusión indica que se realiza una evaluación con el método tradicional, la técnica VANT donde indican que ambas mediciones produjeron resultados similares y la técnica VANT es adecuada porque permite obtener información precisa y a detalle de la superficie de la vía a partir de imágenes 2D y 3D.

Tabla 34. *Comparación entre la longitud real medida en sitio y mediante el procesamiento de imágenes aéreas VANT de grietas lineales identificadas en la vía de prueba*

Grietas lineales	Medida en sitio (m)	Medida VANT a 25 m (m)	Error (m)
G1	4,21	4,19	0,02
G2	3,25	3,26	0,01
G3	4,16	4,19	0,03
G4	4,23	4,25	0,02
G5	1,66	1,66	0,00
G6	4,21	4,20	0,01
G7	1,05	1,05	0,00

Fuente: (Pucha y Zárate, 2020)

VI. CONCLUSIONES

1. Se identificó la condición del pavimento rígido empleando la fotogrametría aérea y el método PCI en el Jr. Beltrán Rivera, Puno los resultados son obtenidos por tramos debido a la diferencia de dimensiones de losas, como promedio del primer al tercer tramo obtenemos un PCI promedio de 7.91 clasificándose como Fallado y a estos tramos se debe de intervenir con la urgente construcción de vía debido a que está en fase última. Respecto al cuarto tramo el PCI obtenido es de 94.99 clasificándose como Excelente y a este tramo se debe de intervenir con el mantenimiento. Sin embargo, el método de fotogrametría aérea nos permite determinar con mayor relevancia los resultados debido a que cuenta imágenes 2D y 3D, el recorrido para capturar las imágenes es rápido y no requiere de bastante personal; a diferencia del método manual de PCI es requiere la intervención de personal capacitado, demanda mayor costo y mayor tiempo desde la recopilación de la información hasta mostrar el informe de evaluación.
2. La aplicación de la fotogrametría aérea permitió evaluar la condición de pavimento rígido en el Jr. Beltrán Rivera – Puno, cubriendo un área de vuelo de 7429m², la vía de 1960m² constituidos por 4 tramos.
3. Se empleó el método de Índice de condición de pavimento, obteniendo fallas representativas como pulimento de agregados, losa dividida, parche grande, grietas lineales y grietas de esquina.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda verificar el área de vuelo, debido a que puedan existir edificios de bastante altura, antenas de telecomunicaciones y estos puedan afectar en el recorrido del Drone. La altura de vuelo recomendable en la ciudad de Puno es recomendable entre 25 a 40m. Se debe considerar el horario de vuelo aproximadamente al medio debido a la posición del sol y que la sombra no afecte las fotografías.
- 2.** De acuerdo al trabajo de investigación desarrolló se observó que las entidades encargadas carecen de estrategias y herramientas metodológicas para la adecuada evaluación de las vías de su jurisdicción. Para una mejor gestión de mantenimiento de trabajos en obras viales se recomienda el uso de la metodología propuesta por la norma ASTM – D6433 para la evaluación de la condición del pavimento y también se recomienda que utilicen el vehículo aéreo no tripulado que permite un mejor desempeño en la determinación de los resultados.
- 3.** De acuerdo a los resultados se recomienda a la entidad encargada de realizar la construcción de una nueva vía del tramo 1 al tramo 3 debido a que se clasifica como fallado estos tramos y los vehículos sufren desperfectos y daños.

REFERENCIAS

- ADOLFO, M.E.I. y PIZANO, R., 2014. Fotogrametría Digital: Instrumentos, métodos, productos y aplicaciones. *Fotogrametría Digital*. España: s.n., pp. 55.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA, 2019. Estudio de Percepción del Estado de Conservación de las Carreteras Españolas. *Estudio de Percepción del Estado de Conservación de las Carreteras Españolas*, no. MSSSI, pp. 1-7.
- ASTM-D6433-99, S.P. for R. and P. lots P.C.I.S., 1998. ASTM-D6433-99. ASTM-D6433-99, Standard Practice for Roadas and Parking lots Pavement Condition Index Surveys.
- BERNAOLA CHUQUILLANQUI, R.J., 2014. *Evaluación y determinación del índice de condición del pavimento rígido en la av. huancavelica, distrito chilca, huancayo*. s.l.: Universidad Nacional del centro del Perú.
- CALO, D. y FERNANDEZ, S., 2012. Proyecto y ejecución de reparaciones en pavimentos. *JORNADAS DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA*. San Salvador de Jujuy: s.n.,
- CGA, C. de G.A.N. del N., 2011. Principios de fotogrametría. *Fotointerpretación*. Universidad Nacional del Noreste.
- CORREO, 2016. La Victoria: el 80% de las pistas están deterioradas. [en línea]. [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/peru/la-victoria-el-80-de-las-pistas-estan-deterioradas-710042/>.
- CRUZ TORIBIO, J.O., 2018. *Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado*. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería.
- D. CARDOSO PARENTE, N. CARVALHO FELIX, A.P.P., 2018. Uso de vehículo aéreo no tripulado (VANT) en la identificación de falla superficial en pavimento asfáltico. *Revista ALCONPAT*, vol. 2, pp. 160-171. DOI <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161>.
- DA COSTA PRUDENTE PEREIRA, T.D., 2014. *Rigid Pavements Distresses - Pavement Condition Index Evaluation*. S.l.: Universidade de Nova de Lisboa - Portugal.
- DANIEL SANTOS, C., 2014. Fotogrametría usando plataforma aérea UAV (

- Unmanned Aerial Vehicle). *Upc*, pp. 29.
- DÁVALOS GONZALES, P., 2004. Aerofotogrametría Inteligente AFI. , pp. 1-51.
- DGIP, D. de E.E. del M. de T. y C., 2018. *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Lima - Perú: s.n. ISBN 9783642253874.
- ECUADOR, M., 2012. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. *Normas para pavimentos rígidos*. Ecuador: s.n., pp. 190.
- EISENBEI, H., ZURICH, E.T.H., EISENBEI, H. y ZÜRICH, E.T.H., 2009. *UAV photogrammetry*. S.l.: s.n.
- FAA, A.E.D.A., 2014. Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements. *Federal Aviation Administration* [en línea], pp. 52. Disponible en: https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/%0D.
- FIESTAS LEÓN, C.D. y MERINO RODRÍGUEZ, F.G., 2020. *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4490>.
- GRANDA HINOSTROZA, C.G., 2019. *Tesis: Evaluación de la Condición del Pavimento Rígido por el Método PCI en el Anillo Vial Tramo Chaupimarca-Yanacocha-Pasco 2018* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN. Disponible en: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7100/ICcrmaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P., 2014. *Metodología de la Investigación*. 6ta Edició. México D.F.: s.n. ISBN 9781626239777.
- INVIAS, 2006. Estudio E Investigación Del Estado Actual De Manual Para La Inspección Visual De. *Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Rígidos*, pp. 65.
- IRIGOYEN, J.L. y SIMO, L.F., 2016. Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación. *MOPC* [en línea], pp. 212. Disponible en: <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identificación-fallas.pdf>.
- KRZYSZTOF, B., 2013. Secrets of UAV Photomapping. [en línea], pp. 66. Disponible

en: www.pteryx.eu.

MONTEJO FONSECA, A., 2002. *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I*. S.l.: s.n.

NARVÁEZ OCHOA, P.S., 2018. *Modelo de predicción de la condición de pavimento en base al PCI, tiempo y volumen de tráfico en una vía de pavimento rígido. Caso de estudio Red Vial E50 tramo Loja-Zamora abscisas 29+000 a 57+000*. S.I.: UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA - Ecuador.

OJEDA, B., FLORES VELÁZQUEZ, W. y ONTIVEROS CAPURATA, R.E., 2016. *Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico*. . Primera ed. México: s.n., pp. 425. ISBN 978-607-9368-71-5.

OROZCO Y OROZCO, J.M., TÉLLEZ GUTIÉRREZ, R., SOLORIO MURILLO, R., PÉREZ SALAZAR, A., SÁNCHEZ LOO, M.A. y TORRAS ORTIZ, S., 2004. *Sistema de evaluación de Pavimentos: VERSION 2.0*. Publicación Técnica No 245. *Publicación técnica Querétaro*, no. 245. ISSN 0188-7297.

PEREZ A., J.A., 2001. *Apuntes de Fotogrametría*. 2001. Mérida: s.n.

PUBLIMETRO.PE, 2018. Lima: ¿a qué se debe el mal estado de las pistas? [en línea]. [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.publimetro.pe/actualidad/2016/08/16/locales-que-se-mal-estado-pistas-49282-noticia/>.

PUCHA AGUINSACA, P., ZÁRATE TORRES, B., 2020. Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado. *Avances: Investigación En Ingeniería*, vol. 17, no. 1, pp. 1-15. DOI 10.18041/1794-4953/avances.2.6599.

QUIROS ROSADO, E., 2014. *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil*. 1era Edici. España: Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones. ISBN 9788469713174.

RODRÍGUEZ, A.R., TÉLLEZ, R., PAUL, G. y ANGUAS, G., 1998. PAVIMENTOS. PROBLEMÁTICA, METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS. [en línea], no. 104. ISSN 0188-7297. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf>.

RUBÉN HOSFORD SAING, H.B.V., 2009. *Metodología de la Investigación Científica*.

- Métodos y Técnicas Aplicadas a la Investigación en Atención Primaria de Salud* [en línea], pp. 53. Disponible en: <http://files.sld.cu/iss/2009/02/cursos-metodologia.pdf>
- SÁNCHEZ, E.B., 2003. La investigación científica : Teoría y metodología. *Diciembre*, pp. 1-110.
- SOTIL CHÁVEZ, A., 2014. Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. *Infraestructura Vial*, vol. 16, no. 28, pp. 13-24. ISSN 2215-3705.
- SPRINSKY, W.H., 2000. Photogrammetry instruction in a civil engineering technology. *ASEE Annual Conference Proceedings*, pp. 4679-4692. ISSN 01901052. DOI 10.18260/1-2--8625.
- TORRADO, E., ORLANDO, J., JIMÉNEZ, C., JAIRO, J. y DÍAZ, P., 2016. Ortomosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV. *Tecnura*, vol. 20, no. 50, pp. 119-140. ISSN 0123-921X. DOI 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a09.
- VASCONCELOS FERNANDES, R. T.; FONSECA CABRAL, A.; BATISTA DANTAS, G. C.; VARELA TINOCO, V. N.; AZEVEDO DA SILVEIRA, B. D.; SOUSA JUNIOR, A.M., 2021. Mapeo de manifestaciones patológicas en pavimento asfáltico por medio del uso de drones. *Revista ALCONPAT*, vol. 1, pp. 61-72. DOI <https://doi.org/10.21041/ra.v1i1.521>.
- VASQUEZ VARELA, L.R., 2002. Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. *02/2002* [en línea], pp. 90. Disponible en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>.
- WALKER, D., 2002. Concrete Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Manual. [en línea], pp. 28. Disponible en: <http://www.nature.com/doi/10.1038/181462b0>.
- ZARATE FALCONI, J.P., 2019. *Plan de mantenimiento vial para la vía Biblián – Zhud, en los tramos de pavimento rígido*. S.l.: s.n.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables y matriz de consistencia

Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Condición de Pavimento	El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo.	Determinar el deterioro del pavimento evaluando integrando ambos métodos.	Evaluación a partir de métodos	Parámetros de evaluación	Intervalo
			Identificación de irregularidades	Fallas del pavimento rígido	Nominal
			Condición de pavimento	Evaluación de ambos métodos	Ordinal y Nominal
Método PCI	Esta metodología permite determinar los distintos tipos de fallas que existen en los pavimentos (flexibles y rígidos).	Determinar la condición del pavimento rígido utilizando la metodología de de Índice de condición de pavimento.	Inspección de campo	Parámetros de evaluación	Nominal
			Identificación de irregularidades	Fallas del pavimento rígido	Ordinal
			Índice de condición de pavimento	Evaluación habitual	Intervalo
Fotogrametría aérea	La fotogrametría aérea se toma en una plataforma especial utilizando fotos aéreas tomadas con una cámara, estas fotos aéreas se toman en condiciones geométricas, por lo que los planos y mapas de grandes áreas se pueden preparar con precisión y rapidez.	Aplicar la fotogrametría aérea para determinar la condición del pavimento rígido.	Planeación	Plan de vuelo	Nominal
			Georeferenciación	Imágenes georeferenciadas	Nominal
			Procesamiento de las imágenes	Ortofotos, nube de puntos y mallas	Nominal


Matriz de consistència

Título: Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.

Autor: Helarf Ferrer Calsina Condoni

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores			
			Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Tipo y diseño de Investigación
Problema General: ¿Cómo determinar la condición del Pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021?	Objetivo general: Determinar de la condición del Pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.	Hipótesis general: Empleando fotogrametría aérea y el método PCI se determina la condición del pavimento rígido en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.	Variable Dependiente: Condición del pavimento rígido			
			Evaluación a partir de métodos	Parámetros de evaluación	Fichas de evaluación	TIPO DE INVESTIGACIÓN La presente investigación se considera aplicada porque se resuelve un problema y se dará a conocer la situación de conservación de las vías urbanas y es descriptiva porque se realizará una inspección visual en el Jr. Beltrán Rivera para luego realizar el mantenimiento correspondiente en las vías. ENFOQUE: Mixto (Cualitativo y Cuantitativo) DISEÑO: No experimental TÉCNICAS: -Análisis Documental. -Observación Visual INSTRUMENTOS: -Datos asumidos -Software Aplicativo -Bibliografía referente a análisis pavimentos. - Fichas de registro
			Identificación de irregularidades	Fallas del pavimento rígido	Fichas de evaluación	
condición de pavimento	Evaluación de ambos métodos	Fichas de evaluación				
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable Independiente 1: Fotogrametría aérea			
			Dimensiones	Indicadores	Instrumento	
¿Cómo se determina el tipo de falla de su densidad y severidad empleado el método de Índice de condición de Pavimento?	Determinar el tipo de falla de su densidad y severidad empleado el método de Índice de condición de Pavimento	Empleando el método de Índice de Condición de Pavimento evalúa el tipo de falla según su densidad y severidad.	Método de Índice de condición de pavimento(PCI)	Intervalos de clasificación PCI	Fichas de registro	
¿Cómo la fotogrametría aérea desarrolla la evaluación de la condición del pavimento rígido ?	Evaluar la condición del pavimento rígido mediante la fotogrametría aérea.	La aplicación de la fotogrametría aérea evalúa la condición del pavimento rígido.	Variable Independiente 2: Método PCI			
			Planeación	Plan de vuelo	Software de aplicación	
			Georeferenciación	Imágenes georeferenciadas	Software de aplicación	
			Procesamiento de las imágenes	Ortofotos y nube de puntos	Software de aplicación	

Instrumento de validación para el registro de vuelo del Drone

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
	FICHA DE REGISTRO VUELO DRONE	
FICHA DE REGISTRO VUELO DRONE	Piloto:	
	ubicación:	
	Fecha:	
	Lugar:	
PLAN DE VUELO	Marca Drone	
	Tiempo de Vuelo	
	GSD	
	Altura de vuelo	
	Velocidad de Subida y aterrizaje	
	Traslape H/V	
	Velocidad de Vuelo	
	Formato de Imagen	
	Tamaño de Imagen	
PUNTOS DE CONTROL	Estación Total	
	Hora Inicio	
	Hora Fin	
	Total de Puntos	
IMÁGENES DEL DRONE	Total de Imágenes	
	Software de Procesamiento	
	Nube de Puntos	
	Ortofoto:	


 Ing. Ewald Camacho
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 103695


 Miguel Suarez (Miguel Suarez)
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 103695


 MIGUEL SUAREZ (Miguel Suarez)
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 103695

ANEXO 3. Pantallazo del turnitin

Feedback Studio - Mozilla Firefox

https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1114510721&ts=1&student_user=1&lang=es&o=1594026457

90%

feedback studio Helarf Ferrer Calsina Condori Tesis_Calsina

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021."

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Bacht, Calsina Condori, Helarf Ferrer
<https://orcid.org/0000-0002-8565-805X>

ASESOR:
Mg. Benites Zuñiga, Jose Luis
<https://orcid.org/0000-0003-4458-494X>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Página: 1 de 73 Número de palabras: 12539 Text-only Report | High Resolution Activado

ANEXO 4. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS

Título: Evaluación de la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea en el Jr. Beltrán Rivera, Puno - 2021.

Autor: Bach. Helarf Ferrer Calsina Condori

- Cuadro resumen de clasificación y condición del pavimento rígido del Jr. Beltrán Rivera utilizando el método habitual.

Tramos	Ancho (m)	Largo (m)	PCI	Clasificación
Tramo 1	3	2.5	9.1	Fallado
Tramo 2	3	5	3.19	Fallado
Tramo 3	3.1	5	11.44	Muy Pobre
Tramo 4	3.1	3	94.99	Excelente

- Cuadro resumen de clasificación y condición del pavimento rígido del Jr. Beltrán Rivera utilizando el método habitual.

Tramos	Ancho (m)	Largo (m)	PCI	Clasificación
Tramo 1	3	2.5	12.65	Muy Pobre
Tramo 2	3	5	1.39	Fallado
Tramo 3	3.1	5	11.44	Muy Pobre
Tramo 4	3.1	3	94.86	Excelente

- Cuadro comparativo de condición de pavimento rígido utilizando el método habitual y el uso de la fotogrametría aérea.

Tramos	PCI – Método Habitual	PCI – Aplicando la fotogrametría aérea	Clasificación
Tramo 1	9.1	12.65	Muy Pobre
Tramo 2	3.19	1.39	Fallado
Tramo 3	11.44	11.44	Muy Pobre
Tramo 4	94.99	94.86	Excelente

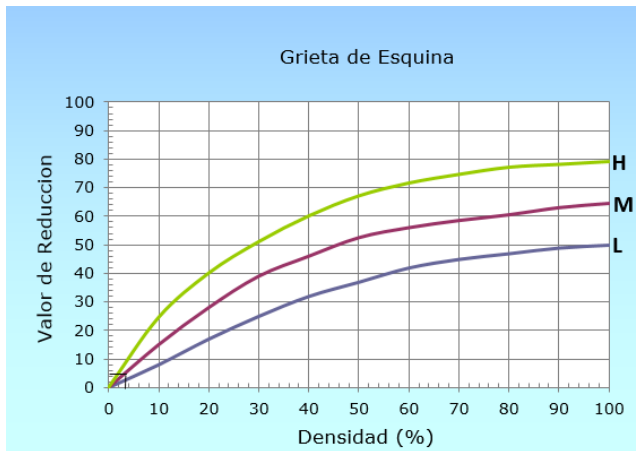



Helarf Ferrer Calsina Condori
INGENIERO CIVIL
CIP. 103695

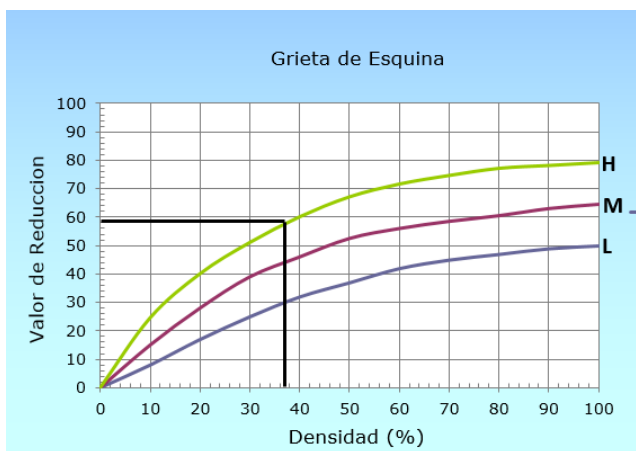
ANEXOS 5. Hoja de cálculos (cuadros y figuras de excel)

Resultados de PCI - Tramo 2

✓ Grieta de esquina – Tramo 2

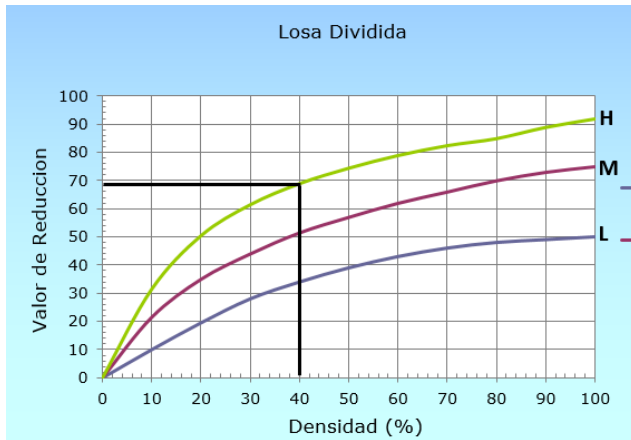


Severidad Media	
Densidad (%) =	3.33
Valor Deducido =	5.12



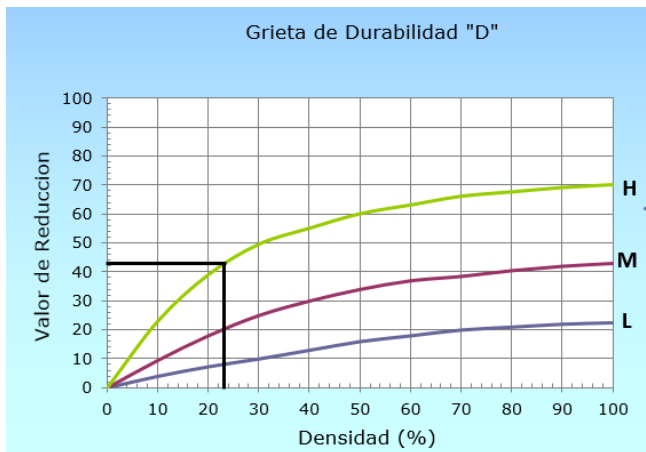
Severidad Alta	
Densidad (%) =	36.67
Valor Deducido =	57.26

✓ Losa dividida - Tramo 2



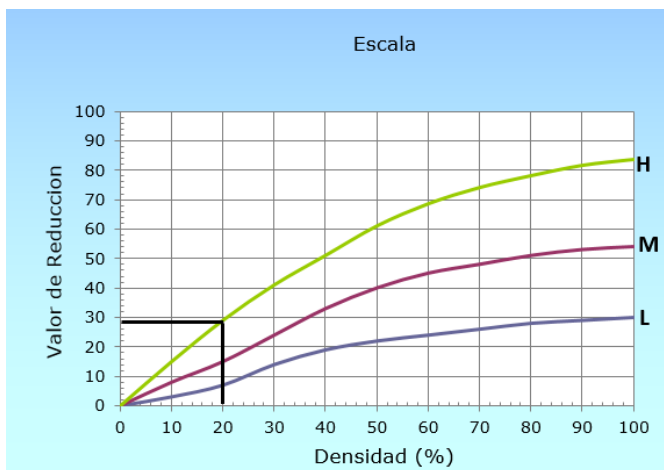
Severidad Alta	
Densidad (%) =	40.00
Valor Deducido =	69.08

✓ Grieta De Durabilidad - Tramo 2



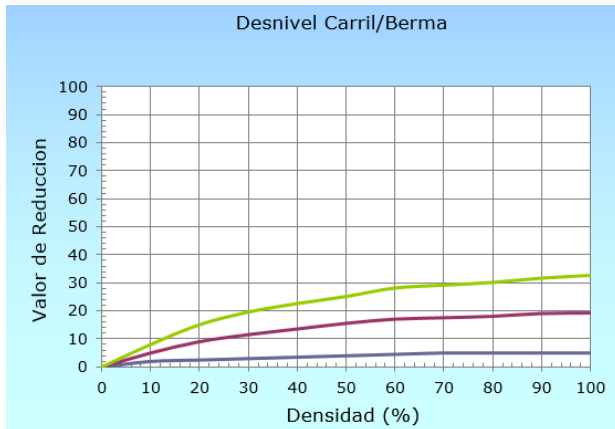
Severidad Alta	
Densidad (%) =	23.33
Valor Deducido =	42.96

✓ Escala - Tramo 2



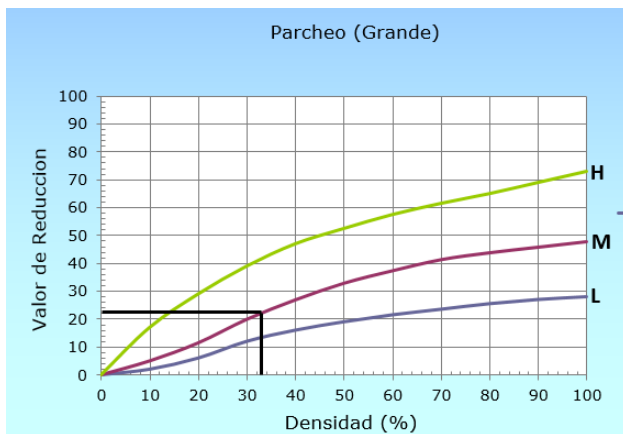
Severidad Alta	
Densidad (%) =	20.00
Valor Deducido =	28.72

✓ **Desnivel – Tramo 2**

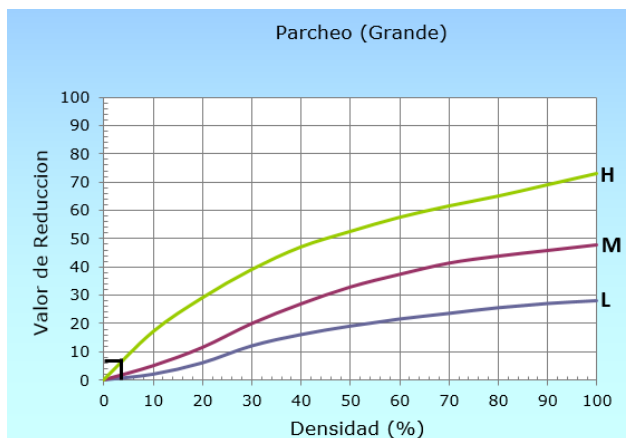


Severidad Media	
Densidad (%) =	3.33
Valor Deducido =	1.83

✓ **Parqueo (Grande) – Tramo 2**

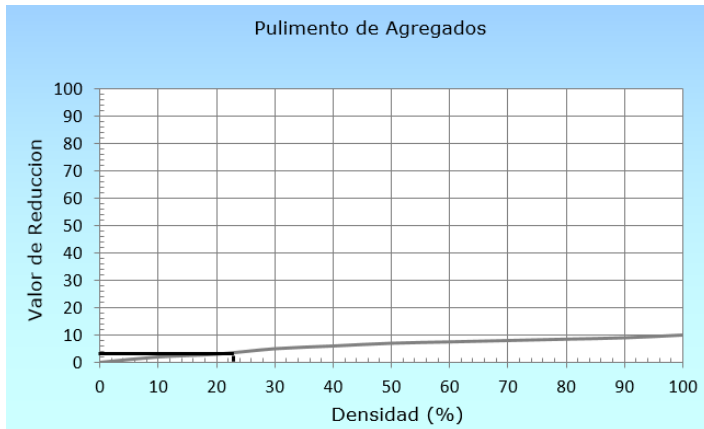


Severidad Media	
Densidad (%) =	33.33
Valor Deducido =	22.22



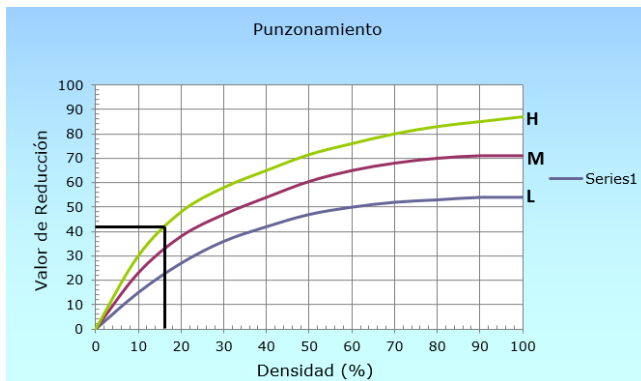
Severidad Alta	
Densidad (%) =	3.33
Valor Deducido =	6.31

✓ Pulimento De agregados - Tramo 2



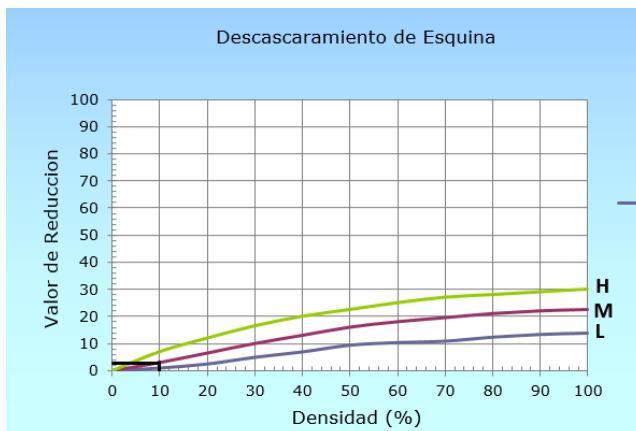
Densidad (%) =	23.00
Valor Deducido =	3.76

✓ Punzonamiento

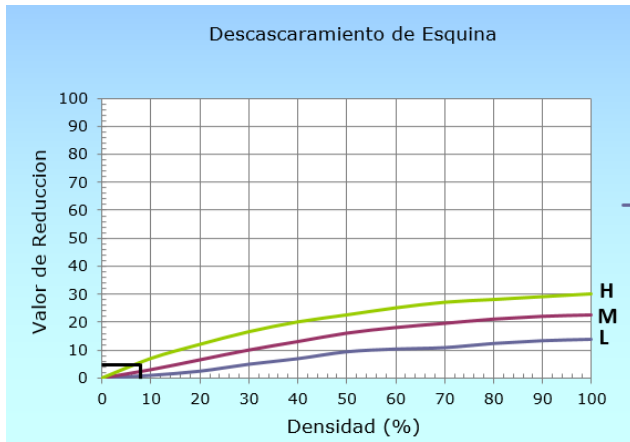


Severidad Alta	
Densidad (%) =	16.67
Valor Deducido =	42.84

✓ Descascaramiento de esquina

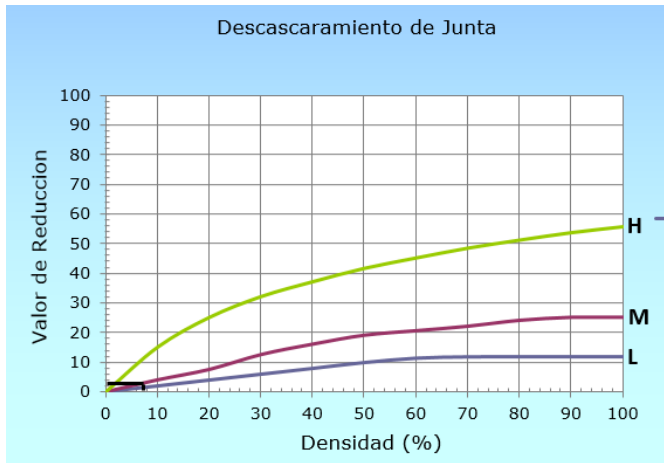


Severidad Media	
Densidad (%) =	10.00
Valor Deducido =	3.04

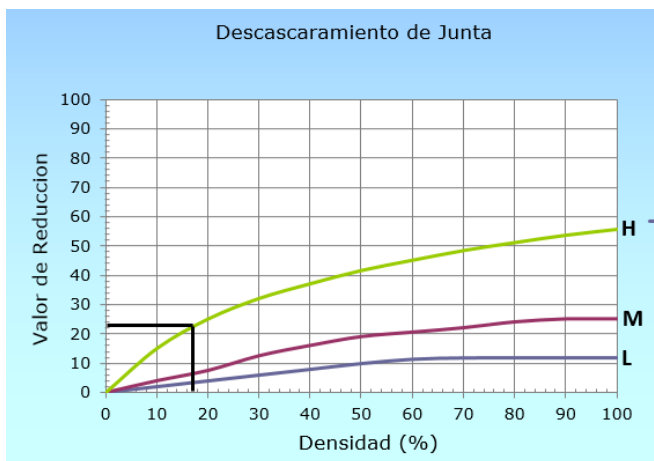


Severidad Alta	
Densidad (%) =	6.67
Valor Deducido =	4.80

✓ Descascaramiento de junta



Severidad Media	
Densidad (%) =	6.67
Valor Deducido =	2.50



Severidad Alta	
Densidad (%) =	16.67
Valor Deducido =	22.09

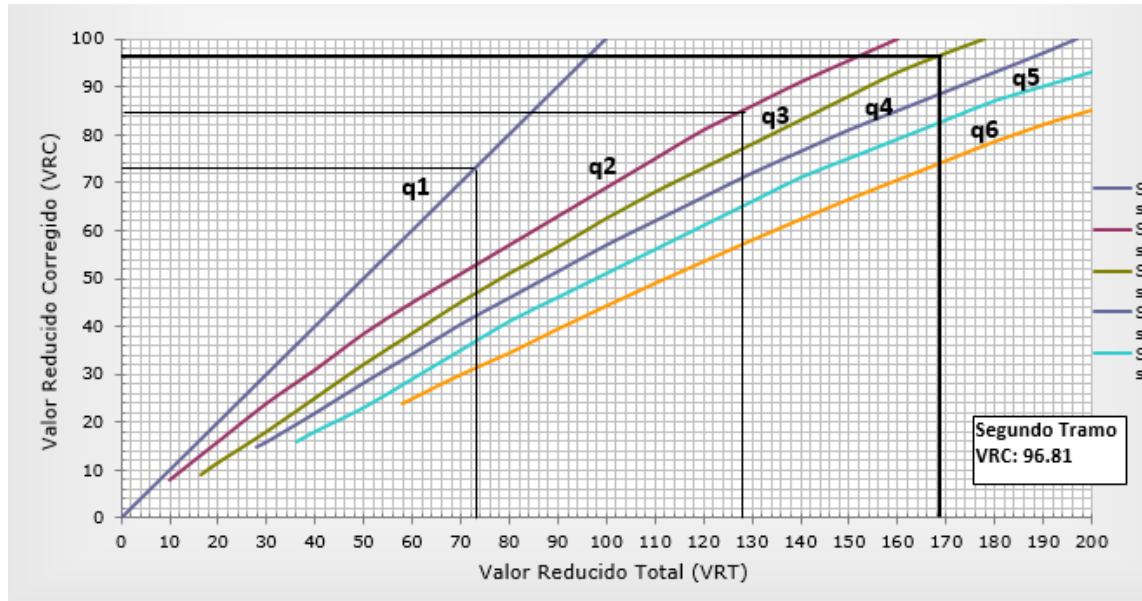
✓ Valores deducidos corregidos para pavimentos

q=1	
VRT =	73.08
VDC =	73.08

q=2	
VRT =	128.34
VDC =	85.27

q=3	
VRT =	169.30
VDC =	96.81

✓



✓

Máximo VDC = **96.81**

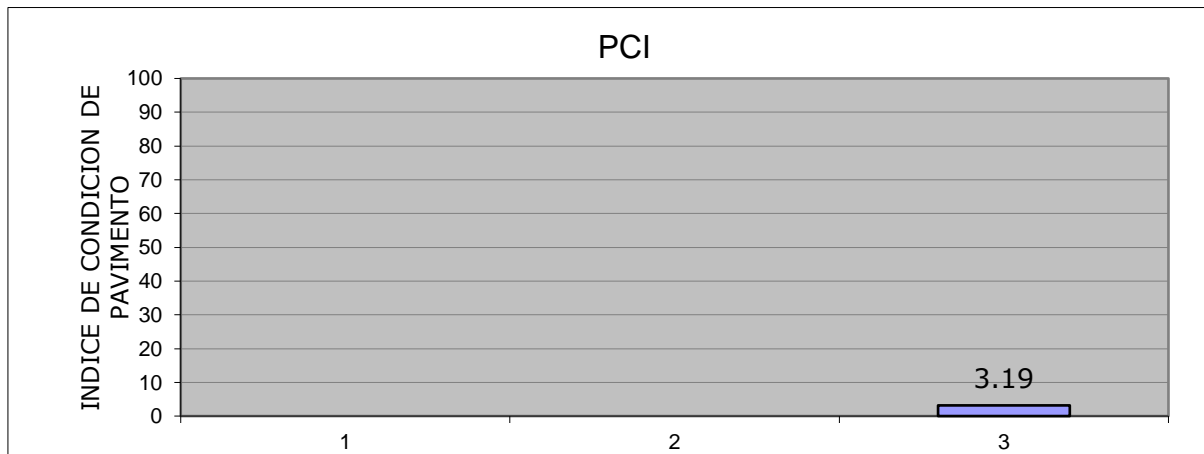
PCI = 100 – Máximo VDC

PCI = 100 – 96.81

PCI = **3.19**

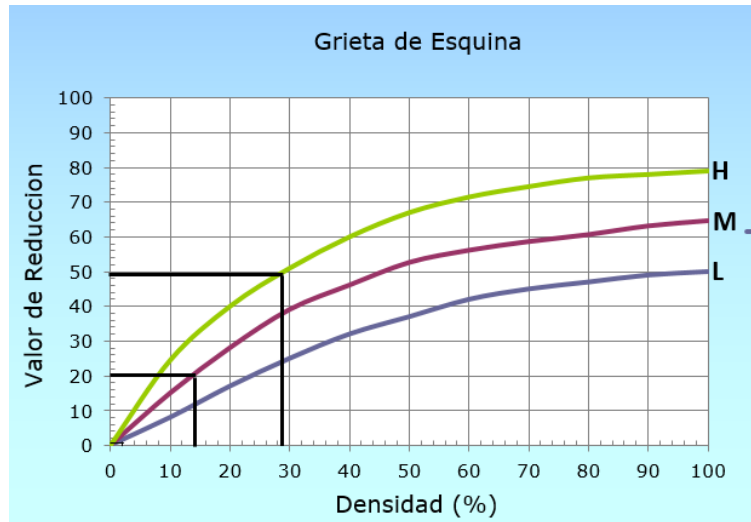
Clasificación =

FALLADO



Resultados de PCI - Tramo 3

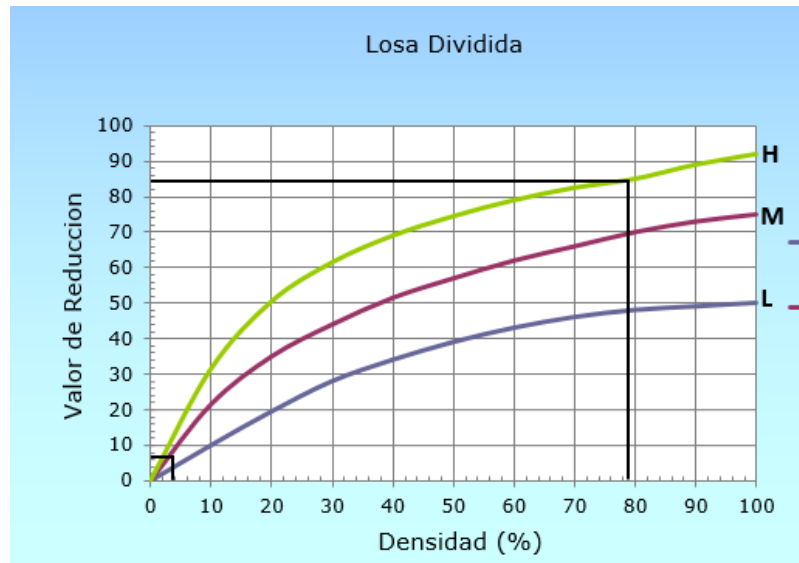
✓ Grieta de esquina 22 M



Severidad Media 22M	
Densidad (%) =	14.29
Valor de Reducción =	20.88

Severidad Alta - 22 H	
Densidad (%) =	28.57
Valor de Reducción =	49.71

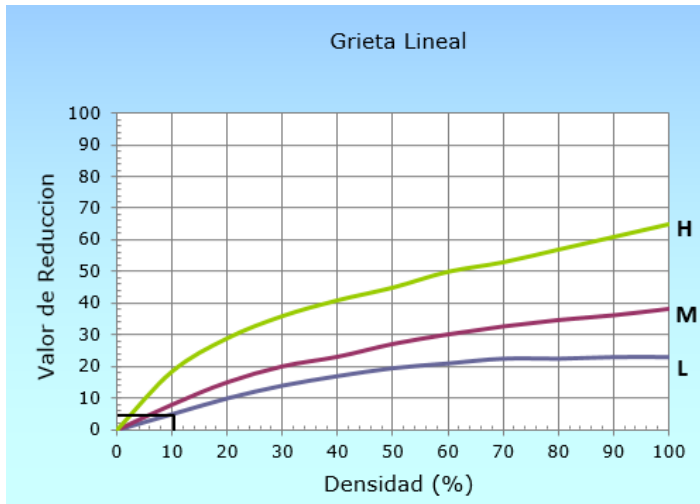
✓ Losa dividida



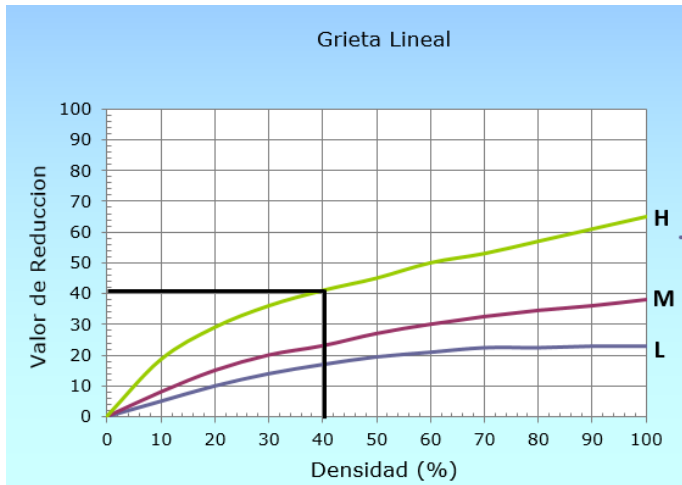
Severidad Media - 23 M	
Densidad (%) =	3.57
Valor Deducido =	8.98

Severidad Alta - 23 H	
Densidad (%) =	78.57
Valor Deducido =	85.16

✓ Grieta lineal

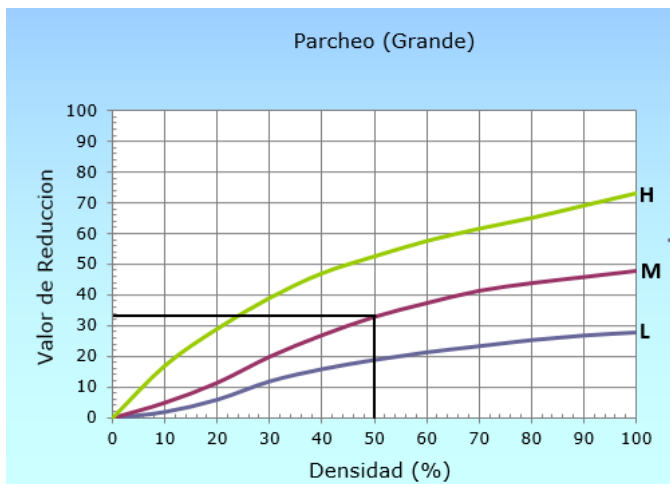


Severidad Baja	
Densidad (%) =	21.43
Valor Deducido =	10.57



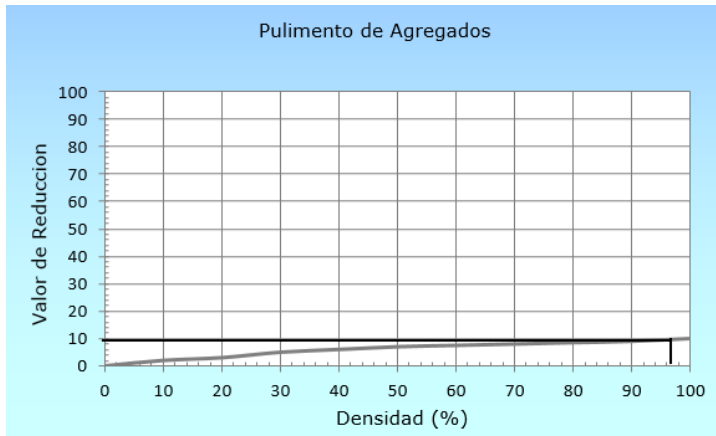
Severidad Alta - 28 H	
Densidad (%) =	39.29
Valor Deducido =	40.65

✓ Parcheo



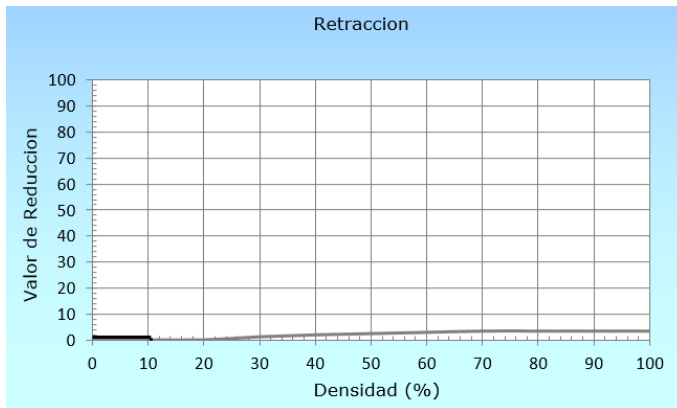
Severidad Media - 29 M	
Densidad (%) =	50.00
Valor Deducido =	33.01

✓ Pulimento de agregados



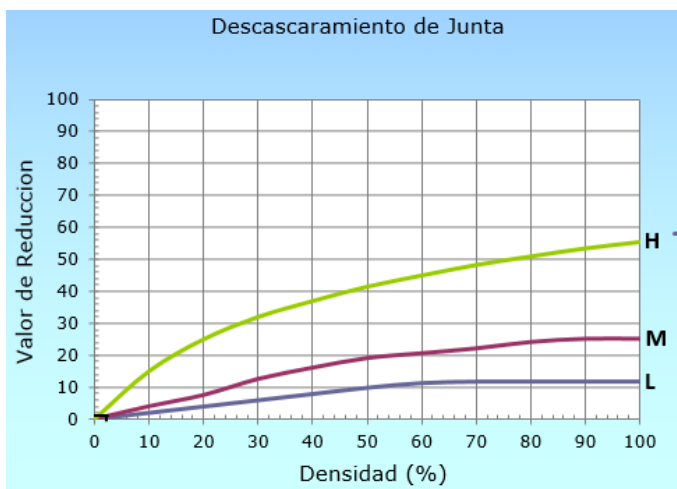
Densidad (%) =	96.43
Valor de Reducción =	9.66

✓ Retracción



Densidad (%) =	10.71
Valor Deducido =	0.18

✓ Descascaramiento de Junta

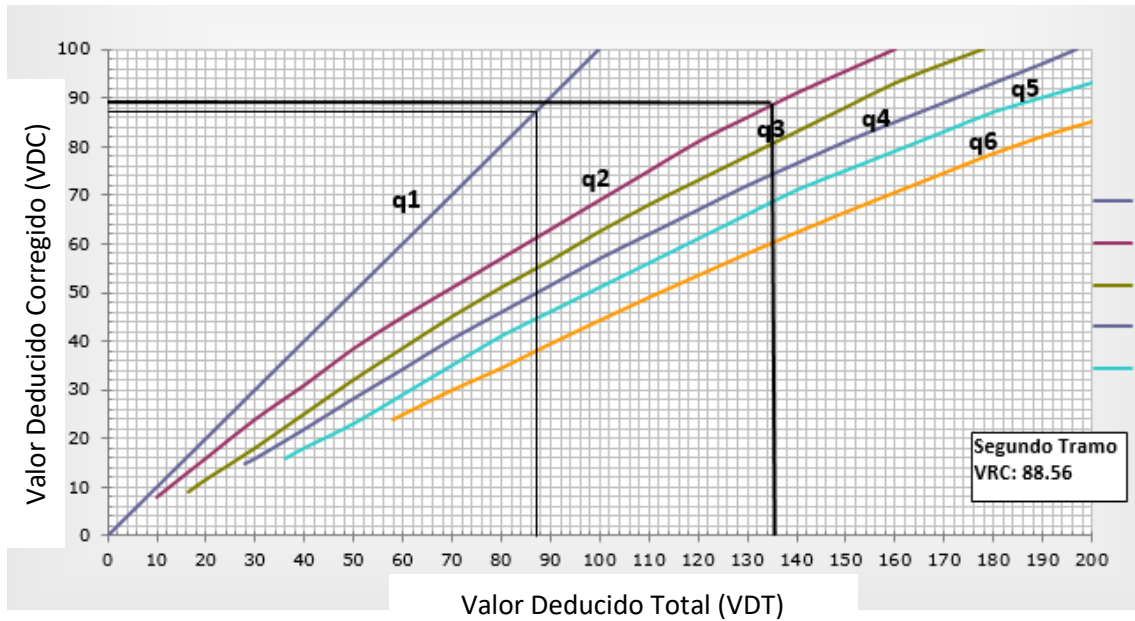


Severidad Baja	
Densidad (%) =	3.57
Valor Deducido =	0.82

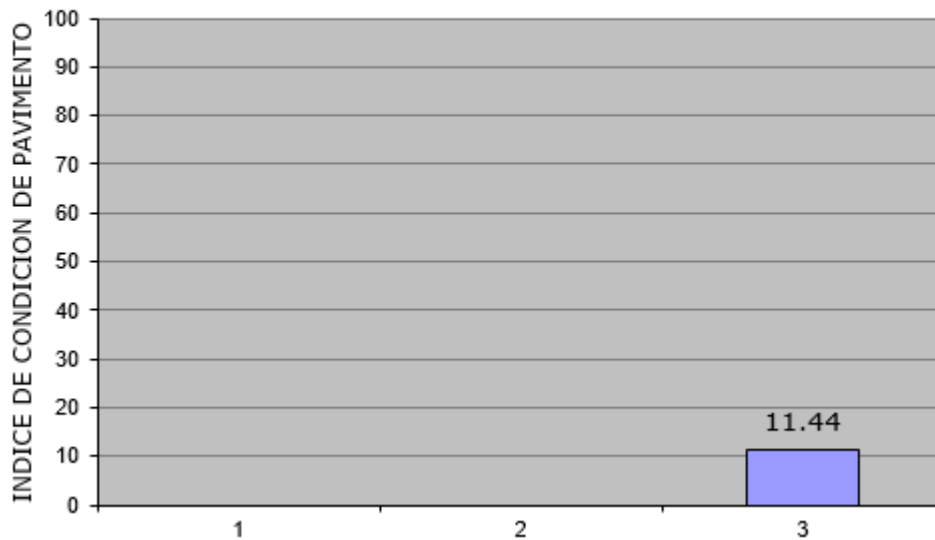
✓ **Valores deducidos VDC**

q=1	
VDT =	87.16
VDC =	87.16

q=2	
VDT =	134.87
VDC =	88.56

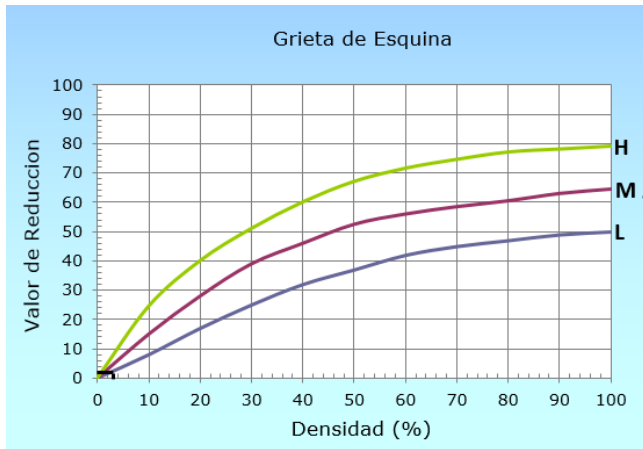


PCI



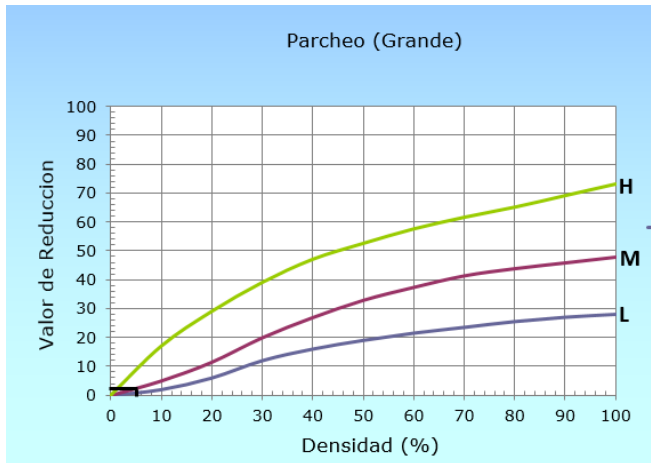
Resultados de PCI - Tramo 4

✓ **Grieta de Esquina**



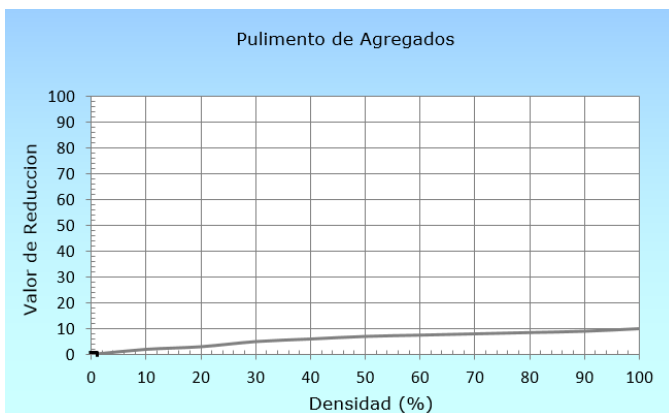
Severidad Baja	
Densidad (%) =	3.75
Valor Deducido =	3.01

✓ **Parqueo (Grande)**



Severidad Media - 29 M	
Densidad (%) =	5.00
Valor Deducido =	1.95

✓ **31 Pulimento de agregados**



Densidad (%) =	1.25
Valor Deducido =	0.30

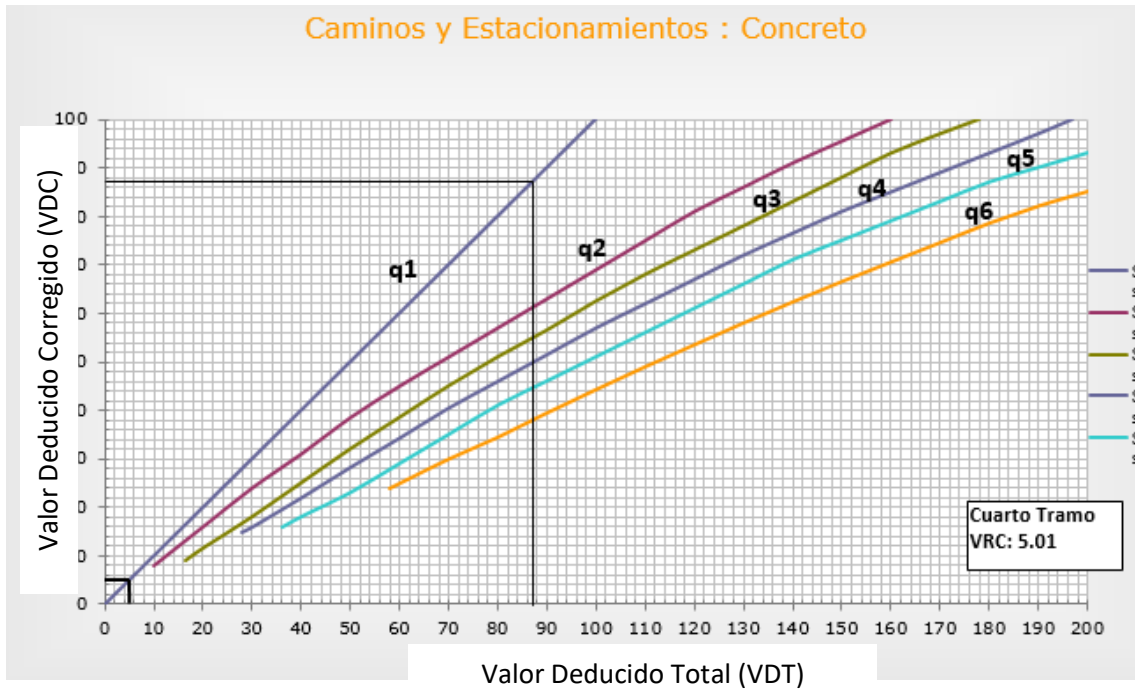
✓

q=1	
VRT =	5.01
VDC =	5.01

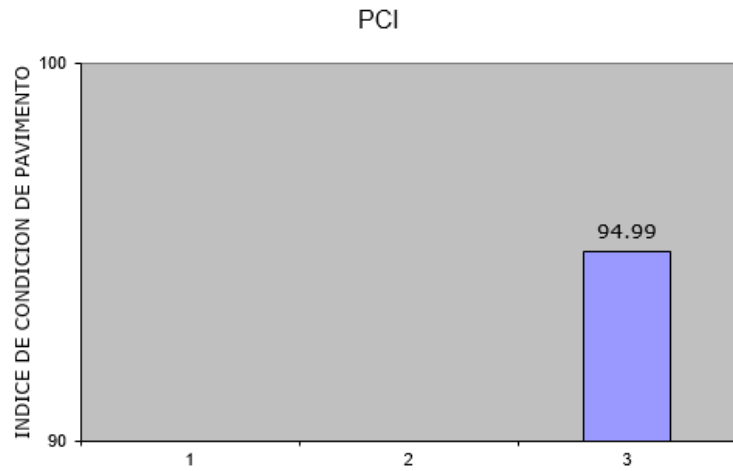
q=2	
VRT =	4.96
VDC =	4.40

✓

✓



✓ **Resultados PCI**



ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Determinación de dimensión de losa



Verificación del tipo de falla y determinación de dimensiones



Falla de tipo escala



Falla de tipo Pulimento de agregados



Falla de tipo pulimento de agregados



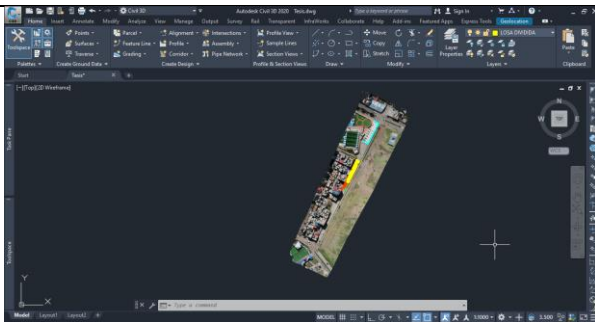
Vista de vía



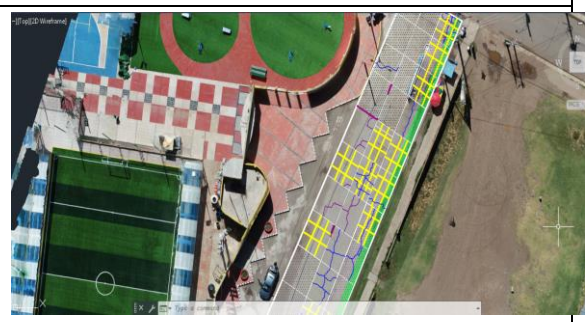
Punto de control 1



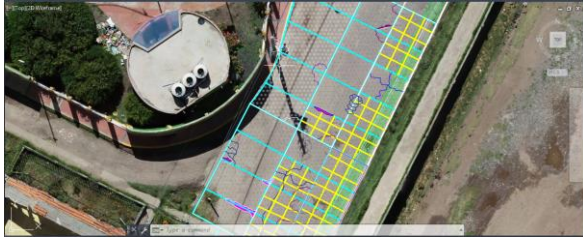
Punto de control 2



Ortofoto del Jr. Beltrán Rivera - Puno



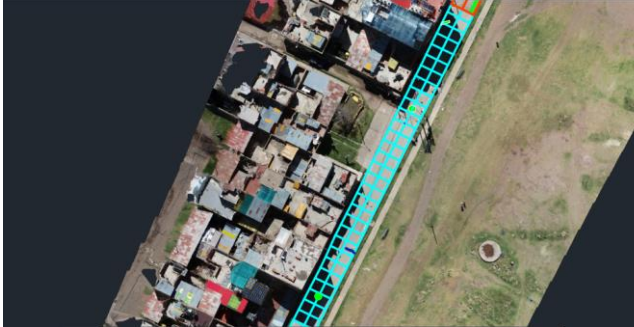
Evaluación de Fallas – Primer Tramo



Evaluación de fallas tramo 2



Evaluación de fallas tramo 3




Evaluación de fallas tramo 4



Drone Utilizado Phantom 4 v2 Pro

ANEXO 7. COMPROBANTE DE PAGO DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2

GEODESIA Y TOPOGRAFIA S.A.C. AV. TOMAS MARSANO 2380 URB. AURORA OTRO 2388 MIRAFLORES - LIMA - LIMA		FACTURA ELECTRONICA RUC: 20524743532 E001-3507																						
Fecha de Vencimiento : 05/11/2020 Fecha de Emisión : 04/11/2020 Señor(es) : FERRER INGENIEROS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA RUC : 20448243614 Dirección del Cliente : --- AZIRUNI - URB. AZIRUNI III ETAPA ZONA B MZA. B LOTE. 21 A MEDIA CDR DE LA CANCHA DE TEPRO PUNO-PUNO-PUNO Tipo de Moneda : SOLES Observación : TRANSFERENCIA BCP SOLES 03.11.2020 OP:5899329		GUIA DE REMISION REMITENTE : 0001 15742																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Cantidad</th> <th style="text-align: center;">Unidad Medida</th> <th style="text-align: center;">Código</th> <th style="text-align: center;">Descripción</th> <th style="text-align: center;">Valor Unitario</th> <th style="text-align: center;">ICBPER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">UNIDAD</td> <td style="text-align: center;">MDVVPHANTO</td> <td>DRONE MARCA PHANTOM MODELO 4 PRO V2.0 - LA</td> <td style="text-align: right;">5744.07</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">UNIDAD</td> <td style="text-align: center;">CPPT000601</td> <td>BATERIA INTELIGENTE DE VUELO 5870MAH MARCA DJI MODELO P4 PARTE 64</td> <td style="text-align: right;">724.576</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> </tbody> </table>					Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario	ICBPER	1.00	UNIDAD	MDVVPHANTO	DRONE MARCA PHANTOM MODELO 4 PRO V2.0 - LA	5744.07	0.00	1.00	UNIDAD	CPPT000601	BATERIA INTELIGENTE DE VUELO 5870MAH MARCA DJI MODELO P4 PARTE 64	724.576	0.00		
Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario	ICBPER																			
1.00	UNIDAD	MDVVPHANTO	DRONE MARCA PHANTOM MODELO 4 PRO V2.0 - LA	5744.07	0.00																			
1.00	UNIDAD	CPPT000601	BATERIA INTELIGENTE DE VUELO 5870MAH MARCA DJI MODELO P4 PARTE 64	724.576	0.00																			
Valor de Venta de Operaciones Gratuitas : <input style="width: 100px;" type="text" value="S/ 0.00"/>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 80%;">Sub Total Ventas :</td><td style="text-align: right;">S/ 6,468.65</td></tr> <tr><td>Anticipos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Descuentos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Valor Venta :</td><td style="text-align: right;">S/ 6,468.65</td></tr> <tr><td>ISC :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>IGV :</td><td style="text-align: right;">S/ 1,164.35</td></tr> <tr><td>ICBPER :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Cargos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Tributos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Importe Total :</td><td style="text-align: right;">S/ 7,633.00</td></tr> </table>		Sub Total Ventas :	S/ 6,468.65	Anticipos :	S/ 0.00	Descuentos :	S/ 0.00	Valor Venta :	S/ 6,468.65	ISC :	S/ 0.00	IGV :	S/ 1,164.35	ICBPER :	S/ 0.00	Otros Cargos :	S/ 0.00	Otros Tributos :	S/ 0.00	Importe Total :	S/ 7,633.00
Sub Total Ventas :	S/ 6,468.65																							
Anticipos :	S/ 0.00																							
Descuentos :	S/ 0.00																							
Valor Venta :	S/ 6,468.65																							
ISC :	S/ 0.00																							
IGV :	S/ 1,164.35																							
ICBPER :	S/ 0.00																							
Otros Cargos :	S/ 0.00																							
Otros Tributos :	S/ 0.00																							
Importe Total :	S/ 7,633.00																							
<p style="text-align: center;">SON: SIETE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y TRES Y 00/100 SOLES</p> <div style="text-align: center;">  </div>																								
Esta es una representación impresa de la factura electrónica, generada en el Sistema de SUNAT. Puede verificarla utilizando su clave SOL.																								

ANEXO 7. Ficha técnica del Drone Phantom 4 v2

TECH+

PHANTOM 4 PRO V2.0

El Phantom 4 Pro V2.0 otorga a los cineastas una libertad creativa absoluta. El sistema de transmisión OcuSync 2.0 HD garantiza conectividad estable y confiabilidad, cinco direcciones de detección de obstáculos garantizan seguridad adicional, y un controlador remoto dedicado con una pantalla incorporada garantiza una mayor precisión y control.



ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS

- 4K / 60 fps
- Obturador mecánico
- OcuSync 2.0 Sistema de transmisión
- Sensor de 1 pulgada
- 5 direcciones detección de obstáculos
- 30 minutos máximo tiempo de vuelo

TECH+



CÁMARA

- + Sensor Píxeles efectivos CMOS de 1 pulgada : 20M
- + Lente FOV 84° 8.8 mm / 24 mm (equivalente al formato de 35 mm) f / 2.8-f / 11 enfoque automático a 1 m[∞]
- + Rango ISO Video: 100-3200 (Auto) 100-6400 (Manual) Foto: 100-3200 (Auto) 100-12800 (Manual)
- + Velocidad de obturación mecánica 8-1 / 2000 s
- + Velocidad de obturación electrónica 8-1 / 8000 s
- + Tamaño de la imagen Relación de aspecto 3: 2: 5472 × 3648 Relación de aspecto 4: 3: 4864 × 3648 Relación de aspecto 16: 9: 5472 × 3078

TECH+



- + Tamaño de imagen PIV
4096 × 2160 (4096 × 2160 24/25/30/48 / 50p)
3840 × 2160 (3840 × 2160 24/25/30/48/50 / 60p)
2720 × 1530 (2720 × 1530 24/25/30/48 / 50 / 60p)
1920 × 1080 (1920 × 1080 24/25/30/48/50/60 / 120p)
1280 × 720 (1280 × 720 24/25/30/48/50/60 / 120p)
- + Modos de fotografía fija
Disparo en ráfaga de disparo único: 3/5/7/10/14 cuadros
Horquillado de exposición automática (AEB): 3/5 cuadros entre corchetes a 0.7 EV
Intervalo de sesgo : 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
- + Max Video Bitrate
100 Mbps
- + Sistemas de archivos compatibles
FAT32 (≤32 GB); exFAT (> 32 GB)
- + Foto
JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
- + Vídeo
MP4 / MOV (AVC / H.264; HEVC / H.265)
- + Tarjetas SD compatibles
Capacidad máxima de microSD : 128 GB
Velocidad de escritura ≥15MB / s, requiere clase 10 o clasificación UHS-1