



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Evaluación superficial del pavimento flexible con el Método PCI
mediante la fotogrametría aérea en la Circunvalación Este,
Huanta-Ayacucho- 2019”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Ventura Fernández, Ehlers Zhamild (ORCID: 0000-0002-8330-9307)

ASESOR:

Mg. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID: 000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera; asimismo, agradecer a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por su amor y apoyo incondicional en todo momento. Agradecer a la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo por brindarme conocimientos a través de sus docentes. A mi asesor por el apoyo brindado en las investigaciones realizadas y la elaboración de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula-----	i
Dedicatoria-----	ii
Agradecimiento-----	iii
Índice de contenidos-----	iv
Índice de tablas-----	v
Índice de figuras-----	vi
Resumen-----	ix
Abstract-----	x
I. INTRODUCCIÓN-----	1
II. MARCO TEÓRICO -----	5
III. METODOLOGÍA-----	48
3.1. Tipo y diseño de investigación-----	48
3.2. Variables y operacionalización-----	49
3.3. Población, muestra, muestreo-----	50
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	52
3.5. Procedimiento-----	54
3.6. Método de análisis de datos-----	54
3.7. Aspectos éticos-----	54
IV. RESULTADOS-----	55
V. DISCUSIÓN-----	75
VI. CONCLUSIONES-----	79
VII. RECOMENDACIONES-----	80
REFERENCIAS-----	81
ANEXOS-----	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rango de Clasificación de la condición del pavimento flexible -----	26
Tabla 2: Tamaño del sensor con diferentes tipos de cámara -----	44
Tabla 3: Calificación del instrumento de la validez por juicio de expertos -----	53
Tabla 4: Límites Distritales del Distrito de Huanta-----	57
Tabla 5: Localización Geográfica del Distrito de Huanta -----	57
Tabla 6: Hoja de registro de unidad de muestra 02 -----	60
Tabla 7: Cálculo de PCI unidad de muestra 02 -----	61
Tabla 8: Resumen de la condición del Pavimento Flexible -----	63
Tabla 9: Resumen de la evaluación del pavimento empleando UAV -----	73
Tabla 10 Resultados método PCI y VANT -----	76
Tabla 11 Resultados de la Evaluación del pavimento -----	76
Tabla 12: Comparación clasificación de la vía PCI - VIZIR-----	77
Tabla 13: Resumen de fallas Av. Colon y Miguel Grau-----	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fallas del pavimento Flexible -----	2
Figura 2: Clasificación de la condición del pavimento -----	14
Figura 3: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas -----	17
Figura 4: Cálculo de número de unidades de muestreo -----	27
Figura 5: Cálculo de número máximo de valores deducidos -----	27
Figura 6: Cálculo índice de condición del pavimento -----	28
Figura 7: Fotogrametría Área -----	28
Figura 8: Visión estereoscópica natural y artificial -----	29
Figura 9: Principio de la fotogrametría -----	29
Figura 10: Flujo de trabajo -----	30
Figura 11: GSD -----	32
Figura 12: Tamaño de una imagen digital -----	32
Figura 13: Vehículo Aéreo no Tripulado modelo Yunecc H920-CG04 Multirotor -	33
Figura 14: Vehículo Aéreo no Tripulado modelo Parrot Disco Ala Fija -----	34
Figura 15: Cuerpo de VANT tipo Ala Fija -----	34
Figura 16: Estructura de VANT Multirotor -----	35
Figura 17: Motor de Mavic Air -----	35
Figura 18: Controlador de vuelo Pixhawk -----	35
Figura 19: Baterías de Mavic Pro -----	36
Figura 20: Cámara y estabilizador del Phantom 4 Pro -----	36
Figura 21: Representación de numero de pixeles por imagen y calidad -----	37
Figura 22: Representación de la foto en el terreno -----	37
Figura 23: Relación entre GSD y altura de vuelo -----	38
Figura 24: Proceso de construcción del modelo -----	38
Figura 25: Formas de traslape -----	39
Figura 26: Colocación de punto de control terrestre GCP -----	40
Figura 27: Sombra según la posición del sol -----	41
Figura 28: Nivel del grado de traslape -----	42
Figura 29: Altura de vuelo con relación a huella fotográfica -----	43
Figura 30: Nube de puntos densa -----	45
Figura 31: Ortofotomosaico -----	46

Figura 32: Modelo Digital de Superficie. -----	46
Figura 33: Diferencia entre MDS y MDT -----	47
Figura 34: Modelo 3D de la superficie-----	47
Figura 35: Zona de estudio Circunvalación Este -----	50
Figura 36: Número de unidades de muestreo-----	51
Figura 37: Número de Intervalos-----	51
Figura 38: Unidades de Muestra a evaluar -----	51
Figura 39 : Mapa político del departamento de Ayacucho -----	55
Figura 40: Mapa político del Perú.-----	55
Figura 41: Provincia y departamento de Ayacucho -----	56
Figura 42: Distrito de Huanta -----	56
Figura 43: Ubicación del distrito de Huanta-----	58
Figura 44: Delimitación de la zona de estudio.-----	58
Figura 45: Evaluación de la falla hueco-----	59
Figura 46: Densidad de la falla 10-----	61
Figura 47: Valor corregido deducido de la UM02-----	62
Figura 48: Ubicación del pavimento en Google Earth Pro -----	63
Figura 49: Plan de vuelo en Mission Planner-----	64
Figura 50: Plan de vuelo en Litchi -----	65
Figura 51: Litchi en Samsung-----	65
Figura 52: UAV Forecast y Magnetology -----	66
Figura 53: Trabajo de campo Mavic 2 Pro -----	66
Figura 54: Imágenes obtenidas del Mavic 2 Pro-----	67
Figura 55: Pasos en el Pix4d Mapper -----	67
Figura 56: Puntos de control Pix4d Mapper -----	68
Figura 57: Procesamiento Pix4d Mapper-----	69
Figura 58: Limpieza en Pix4d Mapper-----	69
Figura 59:Ortofoto y MDS-----	70
Figura 60: Ortofoto en Autocad -----	70
Figura 61: MDS en Global Mapper-----	70
Figura 62: Inspección de las características de la vía -----	71
Figura 63: Ortofoto de la vía Circunvalación Este-----	72
Figura 64:Resumen de las fallas del pavimento flexible-----	72

Figura 65: Costo de la evaluación del pavimento. -----	74
Figura 66: Evaluación de la falla Hueco -----	78

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la condición del pavimento flexible empleando la fotogrametría aérea con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta - Ayacucho - 2019. La investigación es de tipo descriptiva, de acuerdo al diseño metodológico es no experimental de corte transversal, porque al obtener datos no se manipula las variables, el cual no generan cambios; además, la recopilación de los datos fue en un tiempo determinado. La población que se utilizó en esta investigación son las vías de pavimentos asfálticos del distrito de Huanta - Ayacucho. La muestra de la investigación fue la calle Circunvalación Este, que consta de una longitud de 760 m de los cuales 40 m es de pavimento rígido y 720 m pavimento asfáltico, para la inspección se determinaron 18 unidades de muestra, ya que fueron elegidos con un muestreo probabilístico, cada unidad de muestra consta de 40 m de longitud y un ancho de 7 m. La técnica para la recolección de datos fue la observación, como instrumentos fueron las hojas de registro del cálculo del PCI realizado con las indicaciones del método del índice de condición del pavimento y la hoja de registro del UAV. Uno de los principales resultados fue la obtención de la condición del pavimento con método del PCI empleando el vehículo aéreo no tripulado y los resultados de la evaluación convencional del método PCI. Se realizó la comparación de estos dos métodos y tuvo como conclusión el estado de la calle Circunvalación Este muy Pobre en las dos evaluaciones; por ello, la aplicación del vehículo aéreo no tripulado sería una herramienta para que las municipalidades o gobiernos locales puedan tener información del estado de las calles y mediante estas tomar decisiones óptimas en el momento de realizar una intervención en un pavimento.

Palabras claves: Evaluación superficial del pavimento flexible, Vehículo aéreo no tripulado, índice de condición del pavimento.

ABSTRACT

The present research work aims to determine the condition of the flexible pavement using aerial photogrammetry with the PCI method in the Circunvalación Este, Huanta - Ayacucho. The research is descriptive, according to the non-experimental cross-section methodological design, because when obtaining data the variables are not manipulated, which does not produce changes; In addition, the data collection was in a certain time. The population found in this investigation are the asphalt pavement roads of the Huanta - Ayacucho district. The sample of the investigation was the Circunvalación Este street, which consists of a length of 760 m of the 40 m is of rigid pavement and 720 m asphalt pavement, for the inspection 18 sample units were determined, since they were chosen with a sampling Probabilistic, each constant sample unit 40 m long and 7 m wide. The technique for data collection was observation, as instruments were the recording sheets of the PCI calculation made with the indications of the pavement condition index method and the UAV recording sheet. One of the main results was obtaining the condition of the pavement with the PCI method using the unmanned aerial vehicle and the results of the conventional evaluation of the PCI method. A comparison of these two methods was made and the state of the Circunvalación East Very Poor street was concluded in the two evaluations; therefore, the application of a technology in the evaluation of the pavement, which is the unmanned aerial vehicle, could be a tool for entities such as municipalities or local governments to have information on the state of the streets and through these, make optimal decisions in the moment to carry out an intervention on a pavement.

Keywords: Flexible pavement surface evaluation, Unmanned aerial vehicle, pavement condition index.

I. INTRODUCCIÓN

La construcción de un pavimento mejora la transitabilidad de los conductores y peatones, ya que una carretera o calle sin pavimentar genera riesgos a las personas quienes son los más perjudicados. En el Perú el desarrollo de esta construcción genera gran desarrollo sobre todo en las provincias y distritos, puesto que beneficia en el tiempo de viaje a un determinado lugar; asimismo, los vehículos alcanzan su tiempo de vida útil esperado, porque circulan de manera uniforme sin encontrar baches en una carretera sin pavimentar. Al realizar una construcción de un pavimento se realizan estudios, en la cual diseñan para un tiempo de vida útil que, por lo general, un pavimento de concreto tiene un mayor tiempo de vida y mayor costo a comparación del pavimento asfáltico que es menor el costo y tiempo de servicio; además, el mantenimiento en un pavimento asfáltico es constante a diferencia del pavimento rígido.

Si bien es cierto, las entidades, ya sean municipios o gobiernos, son los encargados de velar el cumplimiento del tiempo de vida útil de la construcción realizando evaluaciones constantes, en la que vean la condición del pavimento para establecer si es necesario un manteniendo, una rehabilitación o construcción nueva, esos datos deben ser registrados para que realice un control y estudios acerca de los impactos que están generando las fallas o anomalías del pavimento. Así tendremos nuestras propias anomalías o fallas en el Perú que se dedujeron de estudios a partir de la recopilación de datos durante años, es una forma de mejorar las construcciones realizadas, pues toda la información acerca de las fallas en los pavimentos rígidos y flexibles son estudios hechos en otros países y no en el Perú. Sin embargo, las instituciones encargadas se limitan a realizar evaluaciones constantes, ya sea por falta de presupuesto en la conservación del pavimento o desconocimiento de los encargados, que muchas veces no son ingenieros civiles, más aún en provincias lejanas en la cual los pavimentos presentan mayor deterioro en sus calles.



Figura 1: Fallas del pavimento Flexible

Por ello, la presente investigación intuye a realizar estudios de los pavimentos mediante el método PCI, se emplea este método a diferencias de las demás metodologías, porque es el método más completo y complejo, ya que evalúa las anomalías existentes en el pavimento hasta obtener el presupuesto del mantenimiento como menciona la investigación del ingeniero Cristian Camilo y Andrés Felipe de la universidad católica de Colombia.

El método del PCI (pavement index condition) se evalúa mediante mediciones de las fallas, en la presente investigación se empleará un VANT (vehículo aéreo no tripulado) para la evaluación; asimismo, se realizará una comparación con el método de inspección tradicional. Esto permitirá a las municipalidades sin que generen mayores gastos realizar evaluaciones en las vías urbanas.

Problema General

¿De qué manera la fotogrametría aérea determina la condición superficial del pavimento flexible con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019?

Problemas Específicos

¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría aérea evalúa las características del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019?

¿De qué manera la fotogrametría aérea identifica los tipos de fallas del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019?

¿De qué manera la fotogrametría aérea desarrolla la evaluación superficial del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019?

Justificación Práctica: Este proyecto de investigación busca brindar una alternativa para la inspección del pavimento ya que en la actualidad pocas entidades lo realizan, para poder inspeccionar en un menor tiempo emplearemos el vehículo aéreo no tripulado, esto reducirá la economía y el tiempo en el momento de la inspección.

Justificación Metodológica: El presente trabajo de investigación se ejecuta con el único fin de analizar y evaluar las fallas con mayor rapidez y con menos personal.

Justificación Económica: Desde el punto de vista económico resulta muy beneficioso emplear este tipo de tecnología ya que la inspección se desarrollará en poco tiempo y con menos personal.

Objetivo general

Determinar la condición del pavimento flexible empleando la fotogrametría aérea con método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019

Objetivo específico

Analizar la aplicación de la Fotogrametría aérea en la evaluación de las características del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.

Conocer la aplicación de la fotogrametría aérea para la identificación de los tipos de fallas del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.

Conocer la aplicación de la fotogrametría aérea para desarrollar la evaluación del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.

Hipótesis general

La aplicación de la fotogrametría aérea identifica de manera eficaz la condición del pavimento flexible con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.

Hipótesis específicos

El empleo de la fotogrametría aérea es eficiente en la evaluación de las características del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019

La aplicación de la fotogrametría aérea identifica de manera eficaz los tipos de fallas del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.

La aplicación fotogrametría aérea desarrolla de manera eficiente la evaluación superficial del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.

II. MARCO TEÓRICO

Leguía y Pacheco (2016), en la tesis para optar el título profesional de ingeniero civil de la Universidad San Martín de Porres titulada “*Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*”. La investigación tuvo como **objetivo principal** desarrollar la evaluación funcional del pavimento flexible de las vías ya mencionadas anteriormente, con el fin de investigar la condición actual del pavimento existente. **El tipo de investigación** fue aplicada y de enfoque mixto, pues abarca tanto en cualitativo y cuantitativo; además se determinó el estado del pavimento para una mejor alternativa solución al problema, el nivel de la investigación fue descriptivo ya que darán a conocer los conceptos de las anomalías que existen en el lugar de estudio, el diseño de la investigación fue no experimental y de tipo transversal, ya que el estudio se realizó en un tiempo determinado. La **población** de la investigación fueron todas las vías arteriales de la ciudad de Lima, Huacho, Huaura. La **muestra** de estudio fueron las Vías arteriales Colón, Cincuentenario y Miguel. El **instrumento** que se empleó en la investigación para la recolección de datos se elaboró un formato de evaluación para las anomalías del pavimento. La investigación **concluyó** que las avenidas estudiadas las cuales son: Colón, Cincuentenario, Miguel Grau, poseen 14 anomalías de las 19 del método del PCI y existen 3 tipos de severidades de cada falla; asimismo, se pudo determinar que la Av. Miguel Grau y Colón tienen un PCI de 59,29, lo cual clasifica en un pavimento bueno, mientras en la Av. Cincuentenario resultó un PCI de 51.84 lo cual se encuentra en un estado regular.

Cruz (2018), en la tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada “*Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado*”, de la Universidad Nacional Ingeniería, tuvo como **objetivo principal** determinar el índice de condición del pavimento empleando imágenes recopiladas del Vehículo Aéreo no tripulado, el **tipo de investigación** es tipo aplicada, pues se conoció el estado de conservación del pavimento y descriptiva, porque se detalló los hechos como se observó; asimismo, la investigación es mixta (cuantitativo y cualitativo), Es cuantitativo ya que la metodología del PCI tiene 7

valores que está en un rango de 0 hasta 100 en el cual clasifican al pavimento de acuerdo a las anomalías que se encuentre, y cualitativo porque se dará a conocer si el pavimento está en un estado desde fallado hasta excelente. La **población** de la investigación fue toda la Av. Separadora del distrito de Ate. La **muestra** de la investigación fue la Av. Separadora desde la octava cuadra hasta la décima cuadra a una altura aproximadamente 195 m.s.n.m. El **muestreo** de la investigación empleado fue sistemático al azar. Los **resultados** obtenidos de la investigación empleando el VANT son muy similares al método tradicional; además, para la evaluación tradicional del PCI participaron 3 personales evaluando 7 unidades de muestra en 5 horas, mientras que empleando el VANT se evaluó 510m en 7 minutos con la participación de dos personales. Se **concluyó** de la investigación que el empleo de una Aeronave en este caso vehículo aéreo no tripulado a comparación del método tradicional PCI se obtiene información de las anomalías del pavimento de una forma inmediata para luego ser procesadas y determinar la condición del pavimento; además, permite realizar el trabajo con una cantidad de personal menor, lo cual reducirá el tiempo y presupuesto para realizar esta evaluación.

Granda (2018), en la tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada” ***Evaluación de la condición del pavimento rígido por el método PCI en el anillo vial tramo chaupimarca-yanacancha-pasco-2018***“, de la Universidad Nacional Daniel A. Carrión, tuvo como **objetivo** general evaluar la condición del pavimento rígido por el método PCI en el Anillo Vial tramo Chaupimarca – Yanacancha - Pasco – 2018. La metodología es **tipo** aplicada; así mismo, cuantitativo y descriptivo, el diseño de la investigación fue no experimental transversal ya que todos los datos recopilados se realizaron en una fecha establecida, su **población** fueron todas las vías comprendidas en el Anillo Vial tramo Chaupimarca-Yanacancha, su **muestra** fueron las siguientes calles Jr. Apurímac, Vía Volcán, Ovalo Caimpincruz, Av. La Cultura, Av. El Minero, Av. Los Próceres, Av. Las Américas. El **muestreo** que se empleo fue probabilístico. Los **instrumentos** de recolección de datos para la variable dependiente fue un Formato de evaluación, mientras que para la variable independiente se empleó los cuestionarios con preguntas con respecto a la metodología PCI. Los **resultados** que se obtuvieron al aplicar la Metodología PCI en el Anillo Vial Tramo Chaupimarca - Yanacancha señala que se encuentra en un

estado MALO, ya que posee un índice PCI de 32. Asimismo, en los 2,508 km, se pudo visualizar un total de 18 tipos de falla de los 19 que establece la norma ASTM D 6433. Las fallas obtenidas son consecuencias de la falta de mantenimiento que realiza la municipalidad en los pavimentos del distrito. La investigación **concluyó** que a través de la metodología del Índice de Condición del pavimento (PCI) se obtiene el estado que se encuentra un pavimento, ya que es determinado al seguir las indicaciones de la Norma ASTM D6433.

Andrade (2018), en su trabajo de investigación para optar el grado de Master en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil en la Universidad Politécnica de Valencia cuyo título es ***“Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro.”*** La investigación tuvo como **objetivo** analizar el estado de las vías de la ciudad de Valencia (24 vías) y aplicar una metodología para la predicción de los deterioros de la vía. La **metodología** aplicada en la investigación es un método cuantitativo en la parte de conteo de fallas y la medición, y en la validación del modelo. La **población** fue la ciudad de Valencia y la **muestra** representativa fueron 24 vías analizadas, para el **muestreo** se empleó la fórmula del manual ASTM D6433. El **resultado** de la investigación se determinó mediante la comparación del PCI in situ y el PCI con las imágenes de Google Earth, lo cual se dedujeron errores inferiores al 5% por ello la metodología que se propuso es la correcta. Se **concluyó** de la investigación que se necesita un sistema de gestión para realizar mantenimientos y rehabilitaciones adecuados; además, se emplearon las imágenes del Google Earth para procesar la información en la metodología PCI, los resultados se compararon con el tiempo obteniendo curvas PCI VS EDAD; por lo tanto, la metodología que se propuso permitirá un mejor mantenimiento y conservar la vía a lo largo de su vida útil.

Sierra y Rivas (2016), en la tesis presentada para optar el título de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia titulada ***“Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo Progresiva 00+000 – Progresiva 01+020 de la vía al llano en la UPZ Yomasa”***. La investigación presentada tiene como **objetivo** general evaluar, analizar y realizar una comparación de las metodologías PCI y

VIZIR desarrollado en un pavimento flexible de las vías ya mencionadas; además, se obtendrán la condición del pavimento empleando las dos metodologías. La metodología es **tipo** aplicada. La **población** de la investigación es la vía Upz Yomasa comprendida entre la Dg.78 Bis Sur con Calle 84 Sur. La **muestra** donde se realizó el estudio fue desde la progresiva 00+000 hasta la progresiva 01+020 de la UPZ Yomasa, que se encuentra al noroccidente de la Ciudad de Usme, lo cual se obtuvo 34 unidades de muestreo. Los **instrumentos** para el análisis de datos fueron las hojas de registro para realizar un análisis detallado de las dos metodologías. La investigación desarrollada tuvo como **resultado** para la metodología VIZIR un Ls de 2 que lo clasifica en pavimento de estado BUENO; mientras, en la metodología del PCI se obtuvo un valor de 89 que lo clasifica en un estado del pavimento excelente. Se **concluyó** de la investigación que, si bien es cierto, que las dos metodologías son confiables es recomendable emplear la metodología PCI pues esta es más compleja, ya que evalúa todas las fallas de forma más detallada comparación de la metodología VIZIR que su forma de evaluación es más sencilla. La metodología VIZIR es más simple y rápido para la evaluación de un pavimento, además solo detalla una escala los cuales son los rangos de 1 a 2 para un pavimento en buenas condiciones, 3 a 4 para un pavimento regular y 5, 6, 7 para un pavimento en un mal estado.

Carretero (2015), en su investigación realizado para optar el título profesional de ingeniera de la Energía titulada “**Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado**”, de la Universidad de Politécnica de Madrid, tuvo como **objetivo** principal desarrollar el trabajo realizado con Mission Planner y PhotoModeler para llevar a cabo este proyecto y realizar una creación del modelo digital del terreno empleando la fotogrametría aérea con un vehículo aéreo no tripulado. La investigación tuvo como **población** la comunidad autónoma de Castilla y León en Cubillos del Sil. La **muestra** fue el Polígono Industrial El Bayo, la cual el vehículo aéreo no tripulado realizó el vuelo que cuenta aproximadamente con 59,46 hectáreas, para los **resultados** investigación se hizo empleo de un dron de ala fija modelo SKYWALKER X8, con una cámara sansung NX1000, el tiempo de vuelo fue 6,24 minutos con 54 fotografías tomadas y una resolución de 6,46 cm/pixel. Se

concluyó que los softwares empleados son disponibles y de bajo costo en el mercado, puesto que tienen el código libre, así cualquier usuario podría emplearlos para realizar un modelo digital de un terreno; así mismo se demuestra que al emplear esta tecnología se puede ahorrar gran presupuesto y obtener datos confiables al momento de desarrollar un proyecto, finalmente el empleo de un dron es una alternativa para desarrollar levantamientos topográficos precisos y con mayor rapidez.

En el artículo presentado por Kotian, Chheda, Narwane, Raut (2019) titulada ***“Unmanned Aerial Vehicle for Road Monitoring: Fully Convolutional Networks Approach”*** Este artículo tiene como **objetivo** proponer el uso de vehículos aéreos no tripulados para el estudio de carreteras y la inspección de carreteras en dificultades y su clasificación en 9 categorías. El trabajo propuesto consiste en la recopilación de información de las diferentes carreteras mediante las imágenes capturadas de un UAV, a distintos intervalos de tiempo, en diferentes condiciones de iluminación. Transmitiendo estas imágenes al sistema centralizado donde se procesan y segmentan. El **instrumento** para la recolección de datos fue la encuesta. Para los **resultados** de la investigación se tuvieron en cuenta 23 artículos de revistas, el empleo del UAV en el estudio de las anomalías del pavimento tiene mayor eficiencia con respecto a otras metodologías, ya que el UAV captura imágenes desde una gran distancia sobre la superficie, obteniendo muchos objetos innecesarios en ellos como carros y árboles, estos objetos se pueden segmentar separando el camino del resto de la imagen. Se pudo **concluir**, que los métodos como el Lidar, imágenes 3D en colaboración con el Vehículo aéreo no tripulado tiene gran potencial en el futuro. Las distintas investigaciones empleando esta tecnología mediante las imágenes obtenidas en diferentes pavimentos pueden estar disponibles para desarrollar otros algoritmos de aprendizaje profundo.

Duarte y Vergara (2017), en el artículo presentado por los ingenieros titulada ***“Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV)”*** tuvo como objetivo principal obtener un modelo digital en tres dimensiones realizando un método para la conversión de fotografías en dos dimensiones con una precisión de +- 2 metros. La **población** de

estudio fue en Socorro ubicado en el departamento de Santander del país de Colombia, la **muestra** fue el Alto de la Cruz, el **instrumento** de recolección de datos fueron softwares con lo cual se procesaron las imágenes. Para determinar los **resultados** de la investigación se tuvieron que emplear un vehículo aéreo no tripulado, la cual fue un Phantom 3 de la compañía DJI, el empleo de esta tecnología generó mapas de buena calidad; además, se utilizó una placa GPS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi para georreferenciar las imágenes. El plan de vuelo se realizó a 50 m de altura del terreno. Se pudo **concluir** con la obtención de un modelo digital de elevaciones y las curvas de nivel; por lo tanto, con la información de estos datos se realizaron mediciones del terreno determinando su área, perímetro y volumen sobre el plano. Adicionalmente se debe tener en cuenta el empleo de puntos de foto control, estas pueden ser determinadas con el empleo de un GPS de buena calidad para disminuir el error.

Ferreira, y Aira (2015), en su artículo científico titulado “**Aplicaciones topográficas de los drones**” del Departamento de Agrimensura del Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, tuvo como **objetivo** generar un sistema en el empleo de los vehículos aéreos no tripulados de diferentes tamaños con la obtención de imágenes a precio bajo utilizando varios softwares. En la investigación se empleó un multicoptero de 6 hélices, lo cual tuvo las siguientes especificaciones técnicas: velocidad máxima de 15 m/s, peso total de 6kg, tiempo de vuelo 20 minutos, altura máxima de 500 metros; asimismo se utilizó una cámara Canon EosM. La **metodología** empleada fue experimental, que comprenden cuatro fases: planeamiento del vuelo, apoyo terrestre, registro de imágenes y procesamiento de imágenes. La **población** de la investigación fue Villa Soldati en la Ciudad de Buenos Aires, la **muestra** fue el Parque Roca. Para determinar los **resultados** se planeó un vuelo a 70 m compuesto por 60 imágenes a una velocidad de 6 m/s; además, se empleó el Google Earth para exportar a Mission Planner y realizar la planificación de vuelo. Para el procesamiento de las imágenes se utilizó el programa Agisoft Photoscan obteniendo una resolución en el ortomosaico que varía de 1 a 20 cm/píxel. La razón de planear un vuelo bajo a comparación de los vuelos fotogramétricos hace que un proyecto tenga mayor calidad y obtener orto

fotografías con píxeles entre 1 a 5 cm. El sistema de vuelo es muy práctico y permite obtener resultados de manera inmediata a diferencia de los vuelos convencionales.

Kanwu (2015) in his thesis to obtain the master's degree in science from the University of Arizona State University entitled ***“Development of the PCI-based pavement performance model for the management of the road infrastructure system”*** in the research developed a performance, which is based on the PCI methodology to perform a pavement conservation system, it is necessary to evaluate a pavement to determine the condition and performance of a road infrastructure the information collected has to be reliable to reduce budgets in maintenance; In addition, adequate and precise planning is needed. The **objective** of the research is to develop a methodology, in which data on the condition of the pavement (PCI) determined by information obtained over time in the pavement performance database during its useful life (LTPP) is obtained or collected. The templates found pavement information were used to directly calculate the pavement condition index (PCI) for each particular sample unit. In the investigation, a master curve design was also carried out, in which the pavement performance was performed based on the pavement condition index. The research **sample** was the pavement sections in Florida. It was **concluded** from the investigation that pavement performance data during its useful life (LTPP) were essential for the study of the condition of the pavement with good to excellent accuracies.

En la investigación titulada desarrollo del modelo de rendimiento de pavimento basado en el índice de condición del pavimento para la gestión del Sistema de infraestructura vial, se propuso el empleo de la base de datos del rendimiento del pavimento para obtener un resultado preciso y confiable. Para determinar los resultados se hizo empleo de la metodología PCI lo cual nos indica la condición del pavimento.

Yumin and Yunxin (2016) in research presented at Beihang University School of Transportation Engineering titled ***“UAV Photogrammetry-Based 3D Road Distress Detection”*** in the transportation engineering branch, it **aimed** to verify the accuracy of the use of images captured from a UAV for efficient and economical

detection of road faults. the **instrument** for data collection was the pix4d mapper program, in which images taken from a drone were processed. The **sample** of the investigation were the roads of the Fuling district, in China, he chose 8 roads with lengths less than 28, 32, 49, 64, 58, 58, 46, 53 all the pavements were asphalt. For the result of the investigation, it was used in Phantom 4 Pro of the DJI company, which has a 20 MP camera (5472 X 3648 resolution), in the pix4d program the point cloud was obtained and with these the 3D digital model for road evaluation. The investigation **concluded** that the efficient, automatic and low cost method to detect faults on the road surface has precision for the evaluation of anomalies in height and depth, which has a promising vision in the practice of engineering. Unlike the field evaluation of pavement faults, it was demonstrated that it has high precision with an error of 1 cm in depth, which indicates that it is a potential method for future research in the field of engineering.

En la investigación titulada Detección de anomalías basada en la fotogrametría UAV en el pavimento presentada por Yumin y Yunxin en el año 2016 tuvo como objetivo verificar la precisión del uso de imágenes capturadas desde un vehículo aéreo no tripulado para una eficiencia y detección económica de fallas viales. El vuelo del UAV fue en el distrito de Fuling (China), lo cual se evaluó 8 tramos de pavimento asfáltico, para el procesamiento de las imágenes capturas desde el Phantom 4 Pro se empleó el Pix4d Mapper. La investigación concluyó que el método utilizado es eficiente, automático y de bajo costo para detectar fallas en la superficie de la carretera; además, tiene alta precisión para la evaluación de anomalías en altura y profundidad, lo que tiene una visión prometedora en la práctica de la ingeniería.

Yogesh, Jain, Tiwari. (2016) at the second transport conference in india presented the research entitled ***"Development of the general condition index of the pavement for the urban road network"*** Pavements are very important for the development of a particular place. The most essential problems in these are the maintenance, rehabilitation and proper administration tasks for the engineers, because later after a maintenance the failures reappear on the pavement surface without fulfilling the estimated time that should be useful, there are several

components at the moment of evaluation the condition of the pavement stories such as: the PCI that is the pavement condition index, current service index (PSR), the roughness index (RI), etc., these indicators are eventually used in pavements that have failures . The investigation is a combination effort to develop a general index of OPCI pavement applied in urban pavements of the city Noida, which has 29.92 km in 10 sections. This combined methodology collects information on pavement failures, the service index and the latest OPCI combined development; Therefore, it is necessary to know the roughness index of the pavement condition, the pavement condition index, the structural capacity index and the slip resistance index of the pavement condition. With this combination of indicators, better performance and pavement condition are expected. It was concluded from the investigation that these models of multiple indicators that are more reliable and efficient when selecting a suitable treatment for a pavement is a lousy state; It is also concluded that the slip resistance index indicator is very important for its development in places where rain and humidity are frequent.

La investigación desarrollada en la ciudad de Noida aplicada en 10 tramos compuesta por 29.92 km tuvo como objetivo proponer un índice de condición del pavimento combinando varias metodologías las cuales son: el índice de rugosidad de la condición del pavimento, el índice de condición del pavimento, el índice de capacidad estructural y el índice de resistencia al deslizamiento de la condición del pavimento.

Es necesario tener en cuenta las bases teóricas que a continuación se mencionaran.

En la **evaluación superficial del pavimento** se debe considerar las fallas existentes y cuantificarla de acuerdo a su magnitud y severidad, así obtener la condición del pavimento, en consecuencia se dispone de varias metodologías, la más completa es el índice de condición del pavimento (PCI); además de la evaluación superficial con la metodología PCI se debe complementar con la

medición de deflexiones para obtener una relación entre la deflexión superficial y su condición superficial.¹

Anteriormente los pavimentos ya sean flexible o rígido no eran administradas, pero si mantenidas, los ingenieros principalmente empleaban técnicas de rehabilitación y mantenimiento sin considerar el tiempo y costo, simplemente buscaban información de otros pavimentos similares, hoy en día es imprescindible contar con un sistema especializado para obtener información, así tomar mejores decisiones al momento de realizar un mantenimiento o rehabilitación. En conclusión, las entidades encargadas deberían emplear un sistema que no solo sea mantenimiento de un pavimento sino también que sea administrada a lo largo del tiempo de vida útil de la infraestructura, pues nos permitirá tener un mejor control del desempeño de la pavimentación manteniendo o rehabilitando en un momento adecuado y no solo cuando se presenten anomalías de severidades altas, ya que influenciara al costo del mantenimiento.²

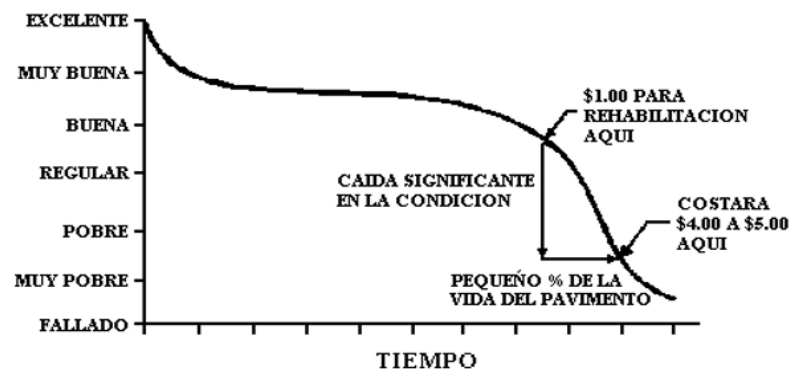


Figura 2: Clasificación de la condición del pavimento

Los factores que influyen en el deterioro del pavimento son diversos, un pavimento con un deterioro alto afecta la velocidad, seguridad y comodidad de los que hacen uso, para solucionar se realizan mantenimientos cuya finalidad es mejorar la pavimentación, disminuyendo la severidad de todas las anomalías existentes, así mejorando el grado de transitabilidad durante varios años justificando el presupuesto establecido para mantenimiento. Las causas más comunes se

¹ (CORROS, y otros, 2009 pág. 175)

² (UNIVERSIDAD Mayor de San Simon, 2004 pág. 375)

generan por la escasez de recursos para realizar un mantenimiento adecuado, el factor climático, diseños deficientes, incremento de las cargas vehiculares y una deficiente supervisión en el proceso constructivo.³

Los **estudios preliminares** se realizan en todo proyecto, ya que podemos identificar los recursos y requisitos por cumplir, se señalan los estudios indispensables a realizar, se dan a conocer las condiciones dadas a nivel de la reglamentación. Además, se identifican las condiciones ambientales, físicas de la zona de estudio; por lo cual, sin este estudio ningún proyecto se puede desarrollar. Estos estudios lo puede desarrollar profesionales capacitados en el área.

Es necesario realizar la exploración del lugar de trabajo, en los estudios preliminares se recopila la información general ya sean in situ o en gabinete como fotografías, relieve del terreno, características del lugar, etc.⁴

Adicionalmente, en la localización y evaluación preliminar se verificarán el terreno y auscultarán de la superficie de la infraestructura. Los datos recopilados determinarán las características de los materiales y su forma de presentación (homogeneidad, configuración de partículas, calidad, etc.). En esta etapa de evaluación y auscultación superficial se registrará según procedimientos simples, la cual puedan permitir reconocer propiedades básicas y seleccionar los materiales inapropiados.⁵

Los estudios preliminares, pues nos ayudarán a establecer prioridades para la ejecución de un estudio; por ello, es necesario obtener datos de campo que estén disponibles y complementando a lo detallado. Si todavía el reconocimiento del lugar es importante, su grado de detalle variará según la información geomorfológica.⁶

La **identificación de fallas** se realiza visualizando la superficie del pavimento, los orígenes de estas anomalías son por diversas causas, por ejemplo: ausencia de rehabilitaciones o mantenimientos, demasiada carga de lo diseñado, una mala

³ (MONTEJO, 2002 pág. 506)

⁴ (MINAYA Gonzales, y otros, 2006 pág. 11)

⁵ (MANUAL de Carreteras, suelos y pavimentos, 2013 pág. 52)

⁶ (DIRECCION General de Caminos y Ferrocarriles, 2018 pág. 16)

construcción, factores del clima y un pavimento sin drenaje subterráneo y superficial. Generalmente, las fallas son clasificadas como fallas funcionales o estructurales. La primera hace referencia a las anomalías que se originan en la capa superior mientras en las fallas estructuras son los originados en las capas inferiores.⁷

En un pavimento se pueden observar fallas ya sean superficiales o estructurales para el caso del método del PCI se realizan en base a fallas superficiales, que no guardan relación con la estructura del pavimento, el mantenimiento que se realiza a este tipo de anomalías es solo en la superficie mejorando la rugosidad e impermeabilidad, pues esto se logra implementando una capa asfáltica con un menor espesor, ya que no aporta directamente a la estructura. Si en un pavimento se encuentran fallas que impliquen las capas del pavimento se deberá realizar un nuevo diseño para poder resistir las cargas del tránsito.⁸

Al momento de realizar la identificación de las anomalías, es recomendable evaluar la calidad de viaje para determinar las severidades de cada anomalía, pues existe severidad baja, media y alta. En cuanto a la severidad baja el vehículo tendrá un pequeño rebote, así teniendo poca incomodidad, en la severidad media se va generar ya un significativo incomodo, puesto que existirán hundimientos y abultamientos, y la severidad alta el vehículo tendrá ya un gran rebote generando ya gran incomodidad o un alto peligro. La calidad de viaje se realiza recorriendo la zona de estudio mediante un automóvil estándar con una velocidad establecida sin sobrepasar el límite legal.⁹

Dentro de la Gestión vial actualmente disponibles la metodología **índice de condición del pavimento (PCI)** es la más completa para determinar la condición del pavimento rígido o flexible. Además, es fácil de implementarla, puesto que no se requiere de herramientas especializadas, se puede obtener información de las fallas confiables. El primer desarrollo de esta metodología fue por el Cuerpo de

⁷ (CORROS, y otros, 2009 pág. 46)

⁸ (MONTEJO, 2002 pág. 506)

⁹ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 9)

Ingenieros de la Armada de Estados Unidos en 1978 por Shahin y Khon; asimismo fue adaptada en Venezuela para su evaluación de pavimentos por el Ingeniero Augusto Jugo en 1978. De la misma forma en Colombia en el año 2002 fue adaptada por el ingeniero Luis Vásquez. El procedimiento de esta metodología es dividir en unidades de muestra, la cual inspeccionaremos, está en función del ancho y tipo de pavimento que se va evaluar. Por ejemplo, en una pavimentación asfáltica de una carretera de ancho 7.30m, el área de unidad de muestreo debe de estar en el rango de 230+- 93 m².

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Figura 3: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

En la evaluación de un proyecto de evaluación de una pavimentación se debe inspeccionar todo; sin embargo, el método PCI indica un mínimo número de secciones de muestreo con una confiabilidad de 95%.¹⁰

El PCI es un valor número, que varía desde 0, lo que indica que es un pavimento que se encuentra en malas condiciones hasta 100 que es un pavimento es un estado óptimo. Esta metodología se realiza mediante la inspección visual empleando una hoja de registro donde se recopila información de la severidad y tipo de falla; asimismo, fue desarrollado para conocer el índice de integridad de la infraestructura. La condición del pavimento se encuentra en relación de la densidad, tipo y severidad de la falla, para que estos tres factores determinen el estado del pavimento fue necesario introducir un factor, lo cual es conocido como valores deducidos.¹¹

¹⁰ (CORROS, y otros, 2009 pág. 46)

¹¹ (UNIVERSIDAD Mayor de San Simon, 2004 pág. 380)

El Índice de condición del pavimento está en función de la cantidad, severidad y daño. Estas son registradas en un registro en la cual nos indicaran con una percepción clara las causas de los daños de las anomalías y su relación con clima o con las cargas. El procedimiento de la utilización de esta metodología es primero determinar las unidades de muestreo, luego calcular mediante la fórmula el número mínimo que se va a evaluar, teniendo en cuenta un error admisible de 5% establecido por el PCI y la desviación estándar de 10 para pavimentos asfálticos y 15 para pavimentos de concreto, luego de ello se recoge información de campo introduciendo los valores a la hoja de registro para obtener la condición del pavimento.¹²

Las **anomalías en los Pavimentos Asfálticos** son clasificados de acuerdo a cada país de acuerdo con el sistema de convención establecido por el Método Pavement Condition Index PCI (USA) se presenta 19 diferentes tipos de fallas o anomalías para determinar la condición de pavimento asfáltico; no obstante, es conveniente añadir que esta metodología no es la única a nivel internacional puesto que existen diferentes catálogos para la cuantificación e identificación del deterioro del pavimento.

Falla 1: Piel de cocodrilo. Se define piel de cocodrilo como una anomalía constituida como una serie de fisuras interconectadas causada por acciones repetitivas de cargas de tráfico. Empiezan en la superficie carpeta asfáltica, cuyo esfuerzo de tensión es mayor bajo la acción de la carga del neumático. A un principio aparecen estas grietas de forma longitudinalmente paralelas. Luego de un determinado tiempo y las repetidas cargas del tráfico, las grietas se enlazan, así formando un ángulo de 90 grados que generan la anomalía de piel de cocodrilo. Estas piezas tienen un tamaño menor a 2 pies (0.6 m) en la cara más larga. Son originarias mayormente en donde existe mayor tráfico o estén sujetas a cargas repetitivas. Por consiguiente, estas grietas no pueden aparecer en toda la superficie a menos que toda la vía esté en constante tráfico y si ese es el caso se denomina

¹² (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 3)

anomalía de agrietamiento en bloque, puesto que esta no está asociado a una falla a causa de cargas.

Medición

Este tipo de anomalías se deben medir en p2 o m2. En caso de encontrarse con 2 o más diferentes niveles de severidad en una misma superficie o área del pavimento, pueden ser evaluados independientemente, de lo contrario se toma el nivel de severidad mayor para tener así una evaluación eficaz.¹³

Falla 2: Exudación. La falla está compuesta por un elemento bituminoso encima la carpeta de pavimento asfáltico, lo que genera una superficie brillante usualmente puede ser pegajosa.

La exudación es originada por demasía de asfalto en la mezcla, exceso de utilidad de un sello asfáltico, bajo contenido de espacios libres de aire en la mezcla. Generalmente ocurre cuando el asfalto llena los vacíos durante la mezcla en caliente y por esta razón esta tiende a expandirse en la superficie del pavimento. Este proceso de “Sangrado” puede generarse en temperaturas altas en donde se almacenará sobre la superficie.

Medición

Se mide en pies cuadrados o metros cuadrados de área. Si se registra la exudación ya no será registrado el pulido de agregados puesto que no se pueden presentar ambos casos en la superficie del pavimento asfáltico.¹⁴

Falla 3: Agrietamiento en bloque. Este tipo de fallas son fisuras o grietas interconectadas que dividen la superficie en forma rectangular mayormente. Están establecidas en un rango que va desde 1 pie por 1 pie hasta 10 pies hasta 10 pies. Generalmente es causado por la contracción del pavimento asfáltico y la acción repetitiva de las temperaturas (tensión y contracción) y no a la acción de las cargas del tráfico. Esta falla nos indica que el asfalto es mayormente más duro, la aparición se puede dar en una parte o en todo el ancho del pavimento asfáltico.

Medición

¹³ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 10)

¹⁴ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 12)

Son medidas en pies cuadrados o metros cuadrados de área, por lo general ocurren con una sola aparición de severidad por área, pero si este no es el caso se deberán registrar con diferentes tipos de severidades.¹⁵

Falla 4: Bombeo y hundimiento. Los bombeos son deformaciones pequeñas generalmente hacia arriba de la superficie pavimentada. Estos son causados por aumento gradual de hielo, reconstitución del material en una grieta en combinación con las cargas de tráfico y abultamiento de pavimento hidráulico en pavimentos de concreto asfáltico.

Los hundimientos son deformaciones mayormente hacia abajo de la carpeta asfáltica. Distorsiones que se presentan a lo largo de la carpeta asfáltica que causan depresiones anchas también conocidas protuberancias.

Medición

Se mide en pies o metros de longitud. Si el bombeo se hace presente perpendicularmente al tráfico y tienen un espacio menor a 3 m, esta falla se denomina corrugación, y si esta unida a una grieta o fisuramiento de igual forma será registrada.¹⁶

Falla 5: Corrugación. Es también conocida como tabla de lavado, generalmente son menores a 3m determinada por una serie de lomos espaciados (ondas) y tienden a ser perpendiculares al tráfico. Es causado por la acción repetitiva del tráfico y un pavimento mal construido.

Medición

La corrugación debe ser medida en pies cuadrados o metros cuadrados de área.¹⁷

Falla 6: Depresiones. Estas anomalías son áreas de superficie de la carpeta asfáltica con deformaciones hacia arriba ligeramente más bajas. Estas anomalías son notadas mayormente al finalizar la precipitación cuando el agua es estancada. La causa principal de esta es por el asentamiento del terreno de fundación o por

¹⁵ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 14)

¹⁶ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 16)

¹⁷ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 18)

una mala supervisión al momento de su construcción. Los hundimientos son caídas accidentales en elevación a diferencia de la depresión.

Medición

Las depresiones deben ser medidas en pies cuadrados o metros cuadrados de área.¹⁸

Falla 7: Agrietamiento en el borde. Las grietas de borde pueden seguir creciendo a causa de las cargas repetitivas del tráfico. Estas van en la misma dirección al borde del pavimento en 0.3 m a 0.6 m y están generadas por el ablandamiento de la fundación, base o sub-base en los extremos del pavimento. Si el pavimento es clasificado como desmembrada es posible que se realice una reconstrucción en el área del daño.

Medición

Estas anomalías o fallas se deben medir en pies o metros de longitud.¹⁹

Falla 8: Agrietamiento reflejo de juntas. El agrietamiento reflejo de juntas es causado mayormente por los movimientos térmicos y la humedad de la carpeta de concreto que están por debajo de la carpeta asfáltica. Este tipo de fallas solo pueden ocurrir en asfaltos que fueron construidos por encima de un pavimento de concreto. Es necesario conocer las dimensiones de áreas determinadas por el pavimento de concreto ya que ayudara a hallar esta falla. Así mismo no tienen relación con la carga del tráfico.

Medición

Se deben medir en pies o metros lineales. En caso de que existan diferentes agrietamientos estas se consideran separadas de acuerdo a la severidad que tengan.²⁰

Falla 9: Desnivel carril – berma. Esta falla es causada por la erosión de la berma, una colocación de una sobrecapa en la carpeta asfáltica o asentamiento de la berma.

¹⁸ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 20)

¹⁹ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 22)

²⁰ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 24)

Son deformaciones de desnivel entre la berma y el carril del pavimento asfáltico.

Medición

Esta anomalía se mide en metros lineales (m).²¹

Falla 10: Grietas longitudinales y transversales. Las fisuras o grietas longitudinales son equidistantes al eje del pavimento o al tráfico vehicular que pueden ser causados por:

1. Una inadecuada construcción en las juntas.
2. Ciclos diarios de temperatura o contracción de la carpeta asfáltica
3. Grietas de la superficie de pavimento de concreto que se ve reflejada en el pavimento asfáltico.

Las grietas o fisuras transversales mayormente son perpendiculares a la dirección del tráfico que no son asociadas a las cargas de los vehículos.

Medición:

Esta anomalía se mide en metros lineales o pies. Si un hundimiento se hace presente en una fisura, también debe ser registrada.²²

Falla 11: Parcheo. El parchado es un área de la carpeta asfáltica, el cual fue sustituido con un material nuevo para rehabilitar la carpeta asfáltica dañada.

Medición

Los parchados se deben medir en metros cuadrados de área. Es posible q un área de parchado tenga varios niveles de severidad, pues se registran separadas. Si la cantidad de parchados en el pavimento es mucha, esta se considera como un pavimento nuevo y no un parchado.²³

Falla 12: Pulimiento de agregados. Esta falla es generada por aplicación repetitiva del tráfico vehicular. Se puede identificar al momento de hacer contacto con la superficie del pavimento esta es liso, además la consistencia con los neumáticos se reduce notablemente.

Medición

²¹ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 26)

²² (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 28)

²³ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 30)

Se deben medir metros cuadrados de área. Si es considerado en la superficie la anomalía de exudación esta ya no será registrada.²⁴

Falla 13: Huecos. Los huecos son menores que 0.90m pueden definirse como depresiones pequeñas en la superficie de la carpeta asfáltica. El crecimiento viene a ser acelerada por la acumulación en el interior; además, son causadas por el tráfico permanente que desprende la superficie asfáltica y por una pobre mezcla en la superficie del pavimento o base. Cabe añadir que la severidad alta de piel de cocodrilo también genera los huecos que son asociados con la condición estructural del pavimento que no pueden confundirse con desprendimiento.

Medición

Los huecos se miden por el número de unidades clasificándolo con la severidad adecuada.²⁵

Falla 14: Cruce de ferrocarril. Este tipo de anomalía es generado por el cruce del ferrocarril que ocasiona depresiones y bombeos en el perímetro de las vías.

Medición

Se deben medir en pies cuadrado o metros cuadrados de área. Cualquier deformación extensa creada por las vías se registrará como parte del cruce.²⁶

Falla 15: Ahuellamientos. Esta anomalía es una depresión en la carpeta asfáltica de las huellas del neumático, se presenta el levantamiento de la carpeta en toda la deformación de la falla. En distintos casos se puede observar luego de la precipitación, cuando las huellas estén saturadas del fluido. El ahuellamiento es definido mediante una alteración constante en cualquiera de las capas del pavimento asfáltico. Un ahuellamiento considerable puede encaminar a una falla estructural grave del pavimento asfáltico.

Medición

Esta anomalía o falla se debe medir en metros cuadrado de área. La profundidad promedio es evaluada colocando una regla perpendicular que cruce la depresión

²⁴ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 32)

²⁵ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 33)

²⁶ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 35)

del ahuellamiento, midiendo así la profundidad, esta acción se la realiza en toda la deformación obteniendo así la media de estos.²⁷

Falla 16: Grietas de desplazamiento. Es un desplazamiento constante y paralelo al tráfico en una superficie determinada del pavimento asfáltico originada por cargas de tráfico. Cuando el tráfico es frecuente en la carpeta asfáltica se producen ondas pequeñas. Esta falla generalmente se manifiesta en mezclas variables de pavimentos de asfalto. De igual forma, se presentan en pavimentos asfálticos contruidos encima una losa de concreto hidráulico, pues esta incrementa la longitud y empuja al asfalto causando empellones.

Medición

Las grietas de desplazamientos se deben medir en metros cuadrados.²⁸

Falla 17: Grietas parabólicas. Estas anomalías se producen mayormente cuando las ruedas frenan y giran, generando deformaciones en la superficie asfáltica. Así mismo tienen la forma de media luna.

Cabe añadir que la limitada resistencia de la mezcla asfáltica o una pobre adherencia a la carpeta también pueden originar esta anomalía.

Medición

Las grietas parabólicas son medidas en metros cuadrados.²⁹

Falla 18: Hinchamiento. Esta anomalía es caracterizada por tener una deformación relativa hacia arriba de la carpeta asfáltica que pueden estar acompañadas de ligeras grietas y es causada usualmente por hinchamiento del suelo o escarchamiento de la subrasante. Además, se puede tener en cuenta una onda gradual mayor a los 3 metros.

Medición

Esta anomalía se debe medir en metros cuadrados área afectada.³⁰

²⁷ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 37)

²⁸ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 39)

²⁹ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 41)

³⁰ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 43)

Falla 19: Desprendimiento de agregados. El desprendimiento del material de la superficie se debe a la pérdida de consistencia del asfalto y la frecuencia de desalojo de los elementos de agregados. Este tipo de fallas también nos indica que la consistencia del asfalto tiene una resistencia considerable o una carencia de calidad de mezcla. La suavización de la superficie y la pérdida de los elementos son comúnmente debido al declive de combustible, de igual forma también deben ser incluidas aquí.

Medición

Los desprendimientos de agregados se miden en metros cuadrados el área afectada.³¹

La finalidad del **Método de Índice de Condición del Pavimento PCI** es identificar un índice integridad estructural y la condición operacional del pavimento, para tomar decisiones de mantenimiento y rehabilitaciones. Los datos obtenidos en campo de las anomalías proporcionan una visión del origen de las fallas ya que son relativos a la carga y clima.³²

Asimismo, el **método de PCI** se caracteriza básicamente por la facilidad en la evaluación ya que no se necesitan equipos sofisticados; además, suministra información confiable sobre las anomalías del pavimento que no es muy compleja, porque es un método detallado en el cual se pueden obtener los metrados de las anomalías.³³

Este **método PCI** fue publicado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1978 desarrollado por M. Y. Shahim y S.D. Khon. Esta metodología es la más completa para realizar una evaluación en el pavimento ya sea rígido o flexible, pues no es necesario recurrir a herramientas especializadas, nos permite establecer la condición actual de la superficie para tomar medidas correctas de mantenimiento o rehabilitación. La Sociedad Americana para Pruebas

³¹ (VASQUEZ Varela, 2002 pág. 44)

³² (UNIVERSIDAD Mayor de San Simón, 2004 pág. 380)

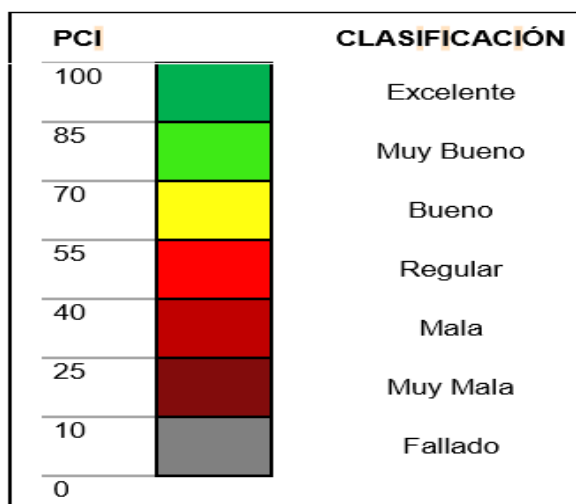
³³ (GUTIERREZ. W, 1994)

y Materiales ASTM lo adopto como un método para la inspección de la condición actual en caminos y estacionamientos.³⁴

Para la determinación del índice de condición del pavimento primero se realizan inspecciones visuales, teniendo en cuenta las 19 fallas establecidas por el ASTM. En suma, se determina un valor de ponderación llamado valor deducido (VD), lo cual indica el grado de afectación de cada combinación deterioro, severidad y cantidad.

En el Perú se aplicó en el año 1990 para identificar los puntos críticos de la Panamericana Sur realizado por el ingeniero Gutiérrez Lazares, se obtuvo resultados cercanos a la realidad. Este método tiene un índice numérico que varía de 0 a 100 como se puede visualizar.

Tabla 1: Rango de Clasificación de la condición del pavimento flexible



Fuente: ASTM D6433

Para determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de una superficie de pavimento, se divide la sección en unidades de análisis, denominados Unidades de Muestra. Para pavimento asfálticos el área de muestreo debe estar entre 230 ± 93 m². Es recomendable realizar la evaluación en todas las unidades; sin embargo,

³⁴ (D 6433 – 07 , 2016 pág. 3)

utilizaremos la siguiente fórmula para evaluar un mínimo de unidades de muestreo que tiene un 95% de confiabilidad.

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

Figura 4: Cálculo de número de unidades de muestreo

Dónde:

n: Es el número de unidades de muestreo (UM)

N: Es el total de unidades de muestra

e: Es el error estimado por el PCI cuyo valor para el pavimento asfáltico es +-5%

σ : Es la desviación estándar establecido por el PCI, cuyo valor para el pavimento asfáltico es de 10.

Para la selección de unidades de muestreo de análisis utilizaremos un intervalo (i) que es la división del número total de unidades de muestreo entre el número mínimo de unidades de muestreo. Luego de realizar la identificación de las anomalías observadas en el pavimento, calculamos los valores deducidos con la utilización de los ábacos establecidos en la norma. Así mismo utilizaremos la siguiente fórmula para obtener el número máximo admisible de Valores deducidos.

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Figura 5: Cálculo de número máximo de valores deducidos

Dónde:

m_i : Es el número máximo admisible de valores deducidos

HDV_i : Es el número mayor valor deducido

Por consiguiente, determinaremos el valor máximo deducido corregido mediante un proceso iterativo y finalmente se utilizará el ábaco de valor deducido corregido para

obtener el mayor valor. Para determinar el índice de condición de pavimento emplearemos la siguiente formula.

$$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$$

Figura 6: Cálculo índice de condición del pavimento

Dónde:

PCI: Es el índice de condición del pavimento

Máx. CDV: Es el máximo valor deducido corregido.

Cabe añadir que al obtener el cálculo de PCI ubicaremos en el rango de clasificación de condición del pavimento obteniendo un resultado de bueno o malo ya sea la evaluación.

La **Fotogrametría Aérea** es la ciencia para realizar planos o mapas mediante imágenes aéreas bajo condiciones matemáticas, permite obtener información de gran exactitud que serán empleadas en la elaboración de plano catastral, mapas, etc.³⁵



Figura 7: Fotogrametría Área

La fotogrametría se basa en la estereoscopia que es clasificada en estereoscopia natural y estereoscopia artificial. El primero es definido como la aptitud de los humanos en ver el relieve de los objetos, esto es posible ya que el cerebro une las

³⁵ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 46)

imágenes visualizadas y genera una imagen en relieve, la segunda en la obtención de imágenes vistas de distintos puntos.³⁶

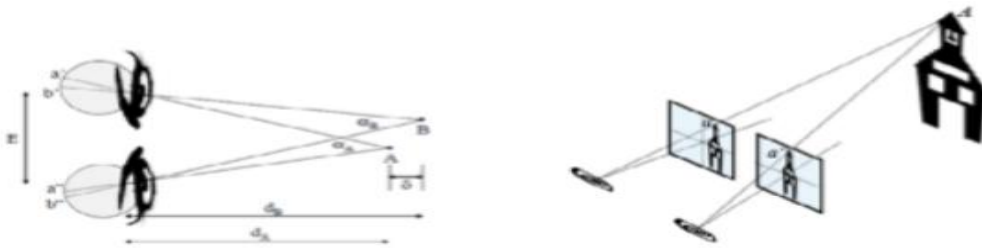


Figura 8: Visión estereoscópica natural y artificial



Figura 9: Principio de la fotogrametría

La fotogrametría dio sus inicios al mismo tiempo que surgió la fotografía aproximadamente en el año 1826 y a través del tiempo viene evolucionando (fotogrametría Analógica, plana y digital).³⁷

la fotogrametría es la ciencia, arte y tecnología en la que se obtienen datos y medidas precisas de objetos concretos, a través de imágenes y patrones de energía electromagnética y entre otros. Esta definición abarca diversos conceptos que no solo es un medio de medición y calculo.³⁸

³⁶ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 50)

³⁷ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 8)

³⁸ (AMERICAN Society of Photogrammetry and Remote Sensors (ASPRS), (1980)

Asimismo, se puede dividir en Aero Fotogrametría Fotográfico y Aero Fotogrametría Lidar. El primero se emplea un vehículo aéreo no tripulado que, montado de una cámara, la cual va permitir obtener información fotogramétrica, mientras que el segundo va montado el Lidar (Light Detection and Ranging), esta emplea una luz láser para recopilar información espacial de las superficies evaluadas realizando mediciones exactas en 3 dimensiones.³⁹



Figura 10: Flujo de trabajo

Además, **la fotogrametría** es un método que nos facilita realizar un levantamiento, lo cual permite realizar mediciones precisas a base de fotografías o imágenes aéreas de cualquier tipo de objeto. Dentro de la información que se puede obtener están la documentación puntual (coordenadas de los puntos que se obtuvieron de las imágenes), documentación representativa (plano, mapas, modelos tridimensionales, etc.), documentación textual (imágenes, ortofotos, etc.)⁴⁰

³⁹ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 11)

⁴⁰ (CHELI, 2011 pág. 25)

Los años más importantes en la evolución de fotogrametría son:

1827: La primera fotografía a nivel mundial por Joseph Nicephore

1840: Se realiza una posibilidad del empleo de fotografías en el levantamiento topográfico por Francois Arago.

1849: El ingeniero del ejército francés Aime Laussedat realiza experimentos con el empleo de la cámara lucida levantamientos topográficos

1855: Se realiza la primera fotografía Área por Gaspard Félix, quien también menciona la posibilidad de emplear en la topografía.

1885: Se presenta registros fotogramétricos en las Ruinas Persepolis

1888: Se inicia la fotogrametría terrestre por Edouard Gaston en Canadá

1893: El termino Fotogrametría es introducido por Albrecht Meydenbauer.

1910: Se crea la Sociedad Internacional para la Fotogrametría en Austria.

1913: El primer fotoplano desde un avión en Libia por el capitán Cesare Tardivo.⁴¹

Para desarrollar la aplicación de la Fotogrametría Aérea en la evaluación del pavimento es imprescindible conocer siguientes definiciones.

Imagen Digital. Es una matriz en dos dimensiones que cada unidad de información es un pixel que cuenta con coordenadas (i,j), entre las características se encuentran la resolución (GSD), dimensión y profundidad.

Una imagen digital va depender del tamaño de pixel, es decir, de la resolución en fotogrametría se denomina espacial (GSD). Mientras más grande sea el GSD, se obtendrá menor información, si el GSD es menor se tendrá mayor información. Generalmente se expresa en ppp (pixeles por pulgada).⁴²

⁴¹ (Jauregui, 2005 pág. 7)

⁴² (QUIRÓS Rosado, 2014 págs. 58-59)

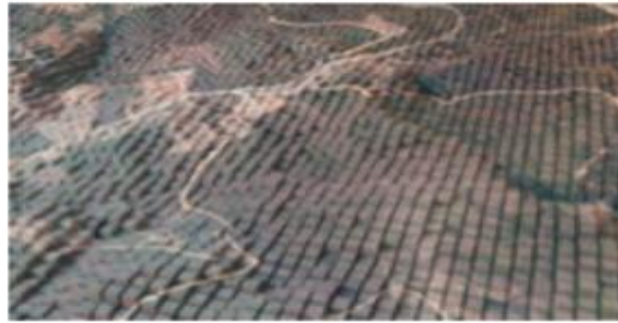


Figura 11: GSD

El tamaño del archivo se obtiene mediante la siguiente fórmula, pues es la cantidad de memoria que se necesita para almacenar toda la información. Está en relación con el GSD, largo y ancho, y profundidad del color. La información será mayor si la imagen será a color, ya que se puede hasta triplicar.⁴³ (Quirós, 2014, p.61).

$$\text{Tamaño} = R^2 \times L \times A \times P$$

R= Resolución (*ppp*)

L y A= Largo y Ancho (*pulg*)

P= Profundidad de color

Figura 12: Tamaño de una imagen digital

Los Vehículos Aéreos no Tripulado – VANT. Son denominados también UAV “Unmanned Aerial Vehicle”, UAS “Unmanned Aerial System” o RPAS “Remotely Piloted Aircraft”. Este vehículo es pilotado a través de un control o también puede ser programado por medio de programas para mayor seguridad.⁴⁴

La aeronave pilotada a distancia (RPA) es pilotada por un piloto remoto, el piloto puede realizar un vuelo automático planeando el tiempo de vuelo; además, puede intervenir en el momento del vuelo. El RPA tiene varias denominaciones según su etimología y origen, generalmente se conoce como drone o UAV. El primero tiene una definición militar, drone deriva de dron, que significa zángano o abeja macho, pues tiene el sonido similar al de una abeja, en la norma se prescinde de la

⁴³ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 61)

⁴⁴ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 11)

definición, solo se denominara como RPA. El segundo UAV (Unmanned Aerial Vehicle) es un término obsoleto.⁴⁵

Según Valavanis y Vachtsevanos señalan que el **vehículo aéreo no tripulado** se refiere a una maquina voladora sin piloto humano a bordo o pasajeros, por ello no tripulado implica la ausencia total de un humano que dirige y pilotea activamente aeronave. Las funciones de control para aeronaves no tripuladas pueden estar a bordo o fuera de ella. El termino UAV se ha utilizado durante varios años para describir los sistemas aéreos no tripulados. Se han propuesto varias definiciones para esto término, como una aeronave reutilizable diseñada para operar sin piloto a bordo.⁴⁶

Tipos de VANT. Existen diversos tipos de drones que se clasifican según su tamaño, utilidad y función, pero generalmente se pueden clasificar en dos:

Multirotor: Es un vehículo aéreo no tripulado que está compuesto principalmente por rotores y hélices, pueden ser cuadrocopteros, sextocopteros, etc. Este equipo tiene las ventajas que puede ser utilizado en zonas inaccesibles, no es necesario un espacio grande para el despegue y aterrizaje ya que lo hace verticalmente; sin embargo, es muy ruidoso, solo puede tener un tiempo de vuelo de 35 minutos como máximo y no es utilizado cuando halla vientos y lluvias.⁴⁷

A la fija: Este tipo de vehículo aéreo no tripulado son empleados en trabajos de



áreas extensas, como es el caso de la cartografía y teledetección; además, suelen

Figura 13: Vehículo Aéreo no Tripulado modelo Yunecc H920-CG04 Multirotor

⁴⁵ (DIRECCION General de Aeronáutica Civil, 2015 pág. 2)

⁴⁶ (VALAVANIS, y otros, 2015 pág. 44)

⁴⁷ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 16)

ser silenciosos, volar a una altura mayor, el tiempo de vuelo puede llegar hasta 1 hora, la desventaja es el despegue y aterrizaje ya que necesita una zona plana, y difícilmente entra a lugares pequeños.⁴⁸



Figura 14: Vehículo Aéreo no Tripulado modelo Parrot Disco Ala Fija

Partes principales de un vehículo aéreo no tripulado.

Marco: Es la parte que da la forma al dron y por medio de este se aseguran y instalan las demás. Existen distintos diseños y materiales según al tipo de VANT.

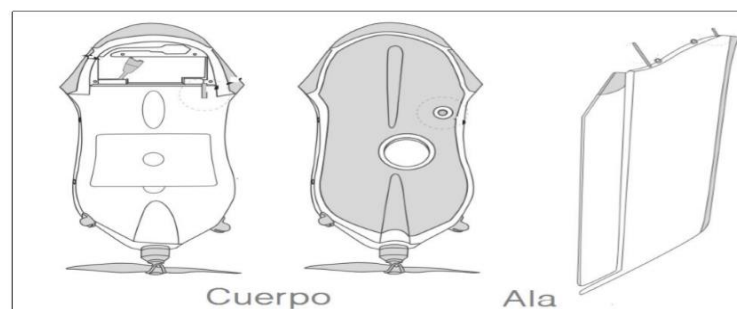


Figura 15: Cuerpo de VANT tipo Ala Fija

⁴⁸ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 17)



Figura 16: Estructura de VANT Multirotor

Motores, ESC y hélices: estos componentes mantienen al dron en el aire. Los ESC conocido como controlador de velocidad electrónico se encarga de regular la potencia eléctrica para mantener el giro de los motores con eficiencia.⁴⁹



Figura 17: Motor de Mavic Air

Controlador de vuelo: se encarga de controlar y censar el multirotor. Además, en este componente van conectados el GPS, acelerómetro, que permitirán conocer la altitud, ubicación y velocidad del VANT; así se podrá realizar vuelos planeados para un trabajo con precisión exacta.



Figura 18: Controlador de vuelo Pixhawk

⁴⁹ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 19)

Baterías: Se encargan de brindar energía para el funcionamiento del vehículo aéreo no tripulado principalmente suelen ser pesados.⁵⁰



Figura 19: Baterías de Mavic Pro

Cámara y estabilizador: De acuerdo al tamaño del VANT se puede adicionar una cámara con la finalidad de realizar diferentes tipos de trabajos; así como una cámara Go Pro Hero. Además, de la cámara se añade un estabilizador o Gimbal con el objetivo de absorber los movimientos o vibraciones, se encargan de corregir automáticamente el ángulo de la cámara.⁵¹



Figura 20: Cámara y estabilizador del Phantom 4 Pro

Las cámaras empleadas en la fotogrametría con drones generalmente son Digitales Convencionales que van montadas en el VANT, con estas cámaras se obtendrán productos finales para el análisis detallado de una construcción con diferentes softwares. A continuación, se detallan las siguientes definiciones importantes.

⁵⁰ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 20)

⁵¹ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 21)

Resolución: En la resolución se muestra la cantidad de detalles que pueda tener la imagen, se calcula teniendo los datos del alto y ancho en pixeles, adicionalmente se deduce que mientras tenga mayor número de pixeles el trabajo tendrá mayor calidad.



Figura 21: Representación de numero de pixeles por imagen y calidad

El tamaño del pixel está relacionado con la resolución por ejemplo si una imagen es de 32x32 pixeles equivale a 32x32 de área en el terreno, las imágenes digitales obtenidas por cámaras aéreas presentan menores o iguales a 1x1 pixeles.⁵²

Valor de Ground Sample Distance es imprescindible conocer el sensor de resolución que tiene el dron, pues si esta es alta nos permitirá realizar un planeamiento de vuelo con una altura de vuela mayor y minimizar el tiempo de vuelo que es muy importante.

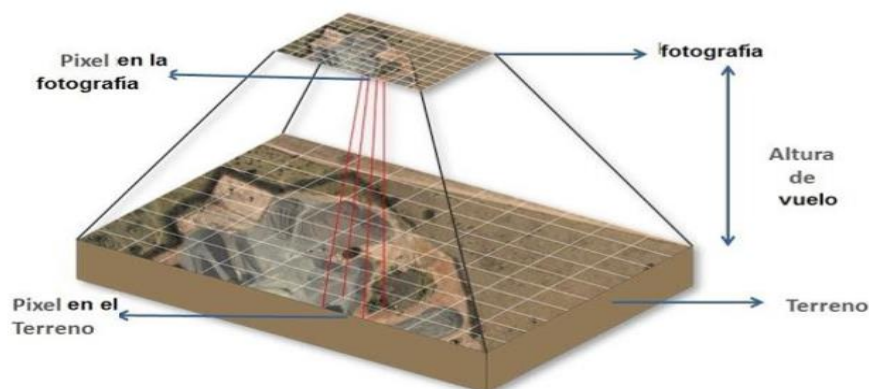


Figura 22: Representación de la foto en el terreno

⁵² (COELHO, y otros, 2007 pág. 54)

La resolución, como ya se mencionó anteriormente, es directamente proporcional al número de píxeles. Si tenemos cada fotografía pequeños cuadrantes que representan los píxeles, entonces el GSD es la distancia que representa cada pixel en el terreno. Si contamos con un GSD de 2.5 cm, nos indica que cada pixel mide 2.5 cm en la superficie. Este valor es muy importante para realizar un trabajo detallado, pues si tenemos y GSD mayor a 5cm se obtendrán resultados de baja calidad.⁵³

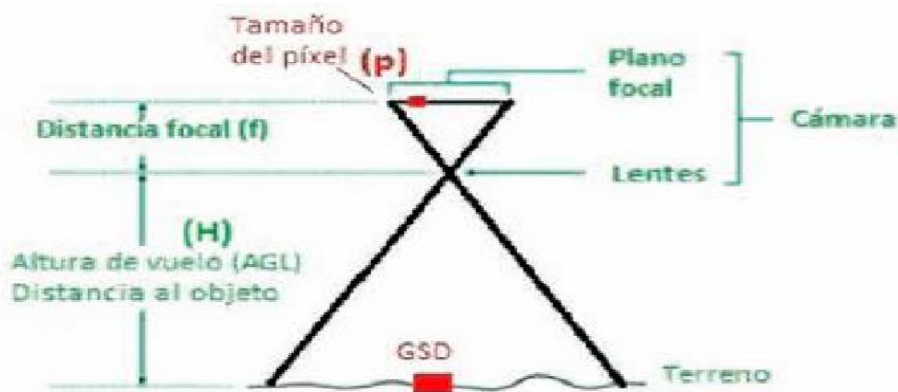


Figura 23: Relación entre GSD y altura de vuelo

Traslape: En la fotogrametría es necesario tener traslapes o emparejamientos que tengan puntos comunes, para que los programas empleados en el procesamiento de imágenes identifiquen una posición de miles de puntos que son parte de la nube de puntos con la finalidad de obtener un modelo 3D.

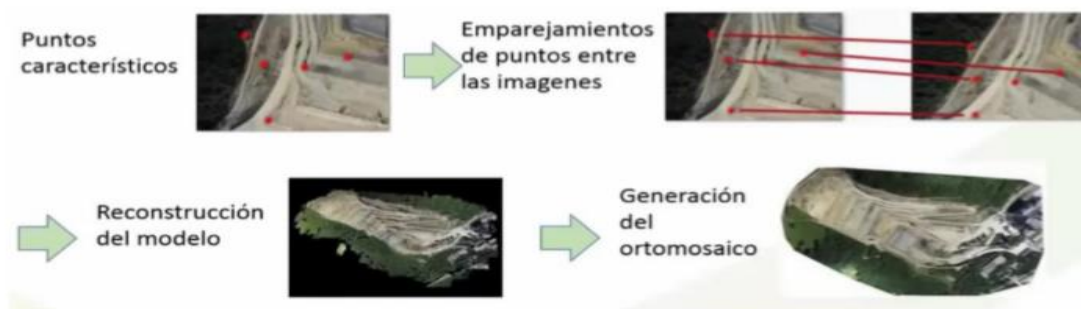


Figura 24: Proceso de construcción del modelo

⁵³ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 25)

Existe el traslape longitudinal y transversal que se debe tener en cuenta al momento de realizar el vuelo; así, para no obtener ruidos y se obtenga una reconstrucción en modelo 3D.⁵⁴

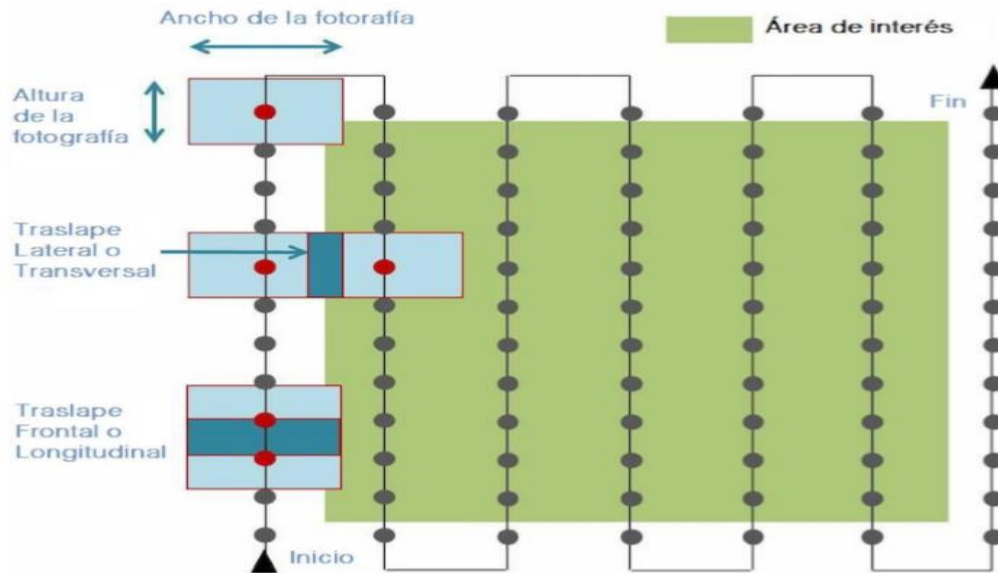


Figura 25: Formas de traslape

Georrefrenciación y puntos de control: Es el proceso en el cual ubicaremos nuestro trabajo en coordenadas reales, ubicándolo en el globo terrestre, donde debería estar ubicado. Para ello se emplea los Sistemas de Posicionamiento Global por Satélite denominado como GNSS, que nos permita darles orientación, escala y posición a los modelos de puntos obtenidos. No todos los VANT cuentan con un receptor GPS, menos de tipo GNSS. Por ello, se emplea puntos de control (Ground Control Point GCP). Esta dependerá del tipo de relieve y la exactitud que deseemos en el estudio. Los puntos de control se realizan mediante equipos GNSS son realizados antes del vuelo y apreciables para no tener inconvenientes al momento de trabajo en gabinete. Las coordenadas de estos puntos serán empleadas para corregir la posición de cada imagen.⁵⁵

⁵⁴ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 27)

⁵⁵ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 30)

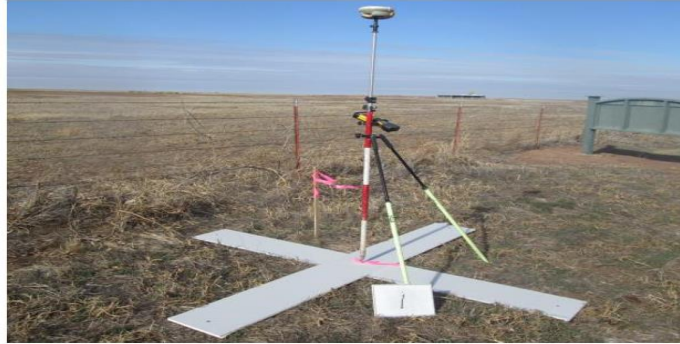


Figura 26: Colocación de punto de control terrestre GCP

Vuelo Fotogramétrico. La fotogrametría, es la técnica que tiene el fin de estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías. Mayormente en la ingeniería se aplican en los siguientes grupos:

- 1) Vías de comunicación. Para el estudio de establecimiento de trazados.
- 2) Planificación territorial. Para el ordenamiento territorial y planeamiento urbanístico.
- 3) Hidrología. Deformaciones de presas, estudio de cuencas, etc.
- 4) Movimiento de tierras. Calculo de volúmenes removidos.⁵⁶

Los tipos de proyección pueden clasificarse en:

- Tangencia de la superficie auxiliar: La tangencia puede hacerse por un paralelo, por un meridiano, por los polos.
- Las propiedades que conserven: Algunas conservan las distancias, otras los ángulos.
- La superficie auxiliar con la que se realiza la proyección: Un plano, un cilindro o un cono.
- Punto desde el que se proyecta: Este puede estar en el interior de la esfera, en su superficie o alejado de la misma.⁵⁷

⁵⁶ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 57)

⁵⁷ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 57)

Planificación de vuelo. En esta etapa o proceso se define como la elaboración del plan del trabajo que se realizara en el campo. La planificación de vuelo inicia con las condiciones atmosféricas, que dentro de ellas se encuentra: la luz, viento y lluvia; y finaliza con los parámetros de vuelo (Área de proyecto, altura de vuelo, velocidad de vuelo, tamaño de sensor, distancia focal, valor GSD, duración de vuelo).⁵⁸

Condiciones Atmosféricas

Luz: El sensor de la cámara capta energía para obtener la imagen digital; por ello, se recomienda realizar el planeamiento del vuelo cuando el sol incida directamente con el terreno.⁵⁹

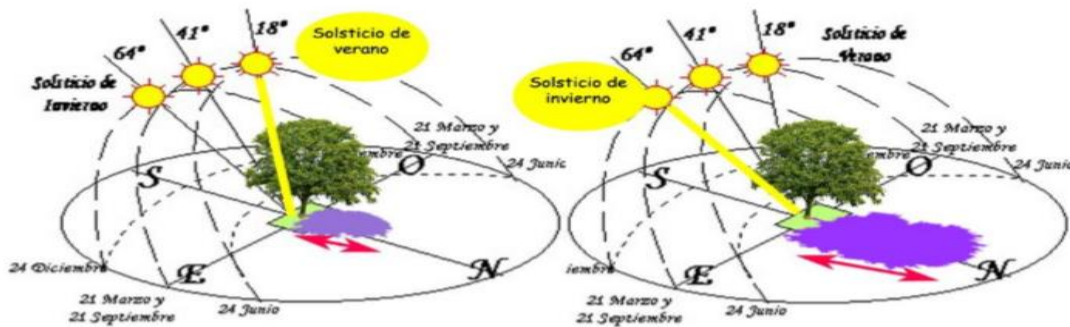


Figura 27: Sombra según la posición del sol

Viento: Es un movimiento de masas de aire que se desplazan en una dirección específica, lo cual se origina por la diferencia de temperatura y presiones de los cuerpos de aire en diferentes zonas. Principalmente, en las tardes existe mayor movimiento, puesto que en las mañanas ha sido calentado y en el atardecer se vuelve liviano. Los vehículos aéreos no tripulados que se emplean en zonas donde el viento es mayor son los de ala fija por la aerodinámica que posee, es imprescindible saber la dirección del viento, puesto que se conviene planificar el vuelo en dirección a este.

⁵⁸ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 31)

⁵⁹ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 31)

Los vientos mayores a 30km/h son considerados moderados y mayores a 40km/h son considerados vientos fuertes. A mayor velocidad de viento implicará mayor uso de la energía almacenada, esto reducirá el tiempo de vuelo.⁶⁰

Lluvia: No es recomendable realizar una planificación de vuelo cuando exista lluvia, a pesar que exista drones se soporten estas condiciones, ya que para un trabajo de ingeniería las imágenes no servirían de nada. Las gotas de lluvia pueden generar ruido o puntos que distorsiones el procesamiento.⁶¹

Parámetro de Vuelo

Área del Proyecto: Es el área en donde se realizará la obtención de imágenes VANT. Es necesario considerar 20 metros más a cada lado del terreno o área de interés, a esta nueva área que se origina al adicionar 20 metros más se le denomina área marginal.⁶²

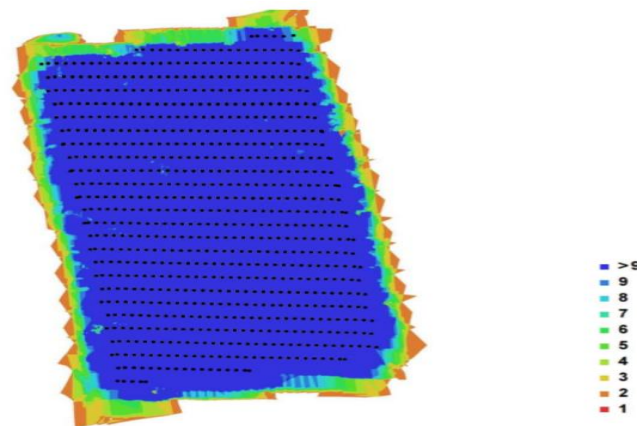


Figura 28: Nivel del grado de traslape

Altura de Vuelo: Es muy importante determinar la altura de vuelo ya que están relacionados con el tiempo y valor del GSD. Esto nos indica que si se planea un vuelo de altura mayor el tiempo de vuelo será menor y se obtendrá una calidad menor, pero si se vuela a una altura menor el tiempo de vuelo será mayor y la

⁶⁰ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 32)

⁶¹ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 32)

⁶² (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 33)

calidad mayor. Por ello, se recomienda realizar un buen planeamiento de vuelo teniendo en cuenta la batería, el área de la superficie y la calidad.⁶³

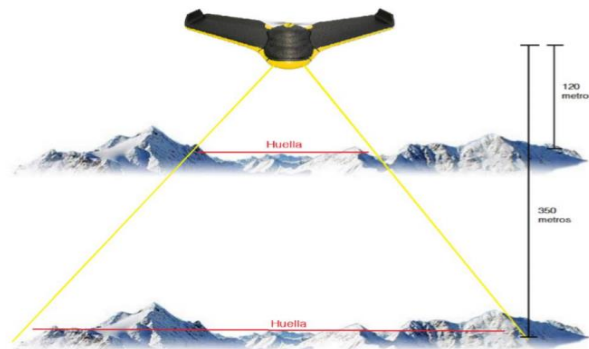


Figura 29: Altura de vuelo con relación a huella fotográfica

Velocidad de Vuelo: La velocidad de un vehículo aéreo no tripulado puede superar los 30m/s, pero para realizar un trabajo de obtención de mapas o fotogrametría lo recomendable es considerar una velocidad moderada de 7m/s; además, se puede realizar un planeamiento de vuelo con una velocidad alta que comprende de 10m/s a 15m/s.⁶⁴











Tamaño de sensor y Duración de vuelo. EL sensor se encuentra ubicado dentro del eje óptico de la cámara, este recibe la luz con el cual se proyecta la imagen que se obtuvo. Si el tamaño del sensor es mayor se obtendrán imagen con mayor calidad, ya que los pixeles serán de mayor tamaño, por lo tanto, mejor resolución. Debemos considerar en la planificación del vuelo Fotogramétrico que la duración de vuelo no sobrepase el 70% de la capacidad de la batería, pues nos permite un margen para el tiempo de vuelta.⁶⁵

⁶³ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 34)

⁶⁴ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 35)

⁶⁵ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 36)

Tabla 2: Tamaño del sensor con diferentes tipos de cámara

	Full frame	APS-C	4/3"	1/1.6"	1/3.2"
					
Tamaño sensor	36 x 24 mm	24 x 16 mm (aprox.)	17 x 13 mm (aprox.)	8.3 x 5.6 mm (aprox.)	4.5 x 3.4 mm (aprox.)
Área del sensor	8.6 cm ²	3.6 cm ²	2.25 cm ²	0.47 cm ²	0.15 cm ²
Representación del tamaño					

Fuente. Aéreo fotogrametría inteligente

Proceso Fotogramétrico. Se denomina proceso fotogramétrico a todas las fases concatenadas que vas a permitir la obtención de información a partir de fotografías aéreas. Inicia con la toma de fotografías y finaliza con la obtención de coordenadas en tres dimensiones del lugar evaluado. Estas coordenadas generan planos, modelos digitales de elevaciones, etc.

Después de la obtención de imágenes se realiza el proceso fotogramétrico digital, que es la reconstrucción de las posiciones de las imágenes como se hicieron en el instante, si se realizó varios vuelos es necesario llevar un orden adecuado para no tener ruido. Además, es importante tener una orientación de las imágenes para tener un producto final de calidad.⁶⁶

Además, el proceso fotogramétrico considera a nube de puntos, ortofotomosaico, modelo digital, modelo 3d, lo cual ayudaran a obtener la suficiente información para el desarrollo de un trabajo específico.⁶⁷

El objetivo principal es reconstruir a partir de imágenes tomadas desde un dron que son bidimensionales una superficie que nos ayudaran a realizar un análisis más riguroso. Las etapas más básicas son la toma de imágenes, la orientación del sensor y la reconstrucción.⁶⁸

⁶⁶ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 91)

⁶⁷ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 37)

⁶⁸ (CHELI, 2011 pág. 91)

Puntos de Control. Los puntos de control son puntos que se obtienen en campo teniendo sus coordenadas. Estos puntos son marcados en campo, en la cual deben identificados al momento del trabajo en gabinete. Generalmente, se emplea la técnica GPS para tener las coordenadas, para posteriormente subirlos a un programa.⁶⁹

Nube de Puntos Densa Es el conjunto de puntos que tienen coordenadas x, y, z. En la identificación de puntos comunes de la imagen se pueden generar la triangulación, que permitirán obtener la superficie con curvas de nivel.⁷⁰



Figura 30: Nube de puntos densa

Ortomosaico. Es el resultado final del procesamiento de las imágenes tomadas con el vehículo aéreo no tripulado. El mosaico de las imágenes es perpendicular al eje focal, ello el nombre de ortofotomosaico. En esta etapa se pueden realizar mediciones en el plano así como: perímetro, longitud, áreas, empleando programas de SIG o CAD.⁷¹

⁶⁹ (QUIRÓS Rosado, 2014 pág. 91)

⁷⁰ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 37)

⁷¹ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 38)



Figura 31: Ortofotomosaico

Modelo digital de la superficie y el terreno (MDT- MDS). Es el procesamiento de imágenes tomadas con el vehículo aéreo no tripulado. Este modelo contiene información de las coordenadas x,y,z, en el cual podemos generar mapas de elevaciones , cursos de agua, curvas de nivel, movimiento de masas del terreno, etc. La diferencia entre el modelo digital de la superficie y el modelo digital del terreno, es que el primero es la superficie que contiene todo lo que capto la imagen, por ejemplo: autos, viviendas, arboles, etc. Mientras, el segundo contiene netamente el terreno de trabajo, este proceso se realiza clasificando la información que no es necesario para el estudio.⁷²



Figura 32: Modelo Digital de Superficie.

⁷² (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 39)

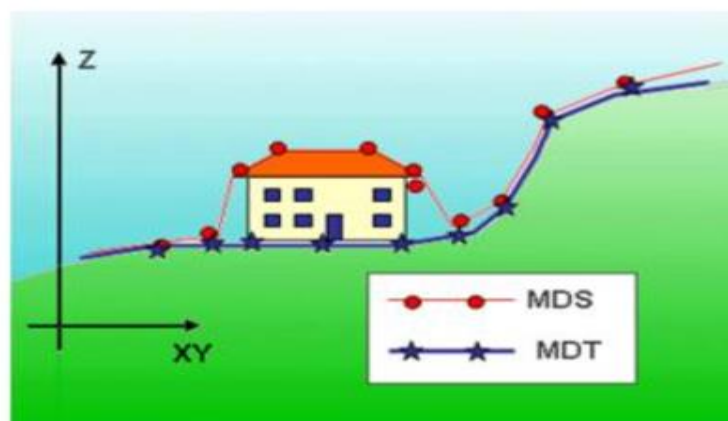


Figura 33: Diferencia entre MDS y MDT

En la actualidad el mapeo contiene los modelos digitales de superficie, además de las curvas de nivel los relieves del terreno son importantes. El modelo digital de superficie se determina como una representación numérica para un relieve del terreno.⁷³

Modelo 3D. Es un modelo realista en 3D, que es generado en base a la nube de puntos, ortofotomosaico y modelo tridimensional con programas adicionales, en la cual nos ayudaran para obtener maquetas que nos ayuden a un análisis más riguroso.⁷⁴

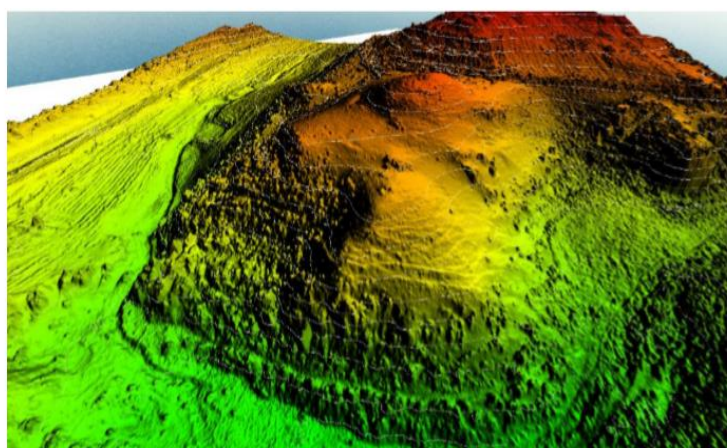


Figura 34: Modelo 3D de la superficie

⁷³ (BRITO , y otros, 1999 pág. 157)

⁷⁴ (DÁVALOS Gonzales, 2016 pág. 40)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

La investigación descriptiva interpreta la condición actual de la naturaleza, el desarrollo de la investigación se realiza sobre personas o objetos la cual tienen un comportamiento o funcionamiento en el presente, tiene como característica principal presentar una interpretación precisa y correcta.⁷⁵

La investigación es de **tipo descriptiva**, puesto que se detallará las anomalías del pavimento tal como será observada y aplicada, ya que se va determinar la condición del pavimento flexible empleando un vehículo aéreo no tripulado.

En la investigación no experimental no se realiza una manipulación intencional de las variables, esta investigación es empírica y sistemática, en la cual la variable independiente no se manipula, pues ya han sucedido en el entorno natural.⁷⁶

El diseño de la investigación es **no experimental** ya que no se manipulo la variable independiente.

La investigación no experimental se clasifica en dos tipos transversal y longitudinal. La investigación transversal se caracteriza por recopilar datos en un tiempo determinado, ya que su fin es definir las variables y analizar los datos en un momento dado.⁷⁷

La investigación presente es de **corte transversal** ya que el estudio se realizará en una fecha establecida por el investigador.

El enfoque mixto de la investigación hace referencia a un conjunto de procesos de análisis, recolección de información cualitativa y cuantitativa en un solo estudio o diferentes investigaciones para solucionar el planteamiento que se hizo de un problema.⁷⁸

⁷⁵ (TAMAYO, 2002 pág. 46)

⁷⁶ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 150)

⁷⁷ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 151)

⁷⁸ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 533)

La investigación es de **enfoque mixto** ya que la metodología del PCI evaluará con un rango de valor número y también se dará a conocer si el pavimento se encuentra en buenas condiciones o pésimas condiciones.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable dependiente: Es en general la derivación de la variable independiente. En la investigación es la Evaluación superficial del pavimento flexible con el método PCI.

Variable independiente: Son las causas de la investigación científica.⁷⁹ En la investigación es la Fotogrametría aérea.

Operacionalización de variables: La definición de cada una de las variables es importante para determinar el método adecuado para medirlas y realizar inferencias de los datos.⁸⁰

Escala de medición: Los elementos que conforman el proceso de investigación en toda investigación científica necesitan un ejercicio de medición. Por tal razón, se emplean las escalas de medición, que son valores ordenados gradualmente. Son clasificadas en cuatro tipos.

Nominal: Es una lista de diferentes posiciones de una variable.

Ordinal: Existe una jerarquización de los valores de la variable.

Intervalos: Puede ser el coeficiente intelectual de valores 70-100 puntos.

Razones o cocientes: Esta escala mide la masa, longitud y variables del mundo físico.⁸¹

⁷⁹ (GÓMEZ Bastar, 2012 pág. 33)

⁸⁰ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 198)

⁸¹ (GÓMEZ Bastar, 2012 págs. 62-63)

3.3. Población, Muestra y muestreo.

Población:

La población es denominada también universo que se define como un conjunto de todos los casos que tengan congruencia con una serie de especificaciones.⁸²

La población que se utilizó en esta investigación son las vías de pavimentos asfáltico del distrito de Huanta – Ayacucho.



Figura 35: Zona de estudio Circunvalación Este

Muestra:

La muestra es un subconjunto de un universo o población, se emplea por economía de recursos y tiempo. Se necesita obtener la población para generalizar los resultados, pueden ser de dos clases no probabilísticos y probabilísticos.⁸³

En la investigación se inspeccionó el pavimento asfáltico de la calle Circunvalación Este en el distrito de Huanta lo cual tiene una longitud de 760 m y un ancho aproximadamente de 7 m, se dividió en unidades de muestra para ello se tomó el rango en la cual se debe ubicar cada unidad de muestra en un pavimento flexible que es 230 ± 93 m² según el ASTM D6433. En la investigación se tomó en cuenta que cada unidad de muestra tenga una longitud de 40 m y 7 m de ancho, se obtuvo un área de 280 m². Por lo tanto, se concluye que en total se evaluarán 19 unidades de muestra.

⁸² (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 174)

⁸³ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 171)

Muestreo

Al momento de elegir la muestra de una investigación se deben tomar en cuenta dos decisiones importantes: el número de casos, es decir el tamaño de la muestra y la manera de elegir.⁸⁴

El muestreo será probabilístico ya que se empleó fórmula de la norma ASTM D6433.

Se realizó el cálculo de las unidades de muestra mínimas que se evaluará con un nivel de confianza de 95%.

$$n = \frac{19 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (19 - 1) + 10^2} \approx 9$$

Figura 36: Número de unidades de muestreo

Además, se calculó el intervalo de muestra.

$$i = \frac{19}{9} \approx 2$$

Figura 37: Número de Intervalos

En la imagen se muestra las 19 unidades de muestra de los cuales con el método PCI tradicional se evaluó las de color verde, que son 9, mientras que la evaluación empleando el vehículo aéreo no tripulado evaluó 18 unidades de muestras, ya que una unidad de muestra representa la longitud del puente en la vía.



Figura 38: Unidades de Muestra a evaluar

⁸⁴ (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 567)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas permiten el desarrollo del método en el entorno en donde se aplica, las técnicas del método científico son prácticas reflexivas y conscientes orientadas al apoyo de la metodología.⁸⁵

La técnica de recolección de datos es el arte o forma de examinar el camino.⁸⁶

Para la recolección de datos de esta investigación se toma en cuenta las siguientes técnicas:

- La observación: utilizaremos la observación, puesto que es la parte principal para recoger los datos en este caso las fallas del pavimento Flexible para dar paso al análisis de las fallas logrando obtener la condición actual del pavimento Flexible.
- Bibliografía: Es necesario tener en cuenta la norma ASTM D6433, puesto que ahí se encuentran los pasos para la evaluación; asimismo, algunos textos donde nos ayudaron a conocer con detalle las fallas existentes en un pavimento asfáltico.
- VANT: Emplearemos esta tecnología para la inspección del pavimento Flexible.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos sirven de refuerzo para que las técnicas alcancen el objetivo.⁸⁷

Los instrumentos de recolección de datos se refieren a los medios que se emplea para almacenar la información o datos recolectados. El instrumento a utilizarse para las variables de esta investigación consiste en:

- **Hoja de registro:** Formato de evaluación bajo procedimientos del método del PCI, en donde se recolectan datos para evaluar el pavimento en estudio.

⁸⁵ (ANDER-Egg, 1992 págs. 6-8)

⁸⁶ (ANDER-Egg, 1974 pág. 44)

⁸⁷ (BAENA Paz, 2017 pág. 68)

- **Programas:** se emplearán programas para el procesamiento de las imágenes obtenidas con el vehículo aéreo no tripulado,

Validez

La validez garantiza que el instrumento mida verdaderamente lo que debe medir esto significa que se deban realizar las respectivas preguntas de acuerdo a los indicadores de la definición operacional, de una investigación.

Es el grado en que un test provee información que es adecuado a la elección que se toma. La validez responde a la interrogante ¿Con qué veracidad corresponde la población a la propiedad que se va medir?⁸⁸

Para establecer la validez de contenido se empleó el criterio de juicios de expertos, en la siguiente tabla se encuentra la aprobación de los ingenieros.

Tabla 3: Calificación del instrumento de la validez por juicio de expertos

N°	Expertos	Calificación
1	Margarita Boza Olaechea	Aprobado
2	Santos Ricardo Padilla Pichen	Aprobado
3	José Antonio Yengle Chuquiyaury	Aprobado

Fuente: Elaboración Propia

Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento es una manera de aseverar que cualquier tipo de instrumento al ser empleado y evaluado siempre se adquiera los mismos resultados. La confiabilidad es un error nulo con relación a los instrumentos de recolección de datos, asimismo es un nivel de autenticidad, en la cual las

⁸⁸ (CORRAL, 2009 pág. 230)

mediciones tienen insuficiencia de la desviación desarrollada por los errores de causa⁸⁹

3.5. Procedimiento

Para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible tendremos en cuenta los siguientes pasos:

- Inspeccionar el lugar realizando un recorrido visual, analizando la calle.
- Determinar las unidades de muestreo
- Identificar los tipos de fallas y los niveles de severidad, con información obtenida se calculó la densidad.
- Determinar el valor deducido
- Obtener los valores deducidos corregidos
- Determinar la condición del pavimento

Luego, emplearemos el vehículo aéreo no tripulado para la inspección del pavimento flexible, después analizaremos los datos recopilados en gabinete, empleando el programa Pix4d y CAD.

3.6. Método de análisis de datos

Se emplearán aplicaciones en la cual nos ayudarán a obtener información del pavimento flexible empleando el vehículo aéreo no tripulado.

Esto nos hace comprender que para llevar a cabo un proyecto de investigación debemos usar programas que puedan procesar los datos que obtendremos de la investigación, para que se utilicen programas como Excel, además de usar este software, debemos verificar e interpretar los resultados descartados realizados por cada objetivo.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación fue elaborado cumpliendo con las normas, resoluciones establecidas por la universidad. Asimismo, el trabajo se realizó tomando en cuenta la autoría, respeto y honradez de los diferentes autores en la ejecución del trabajo

⁸⁹ (PALELLA Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 164)

IV.RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

“Evaluación Superficial del Pavimento Flexible con el Método PCI mediante la Fotogrametría Aérea en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.”

Acceso a la zona de trabajo

El ingreso a la zona de investigación es por la carretera Huanta-Ayacucho aproximadamente a 1 hora del distrito de Huamanga en el departamento de Ayacucho.

Ubicación Política

La zona de estudio está ubicada en la región de Ayacucho, Provincia de Huanta, distrito de Huanta el cual limita con los siguientes distritos.



Figura 39 : Mapa político del departamento de Ayacucho



Figura 40: Mapa político del Perú.

Ubicación del Proyecto de Investigación



Figura 41: Provincia y departamento de Ayacucho



Figura 42: Distrito de Huanta

Tabla 4: Límites Distritales del Distrito de Huanta

NORTE	Distritos de Luricocha, Santillana y Sivia
SUR	Distritos de Iguaín y Huamanguilla
ESTE	Distrito de Ayna y Tambo
OESTE	Distrito de Chincho (Angaraes – Huancavelica)

Fuente: Elaboración propia

El distrito de Huanta limita por el Norte con los distritos de Luricocha, Santillana y Sivia. Por el Sur limita con los distritos de Iguaín y Huamanguilla. Por el Este con los distritos de Ayna y Tambo y por el Oeste por el distrito de Chincho.

Ubicación Geográfica

Tabla 5: Localización Geográfica del Distrito de Huanta

LONGITUD OESTE	74° 14' 42"
LATITUD SUR	12° 56' 06"
ALTITUD	2,627 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia

Geográficamente la zona de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM 17L 714573.62m E, 910398.07m S, presentando una altitud de 2627 metros sobre el nivel del mar como se muestra en la siguiente figura.

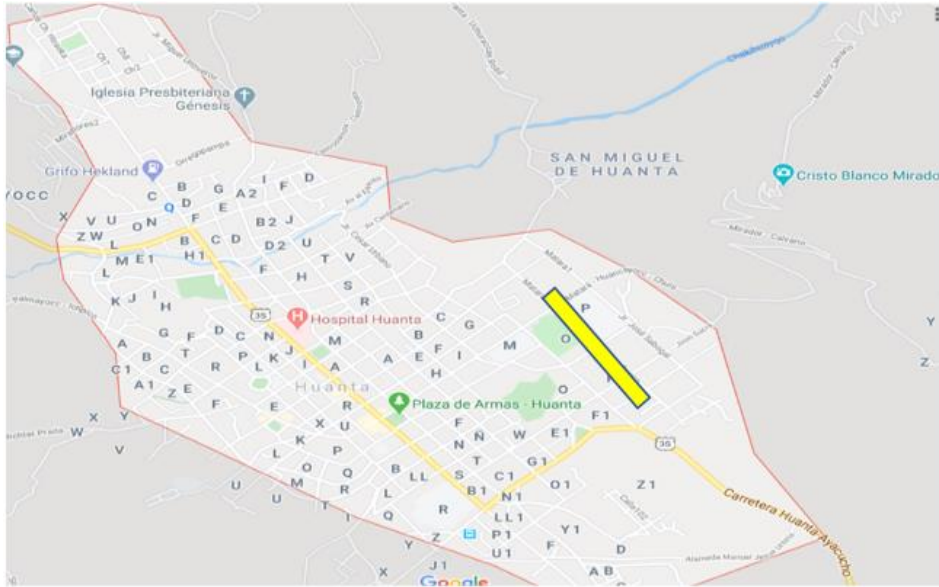


Figura 43: Ubicación del distrito de Huanta



Figura 44: Delimitación de la zona de estudio.

Vías de acceso

Para llegar a la zona de estudio, se parte de la ciudad de Lima aproximadamente a 9 horas de viaje hasta el departamento de Ayacucho, luego se realiza el viaje con un vehículo al distrito de Huanta con un tiempo de 1 hora, ya ubicado en la plaza de armas de Huanta la zona de evaluación se encuentra a 8 minutos, la cual es la calle Circunvalación Este

Clima

En Huanta, los veranos son cortos y cómodos, los inviernos son cortos y frescos y está nublado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura

generalmente varía de 9 °C a 22 °C y rara vez baja a menos de 6 °C o sube a más de 25 °C.

Para el desarrollo de la investigación se dividió en 2 partes. Primero se desarrolló la evaluación superficial del pavimento en la Circunvalación Este en el distrito de Huanta con el método PCI, lo cual se midió las fallas teniendo en cuenta la forma de evaluación como indica en el ASTM D6433-07. En segundo lugar, se empleó el vehículo aéreo no tripulado Mavic 2 pro de la empresa DJI para obtener información y evaluarlas.

Evaluación del pavimento Método PCI

Registro de fallas de campo: Según el ASTM D6433-07 para el pavimento asfáltico muestra 19 tipos de fallas; las fallas fueron registradas en el instrumento hoja de registro. Para ello, fue necesario emplear herramientas como una regla, flexómetro, yeso y cono de seguridad para realizar la evaluación del pavimento flexible en la Circunvalación Este.



Figura 45: Evaluación de la falla hueco

En todo el pavimento flexible se evaluó 9 unidades de muestra, lo cual se pudo registrar las siguientes anomalías: Piel de cocodrilo (1), agrietamiento en bloque (3), grietas longitudinales y transversales (10), parches (11), baches (13), grietas parabólicas (17), desprendimiento de agregados (19). Asimismo, se determinó el grado de severidad, cantidad y densidad. El tiempo de evaluación del pavimento de carpeta asfáltica empezó a las 9 am y concluyó a las 3.30 pm con la participación

de dos personales. En la evaluación hubo algunas discusiones al momento de identificar una falla, ya que unos meses antes la municipalidad realizó el mantenimiento de la vía, pero no de la forma óptima. Como se muestra en la imagen la vía fue generalmente parchada reemplazado mayormente con un material nuevo, el cual no es recomendable.

Para el cálculo del PCI utilizaremos como ejemplo la unidad de muestra 02, la cual está comprendida entre la progresiva 0+040 y 0+080. El proceso para las siguientes unidades de muestra se empleó el programa EvalPav.

Tabla 6: Hoja de registro de unidad de muestra 02

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE METODO PCI									
LUGAR: Circunavalacion Este					SECCIÓN: 0+040 a 0+080 Km				
FECHA 20/05/2020					UNIDAD DE MUESTREO : UM 02				
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez					AREA DE LA UNIDAD: 280 M2				
TIPOS DE FALLAS						DIAGRAMA			
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2				
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2				
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2				
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2				
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2				
7. Grieta de borde	m								
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD				
Low	Baja	L	$n = \frac{N x \sigma^2}{\frac{e^2}{4} x (N-1) + \sigma^2} = 9$	$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$				
Medium	Media	M							
high	Alta	H							
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		10		11		13		19	
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
		7	H	24	L	33	L	190	L
		4.1	M	0.42	M	2	M		
				8	M				
TOTAL		BAJA (L)	7	24	33	190			
		MEDIA(M)	4.1	8.4	2				
		ALTA(H)							

Fuente: Elaboración Propia

Después de registrar todas las fallas en el campo, sumamos todas las fallas que tienen la misma severidad y falla, para luego determinar la densidad que es la división de la cantidad total de cada falla entre el total de área de la unidad de muestra y se expresa en porcentaje.

Veamos un ejemplo con la falla 10 y severidad media.

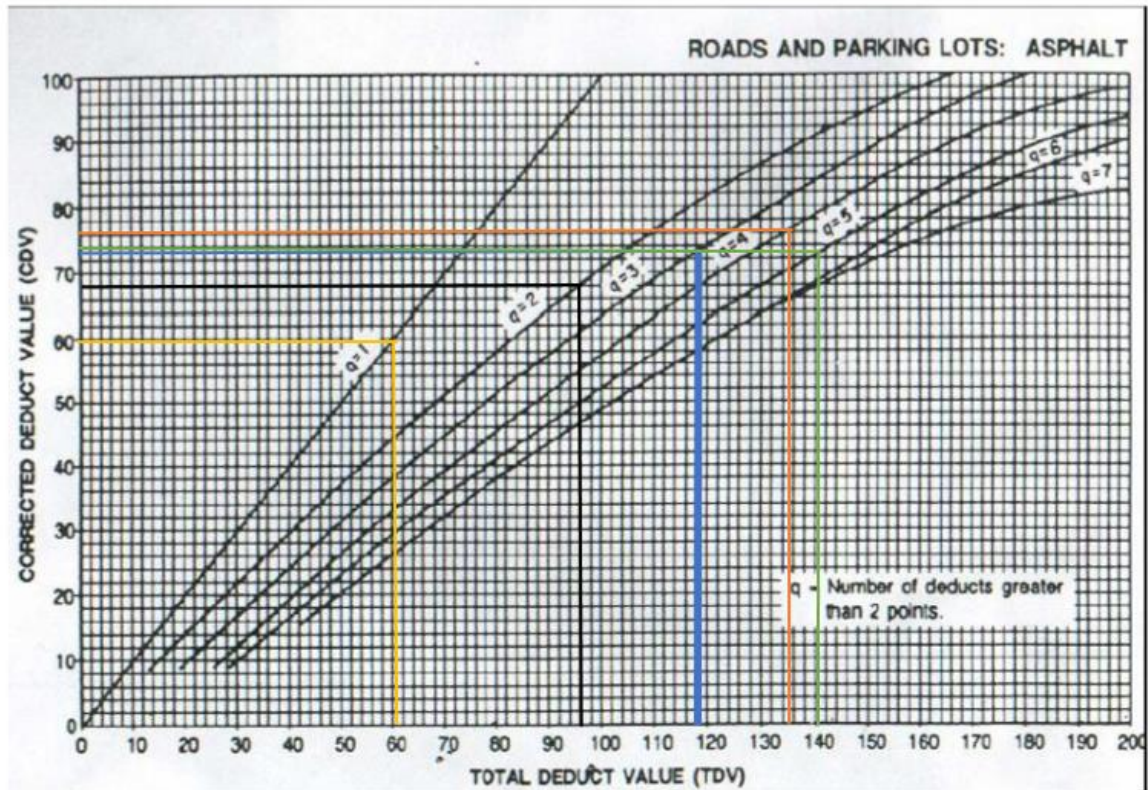


Figura 47: Valor corregido deducido de la UM02

Las 9 unidades de muestra se evaluaron mediante el programa EvalPav para obtener los resultados de manera rápida. En la tabla se observa la condición de cada unidad de muestra, y en conclusión se obtuvo la condición del pavimento muy pobre con un PCI promedio en la vía de 24.

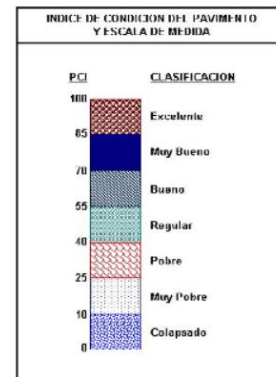
Tabla 8: Resumen de la condición del Pavimento Flexible



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA
ASTM D 6433 (2003)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	280.0	02	00+040	00+090	5.4	77	23	Muy Pobre
02	280.0	04	00+130	00+170	7.2	51	49	Regular
03	280.0	06	00+210	00+250	6.1	66	34	Pobre
04	280.0	08	00+290	00+330	4.1	73	27	Pobre
05	280.0	10	00+370	00+410	4.8	94	8	Colapsado
06	280.0	11	00+440	00+480	4.3	90	10	Muy Pobre
07	280.0	13	00+520	00+560	3.6	78	22	Muy Pobre
08	280.0	15	00+600	00+640	6.4	68	32	Pobre
09	280.0	17	00+680	00+720	2.7	90	10	Muy Pobre
PROMEDIO							24	Muy Pobre



Fuente: Elaboración Propia

Evaluación del pavimento flexible empleando el vehículo aéreo no tripulado

Trabajo en Gabinete

Plan de Vuelo. Se ubicó el lugar de evaluación en Google Earth Pro y se realizó un polígono en la calle Circunvalación Este en el distrito de Huanta departamento de Ayacucho, luego se guardó en el formato kmz para importar hacia el programa Mission Planner, en la que se realizó el plan de vuelo

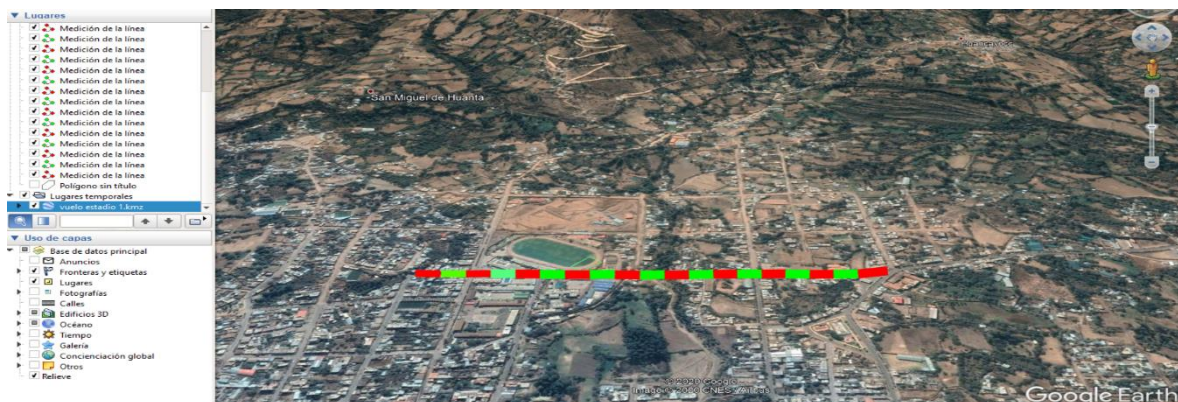


Figura 48: Ubicación del pavimento en Google Earth Pro

En el Mission Planner se ubicó el lugar de trabajo con el formato kmz extraído de Google Earth. Para realizar el plan de vuelo es importante conocer las características del vehículo aéreo no tripulado con el cual obtendremos las imágenes. En la investigación se empleó un Mavic 2 pro de la empresa DJI. Las características de la cámara que emplea el dron son uno de los requisitos del Mission Planner.

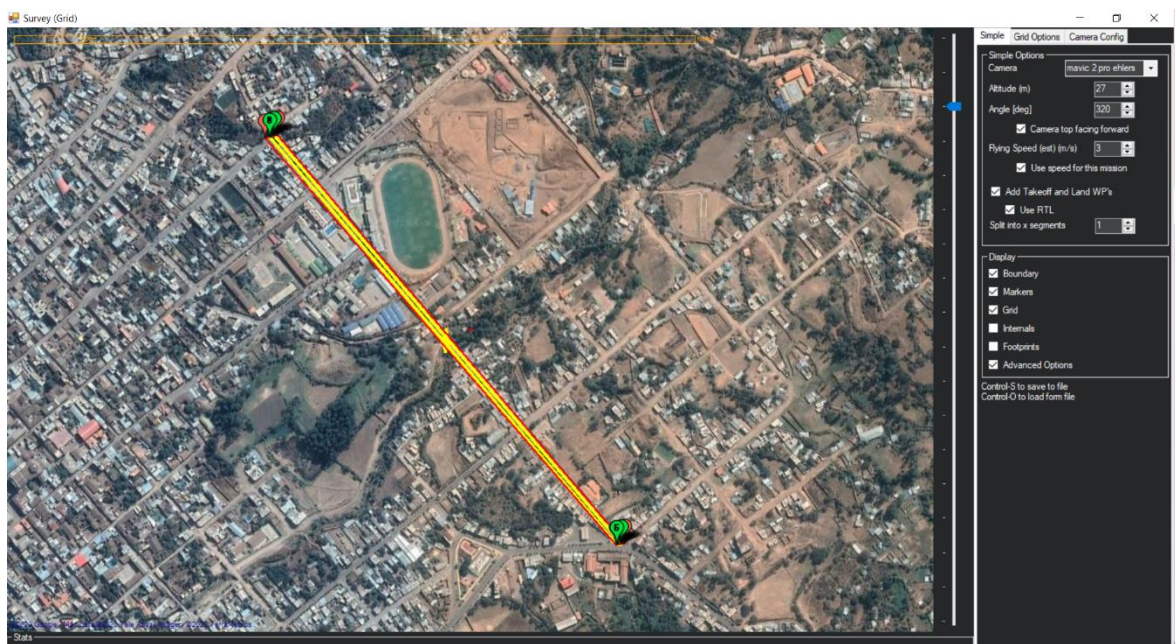


Figura 49: Plan de vuelo en Mission Planner

Como se observa en la figura. El programa indica la siguiente información de acuerdo a la altura, área, velocidad y cámara del Mavic 2 pro.

La velocidad del vehículo aéreo no tripulado es de 3 m/s a una altura de 27 m, el GSD de 0.69 cm, el total de imágenes es 261, el tiempo de vuelo de 12.40 minutos, cada foto será tomada con un intervalo de 2.03 segundos, y un traslape entre fotos de 80%.

La altura de vuelo no se realizó menos de 27, porque se encontró postes de luz y cables de alta tensión, lo cual afectaría la señal del dron y el control, luego de realizar el plan de vuelo, la información se importó hacia la aplicación Litchi.



Figura 50: Plan de vuelo en Litchi

La información en Litchi permite la ejecución del plan de vuelo, verificamos que el plan de vuelo este cargado en el Smartphone Samsung para realizar el trabajo de campo.



Figura 51: Litchi en Samsung

Trabajo de campo

En el trabajo de campo primero se verificó en la aplicación UAV Forecast y Magnetology las condiciones de vuelo para no tener inconvenientes con la señal, viento o lugares protegido. luego se procedio a calibrar el UAV.



Figura 52: UAV Forecast y Magnetology

Es importante esperar hasta que el UAV tenga 16 satélites para que la ubicación del dron sea exacta. Para el desarrollo del plan de vuelo es recomendable que se realice entre la 12:00 y 13:00 pm cuando el sol incida verticalmente al pavimento, para tener mayor claridad en la ortofoto.



Figura 53: Trabajo de campo Mavic 2 Pro

Las imágenes que se obtuvieron del vehículo aéreo no tripulado fueron descargadas e importadas al programa Pix4d Mapper para obtener la ortofoto y el modelo digital de superficie para la identificación de las fallas.

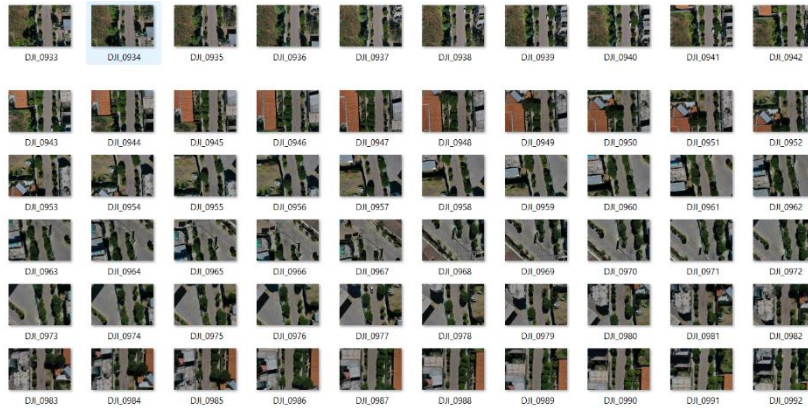


Figura 54: Imágenes obtenidas del Mavic 2 Pro

Para el procesamiento de las imágenes en el programa Pix4d Mapper se empleó una laptop core i7 con un RAM de 16 GB y una tarjeta de video NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti. El programa Pix4d tiene 3 procesos como se muestra.

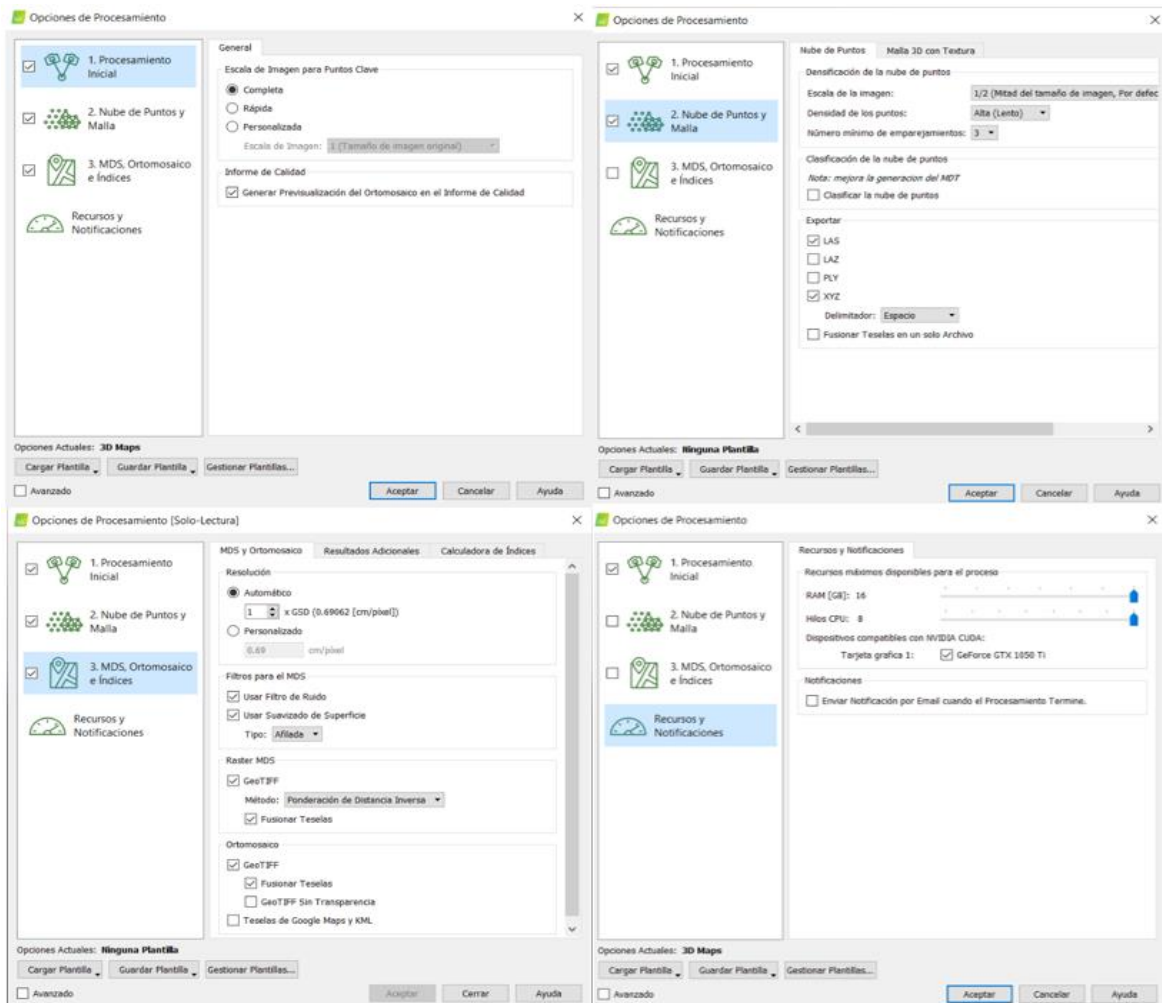


Figura 55: Pasos en el Pix4d Mapper

En el programa se cargaron los puntos de control que fueron obtenidas a partir de una estación total la cual fueron enlazadas de un punto geodésico de la Municipalidad Provincial de Huanta cuyas coordenadas fueron: Norte: 8566383.623 m Este: 582385.736 m Altitud: 2880.326 m. Los puntos de control en el proyecto de investigación son 12 en total para garantizar las medidas precisas.

Gestor GCP/MTP

Sistema de coordenadas de los puntos de apoyo
 Datum: World Geodetic System 1984; Sistema de Coordenadas: WGS 84 / UTM zone 18S (EGM 96 Geoid)

Tabla GCP/MTP

	Etiqueta	Tipo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Precisión Horz (m)	Precisión Vert (m)
6	1	3D punto de apoyo	581997.767	8569910.485	2692.805	0.020	0.020
7	2	3D punto de apoyo	582000.587	8569913.520	2692.855	0.020	0.020
9	3	3D punto de apoyo	582149.617	8569778.843	2689.281	0.020	0.020
9	4	3D punto de apoyo	582161.772	8569779.772	2689.258	0.020	0.020
8	5	3D punto de apoyo	582257.222	8569693.257	2684.013	0.020	0.020
8	6	3D punto de apoyo	582262.347	8569697.410	2684.120	0.020	0.020
7	7	3D punto de apoyo	582297.825	8569660.649	2680.381	0.020	0.020
9	8	3D punto de apoyo	582301.441	8569666.950	2680.382	0.020	0.020
8	9	3D punto de apoyo	582422.694	8569556.919	2683.331	0.020	0.020
8	10	3D punto de apoyo	582427.661	8569560.045	2683.271	0.020	0.020
8	11	3D punto de apoyo	582533.997	8569465.059	2681.177	0.020	0.020
7	12	3D punto de apoyo	582537.862	8569470.084	2681.209	0.020	0.020

12/12 Puntos de apoyo con suficiente número de marcas

Editor GCP/MTP

Para calcular la posición 3D de un punto de apoyo/punto de paso, el punto debe ser marcado en al menos dos imágenes. Para tener en cuenta los puntos de apoyo para georeferenciar el proyecto, al menos 3 puntos de apoyo deben ser marcados. Marcar puntos de apoyo/puntos de paso después del paso "1. Procesamiento inicial" requiere que el usuario ejecute Proceso > Reoptimizar. La precisión de los puntos de apoyo / puntos de paso se puede verificar en el Informe de Calidad o en el editor rayCloud.

(Recomendado) Utilice el rayCloud después de que el paso 1. Procesamiento inicial se haya procesado. Esto permite marcar los puntos de manera rápida y precisa.

Utilice el editor básico bien
 1) antes de correr el paso 1. Procesamiento inicial, o
 2) cuando se usen imágenes no geolocalizadas, o
 3) cuando se use un sistema de coordenadas arbitrario.

Editor rayCloud... Editor básico...

Importar puntos de apoyo... Exportar puntos de apoyo...
 Añadir punto
 Eliminar puntos
 Importar Marcas... Exportar Marcas...
 Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 56: Puntos de control Pix4d Mapper

El tiempo de proceso de las imágenes varía de acuerdo a la cantidad de imágenes, calidad y la velocidad de procesamiento del equipo. En el trabajo de investigación duro aproximadamente 20 horas.

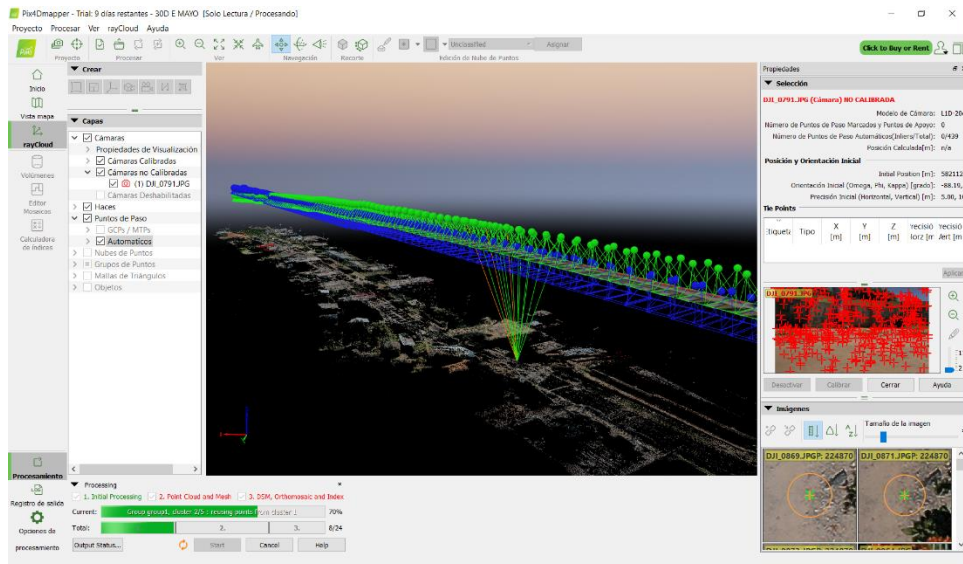


Figura 57: Procesamiento Pix4d Mapper

Después de terminar el proceso editamos y limpiamos todos los vehículos y personas en movimiento, es una de las ventajas del programas reemplazar fácilmente un área determinada.



Figura 58: Limpieza en Pix4d Mapper

En total se tuvieron que editar 18 regiones, para la evaluación del pavimento. La ortofoto y Modelo digital de superficie son procesados luego de realizar la limpieza.

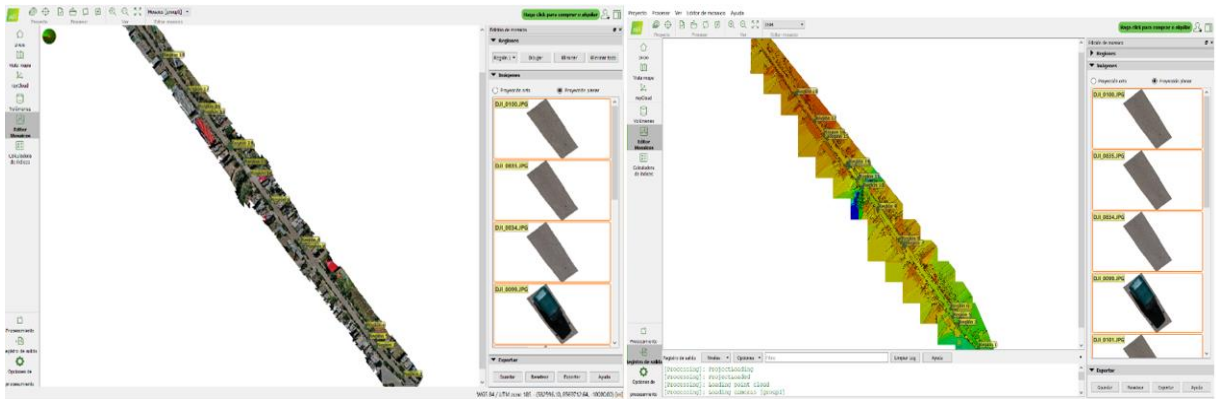


Figura 59: Ortofotografía y MDS

El ortofoto se exporta al AutoCAD para medir las fallas y clasificarlas según la severidad de cada una.

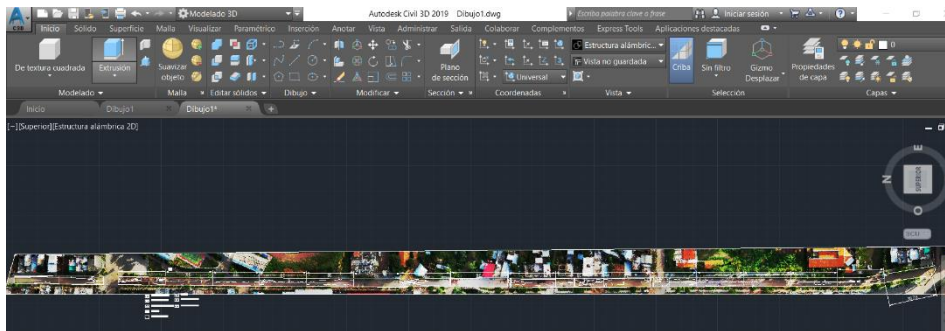


Figura 60: Ortofotografía en Autocad

Para evaluar algunas fallas como el hueco o baches es necesario tener en cuenta la profundidad; por ello, el modelo digital de superficie fue importado al Global Mapper para tener las elevaciones de la vía.

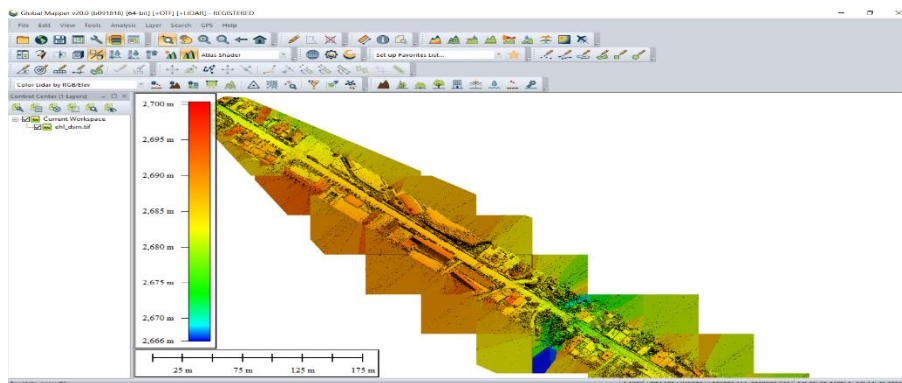


Figura 61: MDS en Global Mapper

Las fallas obtenidas de la ortofoto y MDS fueron procesadas en el programa EvalPav y se obtuvo los siguientes resultados para cada unidad de muestra.

Características generales de la vía.

Mediante la fotogrametría aérea se pudo visualizar que la vía tiene una longitud de 760 m y un ancho de 7 m. La calle está constituida de 40 m de pavimento rígido y 720 m de pavimento flexible; además, se pudo identificar un puente de 25 m aproximadamente. A lo largo de toda la vía se visualiza que está conformada mayormente por una vereda y área verde.



Figura 62: Inspección de las características de la vía

En la zona de estudio se ubican centros importantes como Essalud, Electrocentro, estadio y un colegio, la cual el pavimento debería estar con condiciones óptimas para evitar accidentes.

Generalmente los vehículos que se movilizan son motos, autos, buses y camiones con alta carga.



Figura 63: Ortofoto de la vía Circunvalación Este

Fallas o anomalías del pavimento.

Las fallas fueron ubicadas en el pavimento mediante las imágenes tomadas del UAV, estas imágenes se procesaron para obtener la ortofoto y el modelo digital de superficial. En la ortofoto es muy sencillo ubicar todas las fallas y en el modelo digital de superficie se obtiene la profundidad de las fallas que necesitan ser clasificadas de acuerdo a su severidad.

Piel de cocodrilo (1), agrietamiento en bloque (3), grietas longitudinales y transversales (10), parches (11), baches (13), baches (13), grietas parabólicas (17), desprendimiento de agregados (19).

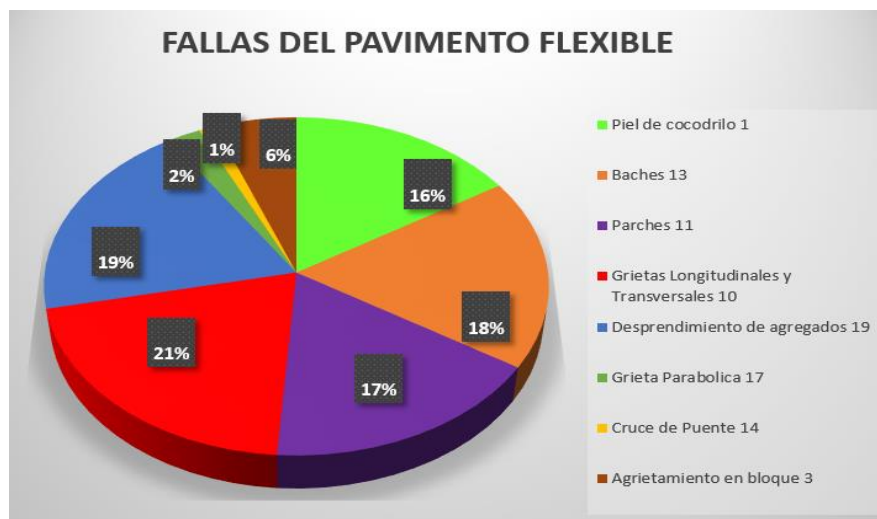


Figura 64: Resumen de las fallas del pavimento flexible

Evaluación del pavimento flexible

El proceso de evaluación de un pavimento mediante la fotogrametría aérea se realiza de manera más eficaz y rápida, ya que no es necesario detener el tráfico y tampoco contratar varios personales capacitados. Con las imágenes del UAV se obtendrán planos visibles en tiempo real del estado del pavimento; además, servirá para registrar la información de las fallas y al realizar la próxima evaluación se conocerá la evolución de cada una de las anomalías.

En la tabla muestra los resultados del pavimento flexible por unidad de muestra obtenidos en el EvalPav y se obtuvo el pavimento en una condición muy pobre.

Tabla 9: Resumen de la evaluación del pavimento empleando UAV

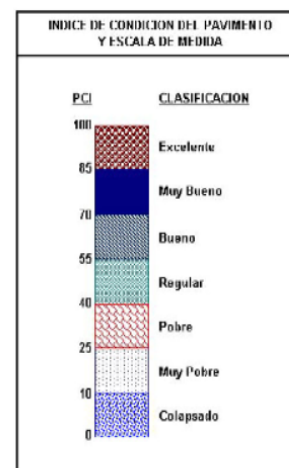


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO



METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)								
TRAMO: 00+000 KM a 00+760 KM / CARRIL CALZADA								
N°	AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	280.0	01	00+000	00+040	6.2	71	29	Pobre
02	280.0	02	00+040	00+080	4.2	75	25	Pobre
03	280.0	03	00+090	00+130	1.7	95	5	Colapsado
04	280.0	04	00+130	00+170	6.8	48	52	Regular
05	280.0	05	00+170	00+210	5.7	75	25	Pobre
06	280.0	06	00+210	00+250	6.0	66	34	Pobre
07	280.0	07	00+250	00+290	6.5	66	34	Pobre
08	280.0	08	00+290	00+330	7.2	74	26	Pobre
09	280.0	09	00+330	00+370	2.4	90	10	Muy Pobre
10	280.0	10	00+370	00+410	2.4	94	6	Colapsado
11	280.0	11	00+440	00+480	1.7	94	6	Colapsado
12	280.0	12	00+480	00+520	6.2	82	18	Muy Pobre
13	280.0	13	00+520	00+560	6.8	74	26	Pobre
14	280.0	14	00+560	00+600	7.4	71	29	Pobre
15	280.0	15	00+600	00+640	4.8	67	33	Pobre
16	280.0	16	00+640	00+680	6.4	75	25	Pobre
17	280.0	17	00+680	00+720	2.3	90	10	Muy Pobre
18	280.0	18	00+720	00+760	6.7	74	26	Pobre
PROMEDIO							23	Muy Pobre



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se observa los costos relativos de la evaluación del pavimento. En el proyecto de investigación se empleó un vehículo aéreo no tripulado del investigador con un precio estimado de 7,700 soles, El servicio del alquiler de UAV varía de acuerdo al área del terreno, generalmente el servicio tiene un costo de 100 soles por hectárea. En la evaluación tradicional con el método PCI se consideró cada personal por día 100, lo cual tuvo un costo final de 500 soles. Se recomendaría que las entidades puedan alquilar un UAV o adquirir un UAV, pues ayudará a optimizar los costos.

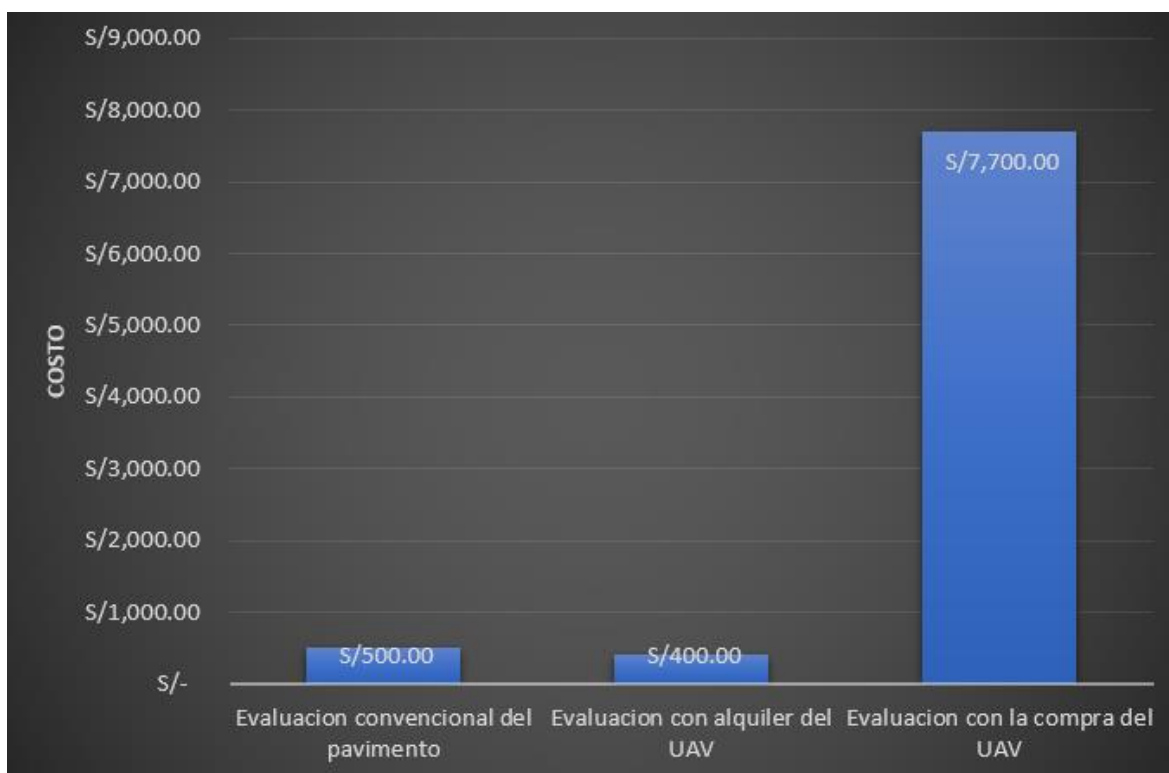


Figura 65: Costo de la evaluación del pavimento.

V. DISCUSIÓN

En la evaluación superficial del pavimento flexible de manera tradicional se evaluaron 9 unidades de muestra de las 18 que se obtuvieron al emplear el método del PCI con una confiabilidad de 95%, el resultado de la condición del pavimento flexible fue Muy Pobre, al momento de recopilar la información de las anomalías puede resultar muy complicado y de mayor costo, pues se necesita contratar personal capacitado en el reconocimiento de las fallas y sobre todo el tiempo que se va necesitar para finalizar con la evaluación; además, si es una vía con mayor demanda de vehículos se tendrá que restringir el paso de estos.

Con respecto a ello, en la tesis se empleó el vehículo aéreo no tripulado para obtener la ortofoto y el modelo digital de elevaciones, en la cual se realizó más óptima la evaluación del pavimento flexible y se obtuvo resultados similares que la evaluación tradición de un pavimento determinando la vía en un estado muy pobre. Los beneficios son de la utilización de un vehículo aéreo no tripulado para la evaluación de la vía es muy imprescindible, pues no sería necesario la restricción del acceso de vehículos en la vía de evaluación, adicionalmente el tiempo y costo sería menor a lo convencional.

Según Cruz (2018), en la tesis, Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado, determinó la condición del pavimento flexible de 510 m y obtuvo como resultado el estado del pavimento en una condición pobre. Mediante el vehículo aéreo no tripulado (Phantom 4 Pro) obtuvo valores similares a la evaluación convencional como se muestra en la tabla.

Tabla 10 Resultados método PCI y VANT

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: Jorge Cruz Toribio

Con respecto a la tesis del ingeniero Jorge Cruz, en la presente investigación existe concordancia en la evaluación del pavimento flexible, en este caso se empleó un vehículo aéreo no tripulado el Mavic 2 Pro, lo cual tiene características similares de la cámara del Phantom 4 Pro. Las dos investigaciones concluyeron en la eficiencia del empleo de un VANT para determinar de manera rápida y bajo costo la condición del pavimento ya sea rígido o flexible con el método PCI, ya que es el método más completo.

Tabla 11 Resultados de la Evaluación del pavimento

Unidad de muestra	Area (m2)	PCI (Tradicional)	UAV PCI	Diferencia
UM 02	280	23	25	-2
UM 04	280	49	52	-3
UM 06	280	34	34	0
UM 08	280	27	26	1
UM 10	280	6	6	0
UM 11	280	10	6	4
UM 13	280	22	26	-4
UM 15	280	32	33	-1
UM 17	280	10	10	0

Fuente: Elaboración propia.

Según Sierra y Rivas en su investigación, el cual realizaron dos evaluaciones mediante los métodos diferentes PCI y VIZIR. El promedio del estado de la vía para el método PCI resulto 89 que lo clasifica en un pavimento excelente, mientras que

en el VIZIR resultado 2 un pavimento bueno. Se observa que los resultados son similares, pero la metodología del PCI es más completa para una evaluación ya sea un pavimento rígido o flexible. En la tesis recomiendan emplear el VIZIR para pavimentos flexibles y PCI para pavimentos rígidos.

Tabla 12: Comparación clasificación de la vía PCI - VIZIR

ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACION	VALOR VIZIR	CLASIFICACION
Inicial	Final				
PR 00 + 000	PR 00 + 030	48	Regular	4	Regular
PR 00 + 030	PR 00 + 060	70	Bueno	4	Regular
PR 00 + 060	PR 00 + 090	92	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 090	PR 00 + 120	97	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 120	PR 00 + 150	98	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 150	PR 00 + 180	85	Muy bueno	2	Bueno
PR 00 + 180	PR 00 + 210	87	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 210	PR 00 + 240	87	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 240	PR 00 + 270	91	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 270	PR 00 + 300	91	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 300	PR 00 + 330	84	Muy bueno	2	Bueno
PR 00 + 330	PR 00 + 360	89	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 360	PR 00 + 390	99	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 390	PR 00 + 420	89	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 420	PR 00 + 450	90	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 450	PR 00 + 480	89	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 480	PR 00 + 510	99	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 510	PR 00 + 540	96	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 540	PR 00 + 570	100	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 570	PR 00 + 600	87	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 600	PR 00 + 630	100	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 630	PR 00 + 660	100	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 660	PR 00 + 690	100	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 690	PR 00 + 720	100	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 720	PR 00 + 750	89	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 750	PR 00 + 780	75	Muy bueno	3	Regular
PR 00 + 780	PR 00 + 810	80	Muy bueno	2	Bueno
PR 00 + 810	PR 00 + 840	52	Regular	3	Regular
PR 00 + 840	PR 00 + 870	84	Muy bueno	2	Bueno
PR 00 + 870	PR 00 + 900	95	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 900	PR 00 + 930	96	Excelente	2	Bueno
PR 00 + 930	PR 00 + 960	97	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 960	PR 00 + 990	97	Excelente	1	Bueno
PR 00 + 990	PR 01 + 020	94	Excelente	2	Bueno

Fuente: Sierra y Rivas

Según lo expuesto, en la presente investigación existe discrepancia, ya que para la evaluación de un pavimento flexible sería mejor determinar el pavimento con la metodología del PCI, pues esta tiene mayor número de fallas y las clasifica de 0 a 100; asimismo, existe el programa EvalPav para colocar simplemente las fallas identificadas en un pavimento y de manera rápida nos da a conocer el estado del pavimento. Sobre todo, la utilización del VANT ayudará a tener una visualización de las fallas mediante un plano de cada unidad de muestra.

Según Leguía y Pacheco en su proyecto de investigación determinaron las características y el estado de las vías mediante el método del PCI, lo cual lo realizaron de manera física – visual identificando 14 clases de anomalías con sus

respectivas severidades: baja, media y alta. En la tabla se observa las fallas de la tesis con su respectivo grado de severidad y metrado.

Tabla 13: Resumen de fallas Av. Colon y Miguel Grau

Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	METRADO
1	PIEL DE COCODRILO	m2	L	170.85
			M	75.18
			H	69.93
2	EXUDACIÓN	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	L	25.31
			M	310.21
			H	45.00
4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m2	L	5.11
			M	1.36
			H	37.50
5	CORRUGACIÓN	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
6	DEPRESIÓN	m	L	6.79
			M	2.75
			H	0.00
7	GRIETA DE BORDE	m	L	0.00
			M	67.09
			H	0.00
8	GRIETA DE REFLEXIÓN	m	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
9	DESNIVEL CARRIL BERMA	m	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	L	184.56
			M	222.51
			H	52.00
11	PARCIBO	m2	L	254.58
			M	271.88
			H	21.04
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
13	HUECOS	und	L	11.00
			M	12.00
			H	2.00
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
15	AHUELLAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
16	DESPLAZAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
17	GRIETA PARABÓLICA	m2	L	34.85
			M	0.00
			H	0.00
18	HINCHAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	4237.50
			M	1302.45
			H	171.25

Fuente: Leguía y Pacheco

Con respecto a ello, en la investigación existe concordancia, pues mediante las imágenes del vehículo aéreo no tripulado se logró determinar con claridad las severidades de cada una de las anomalías expuestas en el ASTM D6433, el cual para un pavimento asfáltico son 19. En el caso de fallas como el hueco o bache era necesario conocer la profundidad y el diámetro para determinar la severidad; por ello, se hizo empleo del modelo digital de elevaciones para determinar la severidad.

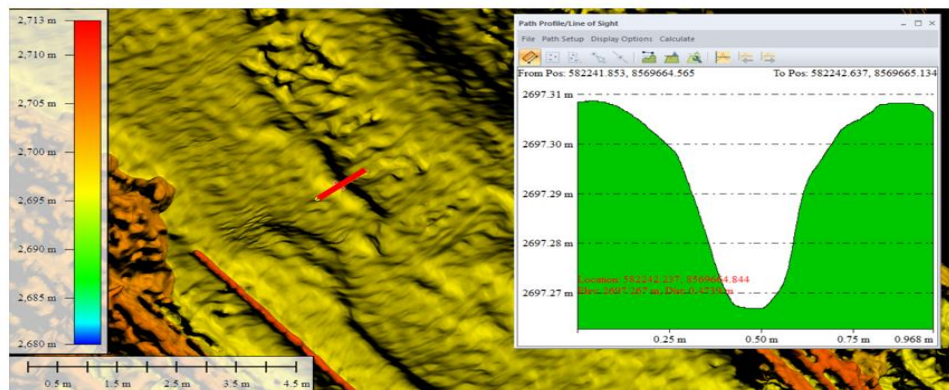


Figura 66: Evaluación de la falla Hueco

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró identificar la condición del pavimento flexible empleando la fotogrametría aérea con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho y se obtuvo como promedio representativo de un PCI de 23, el cual se clasifica como un pavimento muy pobre. El tiempo de vida útil del pavimento se encuentra en la fase última.
2. La evaluación de las características de la vía en la Circunvalación Este Huanta - Ayacucho mediante la fotogrametría aérea logro determinar de manera rápida con detalles plasmados en un plano. la vía está constituida por 720 m de pavimento flexible y 40 m de pavimento rígido de ancho 7 m; además, tiene un área verde y aceras en condiciones regulares.
3. Se logró identificar los tipos de fallas existentes con detalle empleando la fotogrametría aérea en la Circunvalación Este Huanta - Ayacucho, y se obtuvo 8 fallas entre las más comunes son: grietas longitudinales transversales, parches, baches, piel de cocodrilo y desprendimiento de agregado.
4. El proceso de desarrollo de la evaluación superficial del pavimento asfáltico en la Circunvalación Este Huanta – Ayacucho fue eficiente con especificaciones puntuales en cada unidad de muestra a diferencia de la evaluación convencional que si bien es cierto dan los mismos resultados, pero no se detallan cada anomalía en un plano; asimismo, el tiempo y costo es mayor que el empleo de un UAV.

VII. RECOMENDACIONES

1. La información del estado de las vías es imprescindible para realizar una intervención de mantenimiento o reconstrucción en un pavimento; por ello, se recomienda emplear el Método PCI utilizando la tecnología que es el vehículo aéreo no tripulado, pues facilita el trabajo de campo con resultados confiables y la obtención de información en un tiempo menor.
2. Se recomienda emplear vehículos aéreos no tripulados que cuenten con cámaras con características similares o mayores que el Mavic 2 o Phantom 4 Pro, para obtener una ortofoto en la cual se pueda visualizar todas las anomalías de la vía.
3. Se recomienda verificar la zona de vuelo, para determinar la altura de vuelo, ya que existen algunos objetos como cables y antenas a la misma altura del plan de vuelo elaborado en gabinete, generalmente se recomienda tener una altura de vuelo entre 20 m a 27 m. Además, para el trabajo en campo es importante tener en cuenta un check list para evitar accidentes.
4. Utilizar el programa EvalPav, el cual fue elaborado por el ingeniero Gerber Zavala Ascaño, para conocer de manera rápida el estado de los pavimentos asfálticos.
5. El pavimento evaluado muestra una condición muy pobre, Por ello, es necesario realizar una intervención por parte de la Municipalidad, como indica el ASTM D6433-16 para un pavimento de condición muy pobre se necesita realizar una reconstrucción.

REFERENCIAS

AMERICAN Society of Photogrammetry and Remote Sensors (ASPRS). 1980. Manual of Photogrammetry. Washington, D.C : George Banta Publishing CO.

AMERICAN Society of Testing and Materials (ASTM), ASTM D6433, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA; 2017.

ANDER-Egg, Ezequiel. 1974. *Introducción a las técnicas de investigación social;* Buenos Aires : Humanitas.

ANDER-Egg, Ezequiel.1992. *Reflexiones en torno a los métodos del trabajo social.* México : Ateneo.

ANDRADE Valle, Alexis Iván. Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro. Trabajo de Fin de Máster (Maestro en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil). Universidad Politécnica de Valencia 2018. 81pp.

BAENA Paz, Guillermina. 2017. *Metodología de la Investigacion.* Mexico : Patria, S.A. de C.V, 2017. 978-607-744-748-1.

BRITO , J, PRADO, W y AUGUSTO, E., 1999. Estágio de fotogrametria digital para engenheiros cartógrafo. Rio de Janeiro : s.n., 1999.

CARRETERO Segarra, Soledad. Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado. Tesis (Ingeniero de la Energía). Universidad Politécnica de Madrid. 2015. 70pp.

CHELI, Antonio. 2011. *Introducción a la Fotogrametría y su Evolución.* La Plata : Hesperides, 2011. SBN 978-987-1844-04-3.

COELHO, Luis y NUNES Brito, Jorge. 2007. *Fotogrametría digital.* Río de Janeiro : Executiva, 2007. 978-85-7511-114-7.

CORRAL, Yadira. 2009. *Validez y Confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos.* Caracas : CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, 2009. Vol. 19.

CORROS, Maylin, URBAÉZ, Ernesto y CORREDOR, Gustavo. 2009. *Diseño de Pavimentos Pavimentos I Evaluación de Pavimentos.* Venezuela : MAYER 97 INGENIEROS ASOCIADOS, C.A., 2009. pág. 175.

CRUZ Toribio Jorge “Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado” Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. 2018 116pp

DÁVALOS Gonzales, Pavel. 2016. *Aerofotogrametría Inteligente*. Cusco : s.n., 2016.

DIRECCION General de Aeronáutica Civil. 2015. NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 001-2015. *Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015.

DIRECCION General de Caminos y Ferrocarriles. 2018. MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMETRICO DG-2018. LIMA : Ministeria de Transportes y Comunicaciones, 2018.

DUARTE, Harold y VERGARA, Oscar William Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's). 2017 **D 6433 – 07 . 2016.** Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. American Society of Testing and Materials (ASTM). USA : s.n., 2016.

FERREIRA, Marisa y AIRA, Víctor. Aplicaciones topográficas de los drones Departamento de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UBA. 11p.

GÓMEZ Bastar, Sergio. 2012. *Metodología de la investigación*. Mexico : Ma. Eugenia Buendía López, 2012. 978-607-733-149-0.

GRANDA Hinostroza, Carol “Evaluación de la condición del pavimento rígido por el método pci en el anillo vial tramo Chaupimarca–Yanacancha–Pasco –2018” Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Nacional Daniel A. Carrión. 2019. 158 p.

GUTIERREZ. W. 1994. *Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos*. 1994.

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

JAUREGUI, Luis. 2005. Lecturas Cartografía. [En línea] 2005. [Citado el: 01 de Marzo de 2020.] http://lecturas-cartografia.synthasite.com/resources/Introduccion_a_%20la_%20fotogrametría_Cap_1.pdf }

KOTIAN L., CHHEDA A., NARWANE V. Aerial Vehicle for Road Monitoring: Fully Convolutional Networks Approach [en línea] Volume 12 Issue 6 * June 2019 (Fecha de consulta: 25 de octubre de 2005) ISSN:2581-4915.

K Wu Development of PCI-based Pavement Performance Model for Management of Road Infrastructure System. Arizona State University, 2015. pp 8.

LEGUÍA Loarte, Paola y PACHECO Risco, Hans “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)”. Tesis (Ingeniero Civil) Perú. Universidad San Martín de Porres. 2016. 147 pp.

MANUAL de Carreteras, suelos y pavimentos. 2013. MANUAL de Carreteras, suelos y pavimentos. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013.

MINAYA Gonzales, Silene y ORDOÑEZ Huaman, Abel. 2006. *Diseño moderno de pavimentos Asfálticos.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.

MONTEJO, Fonseca. 2002. *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS.* Bogotá : Segunda edición, 2002. 958-96036-2-9.

PALELLA Stracuzzi, Santa y MARTINS Pestana, Feliberto. 2012. *Metodología de la Investigación.* Caracas : Fedupel, 2012. 980-273-445-4.

QUIRÓS Rosado, Elia. 2014. *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía.* Cáceres : Universidad de Extremadura., 2014. 978-84-697-1317-4.

REYES Aguilar, Delina. Evaluación superficial del pavimento flexible empleando el método del índice de condición del pavimento en la Av. Ferrocarril, Santa Anita, 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Privada César Vallejo, 2018. 82 pp.

ROBLES Bustios, Raul. Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima. Tesis (Grado de Ingeniero Civil).Universidad Ricardo Palma. 2015. 68pp

SIERRA Diaz, Cristian. Aplicación y Comparación de las diferentes Metodologías de Diagnóstico Para La Conservación Y Mantenimiento Del Tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 De La Vía Al Llano (Dg 78 Bis Sur – Calle 84 Sur) En La Upz Yomasa. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Católica De Colombia. 2016. 103pp.

TAMAYO, Mario. 2002. *El proceso de la Investigación científica.* México D. F. : LUMNISA S.A, 2002. 968-18-5872-7.

UNIVERSIDAD Mayor de San Simón. 2004. Pavimentos. Bolivia : s.n., 2004. Facultad de Ciencia y tecnología.

VALAVANIS, Kimon y VACHTSEVANOS, George. 2015. *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. s.l. : Department of Electrical and Computer Engineering, 2015. 978-90-481-9706-4.

VASQUEZ Varela, LUIS RICARDO. 2002. *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Colombia : Universidad Nacional de Colombia., 2002.

Yogesh Shah, Shah Jainb, Devesh Tiwaric, M.K.Jaind Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network. 2nd Conference of Transportation Research Group of India. 2016.

YUMIN, Tam y YUNXIN, Li UAV Photogrammetry-Based 3D Road Distress Detection. School of Transportation Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China 2019.

ZHANG, C. An unmanned aerial vehicle-based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses. Estados Unidos, 2012.

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Evaluación superficial del pavimento flexible con el método PCI	En la evaluación superficial del pavimento se debe considerar las fallas existentes y cuantificarla de acuerdo a su magnitud y severidad, para determinar la condición del pavimento, en consecuencia se dispone de varias metodologías, las más completa es el índice de condición del pavimento (PCI) (Corros, 2009, p.175)	Para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible se empleó el método PCI denominado índice de condición del pavimento.	Estudios preliminares	Evaluación de las características de la vía	Hoja de registro	Nominal
			Identificación de anomalías	Fallas del pavimento		Ordinal
			Índice de condición del pavimento	Evaluación convencional		Intervalar
Fotogrametría Aérea	Es la ciencia para realizar planos o mapas mediante imágenes aéreas bajo condiciones matemáticas. Permite obtener información de gran exactitud que serán empleadas en la elaboración de plano catastral, mapas, etc. (Quirós, 2014, p.46)	La fotogrametría Aérea fue utilizada como una herramienta tecnológica para evaluar el pavimento en un menor tiempo y con información confiable.	Planeamiento	Plan de vuelo Fotogramétrico	Hoja de registro UAV	Nominal
			Procesamiento de imágenes	Ortofoto y nube de puntos		Nominal
			Condición del Pavimento	Rango de clasificación	Hoja de registro	Intervalar

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Evaluación Superficial del Pavimento Flexible con el Método PCI mediante la Fotogrametría Aérea en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE 1: EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL METODO PCI			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
¿De qué manera la fotogrametría aérea determina la condición superficial del pavimento flexible con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019?	Determinar la condición superficial del pavimento flexible empleando la fotogrametría aérea con el Método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019	La aplicación fotogrametría aérea determina de manera eficaz la condición superficial del pavimento flexible con el método PCI en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	Tipo: Descriptivo Diseño: No experimental
			Estudios preliminares	Evaluación de las características de la vía	Hoja de registro	
¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría aérea evalúa las características del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho - 2019?	Analizar la aplicación de la Fotogrametría aérea en la evaluación de las características del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	El empleo de la fotogrametría aérea es eficiente en la evaluación de las características del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	Identificación de anomalías	Fallas del pavimento flexible	Hoja de registro	
¿De qué manera la fotogrametría aérea identifica los tipos de fallas del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho - 2019?	Conocer la aplicación de la fotogrametría aérea para la identificación de los tipos de fallas del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	La aplicación de la fotogrametría aérea identifica de manera eficaz los tipos de fallas del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	VARIABLE 2: FOTOGAMETRIA AEREA			Técnica: Observación. Instrumentos: Hojas de registros
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	
¿De qué manera la fotogrametría aérea desarrolla la evaluación superficial del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho - 2019?	Conocer la aplicación de la fotogrametría aérea para desarrollar la evaluación del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	La aplicación fotogrametría aérea desarrolla de manera eficaz la evaluación superficial del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho - 2019.	PCI	Evaluación convencional	Hoja de registro	
			Planeamiento	Plan de vuelo fotogramétrico	Hoja de registro UAV	
¿De qué manera la fotogrametría aérea desarrolla la evaluación superficial del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho - 2019?	Conocer la aplicación de la fotogrametría aérea para desarrollar la evaluación del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019.	La aplicación fotogrametría aérea desarrolla de manera eficaz la evaluación superficial del pavimento flexible en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho - 2019.	Procesamiento de imágenes	Ortofoto y nube de puntos	Hoja de registro UAV	
			Condición del pavimento	Rango de clasificación	Hoja de registro	

ANEXO 03

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI									
LUGAR:					SECCIÓN:				
FECHA					UNIDAD DE MUESTREO				
REALIZADO POR:					AREA DE LA UNIDAD				
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA	
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2				
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2				
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2				
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2				
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2				
7. Grieta de borde	m								
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNIDAD DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD				
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$				
Medium	Media	M							
High	Alta	H							
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
86 - 100	EXCELENTE								
71 - 85	MUY BUENO								
56 - 70	BUENO								
41 - 55	REGULAR								
26 - 40	POBRE								
11 - 25	MUY POBRE								
0 - 10	FALLADO								
T O T A L	BAJA (L)								
	MEDIA (M)								
	ALTA (H)								
CALCULO DEL PCI									
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD					
NRO	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC			
1									
2									
3									
4									
5									
					Max.VDC				
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)					PCI = 100 - Máx. VDC				
					PCI=				
CONDICION DEL PAVIMENTO									

MATRIZ DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE OBTENCION DE DATOS

Título de la investigación: "Evaluación Superficial del Pavimento Flexible con el Método PCI mediante la Fotogrametría Aérea en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019."

Apellidos y nombres del investigador: VENTURA FERRANDEZ EHLERS ZHAMILD

Apellidos y nombres del experto:

ASPECTO POR EVALUAR						OPINIÓN DEL EXPERTO		
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSEACIONES / SUGERENCIAS
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	la evaluación superficial del pavimento se debe considerar las fallas existentes y cuantificarla de acuerdo a su magnitud y severidad, así obtener la condición del pavimento, en consecuencia se dispone de varias metodologías, la más completa es el índice de condición del pavimento (PCI) (Carros, 2009, p.175).	Para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible se empleara el metodo PCI denominado indice de condición del pavimento .	Estudios preliminares	Evaluacion y características de la vía	HOJA DE REGISTRO			
			Identificación de anomalías	Fallas del pavimento	HOJA DE REGISTRO			
			Índice de concidición del pavimento	Evaluacion convencional	HOJA DE REGISTRO			
FOTOGRAMETRIA AEREA	Es la ciencia para realizar planos o mapas mediante imágenes aéreas bajo condiciones matemáticas, permite obtener información de gran exactitud que serán empleadas en la elaboración de plano catastral, mapas, etc. (Quirós, 2014, p.46)	La fotogrametría aérea sera utilizada como una herramienta para evaluar al pavimento en un menor tiempo y con información confiable	Vehículo Aereo no Tripulado	Tipos de VANT y plan de vuelo fotogrametrico	HOJA DE REGISTRO			
			Proceso fotogrametrico	Ortofoto y Nube de Puntos				
			Condición del Pavimento	Rango de clasificación				
Firma del experto					Fecha __/__/__			


Margarita Boza Olaechea
 INGENIERA CIVIL
 CIP. 80500

MATRIZ DE VALUACION DEL INSTRUMENTO DE OBTENCION DE DATOS

Título de la investigación: "Evaluación Superficial del Pavimento Flexible con el Método PCI mediante la Fotogrametría Aérea en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019."

Apellidos y nombres del investigador: VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD

Apellidos y nombres del experto:

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	ASPECTO POR EVALUAR			OPINIÓN DEL EXPERTO		
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	La evaluación superficial del pavimento se debe considerar las fallas existentes y cuantificarla de acuerdo a su magnitud y severidad, así obtener la condición del pavimento, en consecuencia se dispone de varias metodologías, la más completa es el índice de condición del pavimento (PCI) (Corros, 2009, p.175).	Para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible se empleara el metodo PCI denominado indice de condicion del pavimento .	Estudios preliminares	Evaluacion y características de la vía	HOJA DE REGISTRO			
			Identificación de anomalías	Fallas del pavimento	HOJA DE REGISTRO			
			Índice de condición del pavimento	Evaluación convencional	HOJA DE REGISTRO			
FOTOGRAMETRIA AEREA	Es la ciencia para realizar planos o mapas mediante imágenes aéreas bajo condiciones matemáticas, permite obtener información de gran exactitud que serán empleadas en la elaboración de plano catastral, mapas, etc. (Quirós, 2014, p.46)	La fotogrametría aérea será utilizada como una herramienta para evaluar el pavimento en un menor tiempo y con información confiable	Vehículo Aéreo no Tripulado	Tipos de VANT y plan de vuelo fotogrametrico	HOJA DE REGISTRO			
			Proceso fotogrametrico	Ortofoto y Nube de Puntos				
			Condicion del Pavimento	Rango de clasificación				
Firma del experto					Fecha			



SAVADOR RICARDO PADILLA PICHE
INGENIERO CIVIL
CIP 51630

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS

Título de la investigación: "Evaluación Superficial del Pavimento Flexible con el Método PCI mediante la Fotogrametría Aérea en la Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho -2019."

Apellidos y nombres del investigador: VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD

Apellidos y nombres del experto: JOSE ANTONIO YENGLIE CHUQUIYJUC

ASPECTO POR EVALUAR						OPINIÓN DEL EXPERTO		
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERACIONES / SUGERENCIAS
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	La evaluación superficial del pavimento se debe considerar las fallas existentes y cuantificarla de acuerdo a su magnitud y severidad, así obtener la condición del pavimento, en consecuencia se dispone de varias metodologías, la más completa es el índice de condición del pavimento (PCI). (Corros, 2009, p.175).	Para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible se empleara el metodo PCI denominado indice de condicion del pavimento	Estudios preliminares	Evaluación y características de la vía	HOJA DE REGISTRO			
			Identificación de anomalías	Fallas del pavimento	HOJA DE REGISTRO			
			Índice de condición del pavimento	Evaluación convencional	HOJA DE REGISTRO			
FOTOGAMETRIA AEREA	Es la ciencia para realizar planos o mapas mediante imágenes aéreas bajo condiciones matemáticas, permite obtener información de gran exactitud que serán empleadas en la elaboración de plano catastral, mapas, etc. (Quirós, 2014, p.46)	La fotogrametría aérea será utilizada como una herramienta para evaluar el pavimento en un menor tiempo y con información confiable	Vehículo Aéreo no Tripulado	Tipos de VANT y plan de vuelo fotogrametrico	HOJA DE REGISTRO UAV			
			Proceso fotogrametrico	Ortofoto y Nube de Puntos	HOJA DE REGISTRO UAV			
			Condicion del Pavimento	Rango de clasificacion	HOJA DE REGISTRO			
Firma del experto					Fecha			

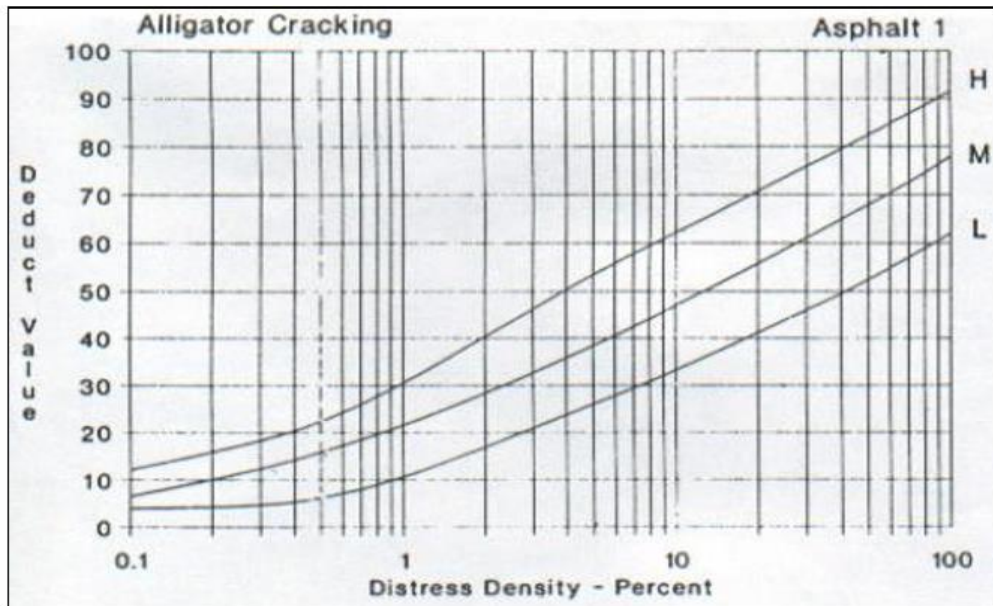


CIP: 136565

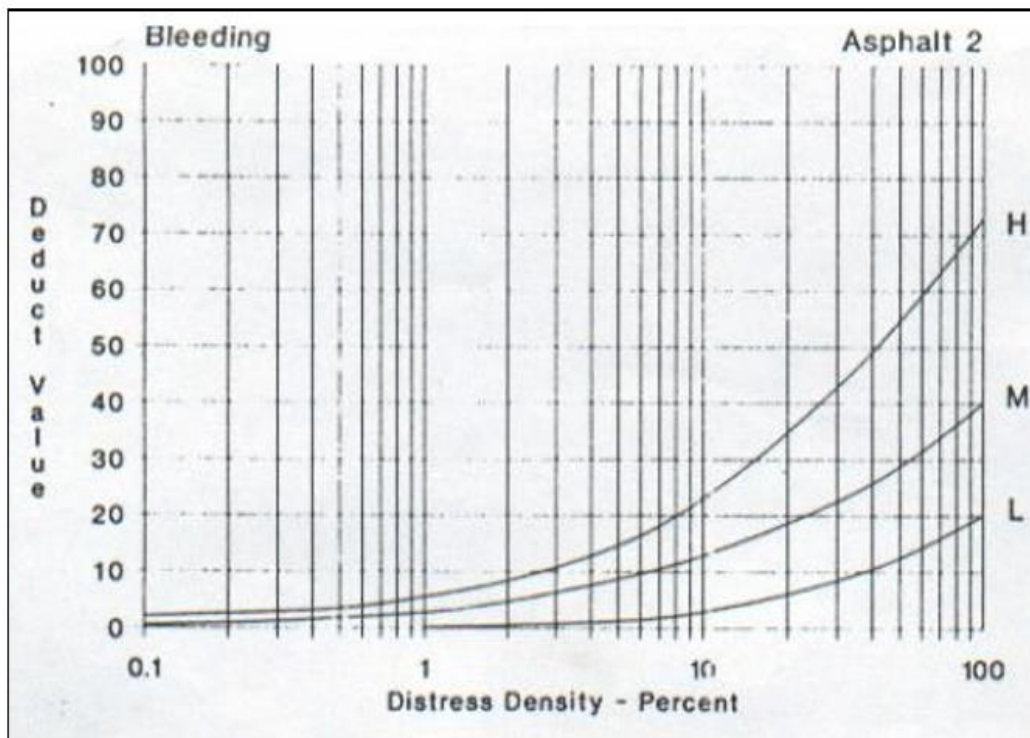
03/12/2015

ANEXO 4

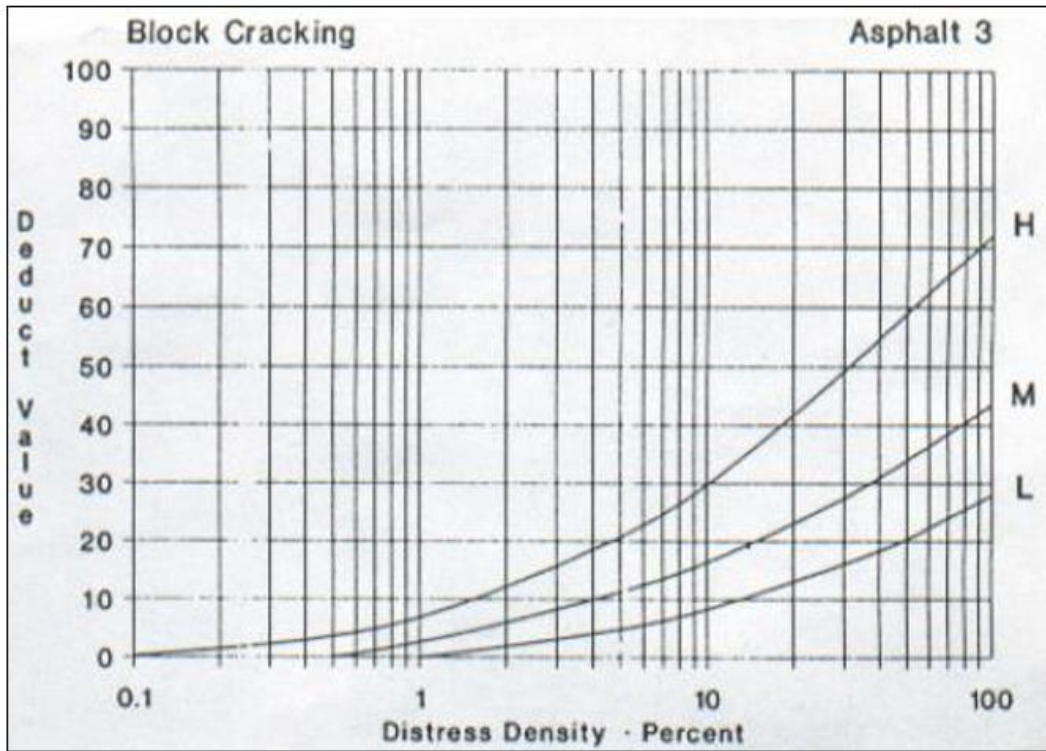
Ábacos para obtener el valor deducido de cada falla



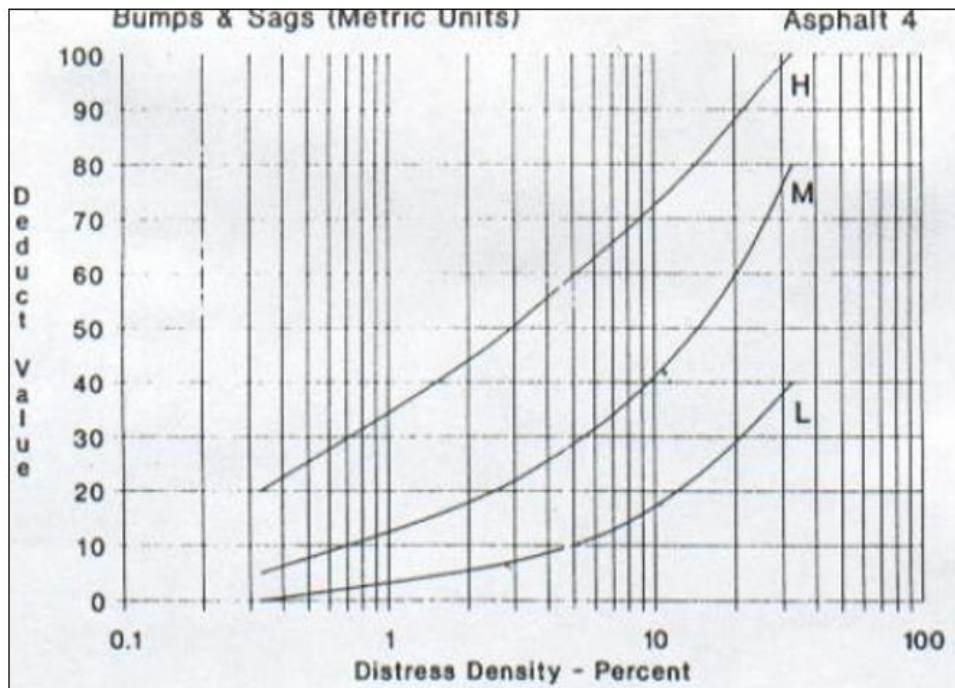
Piel de cocodrilo



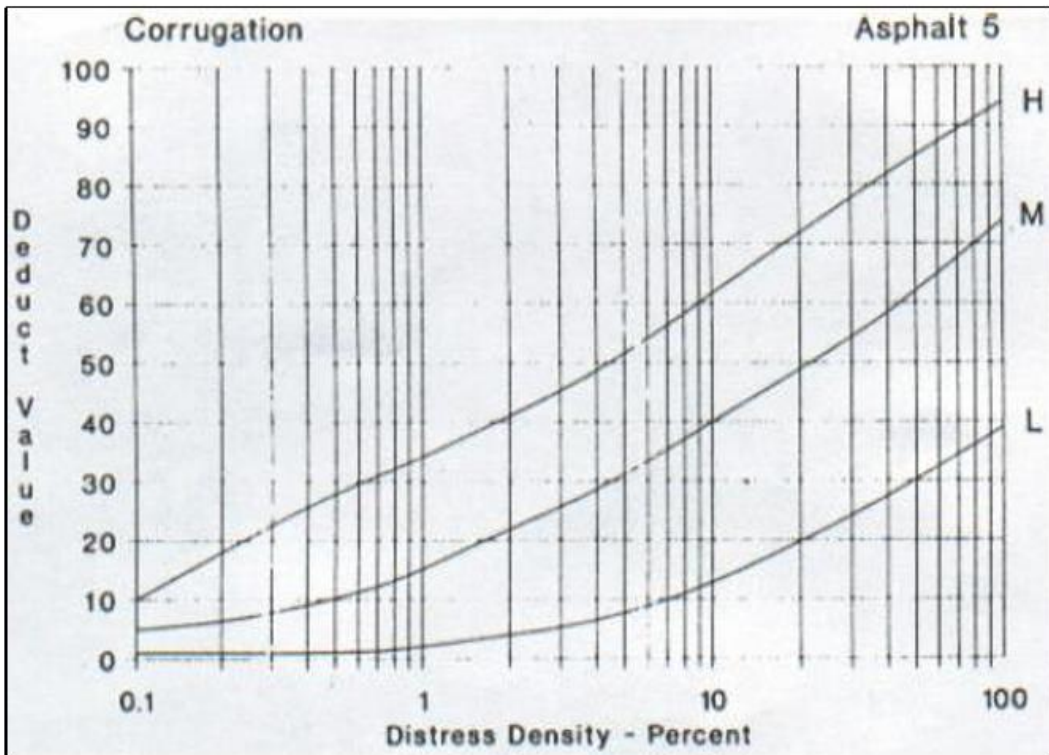
Exudación



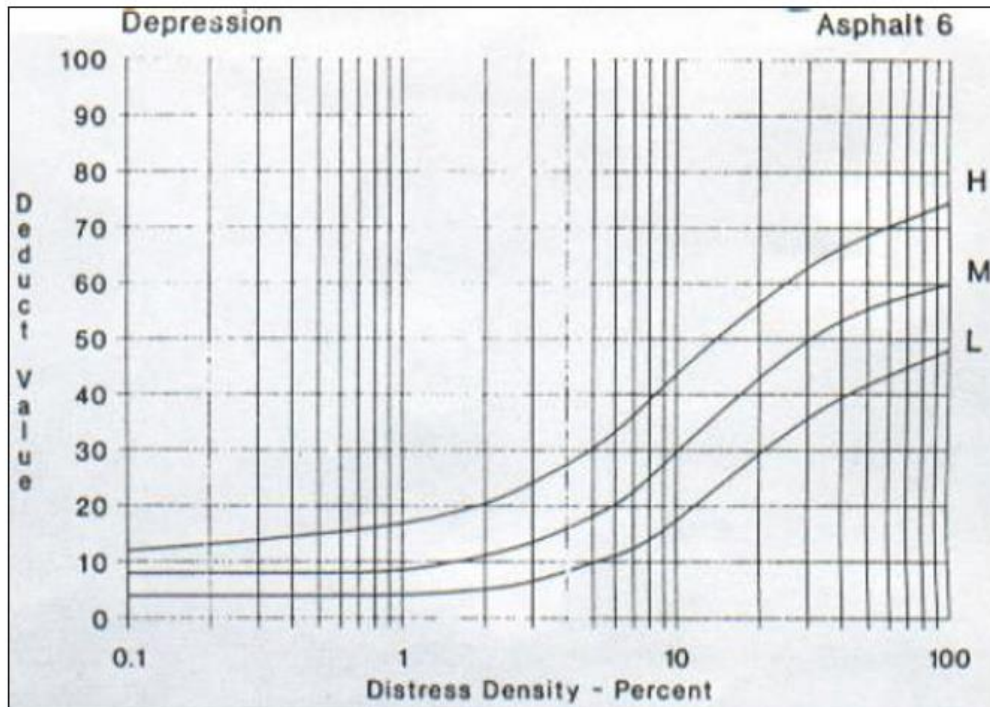
Agrietamiento en bloque



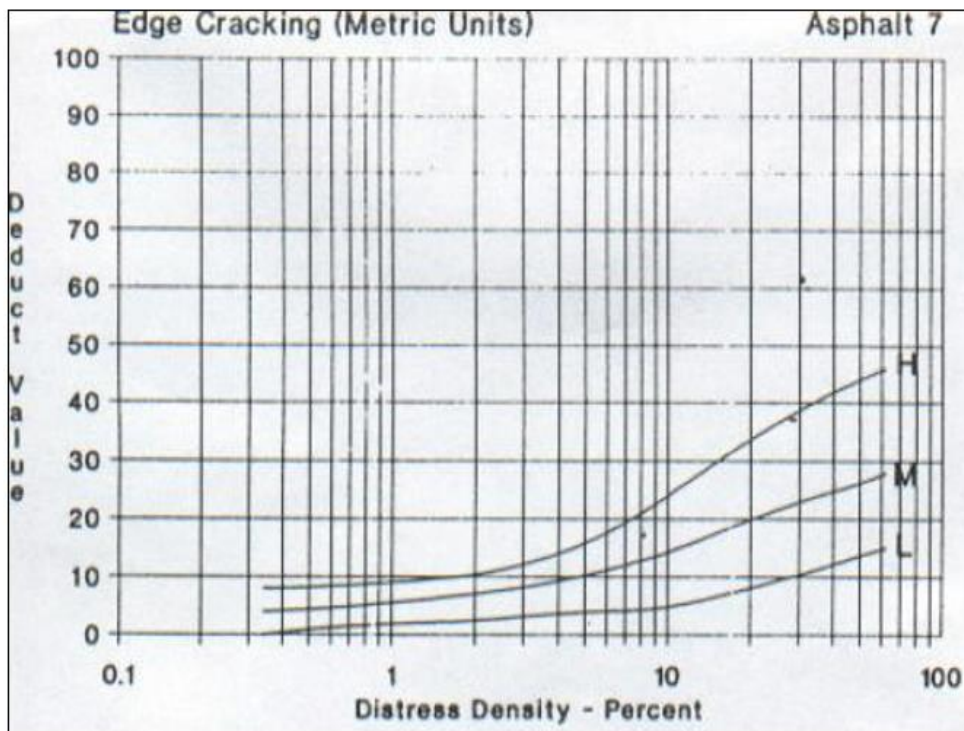
Abultamiento y hundimiento



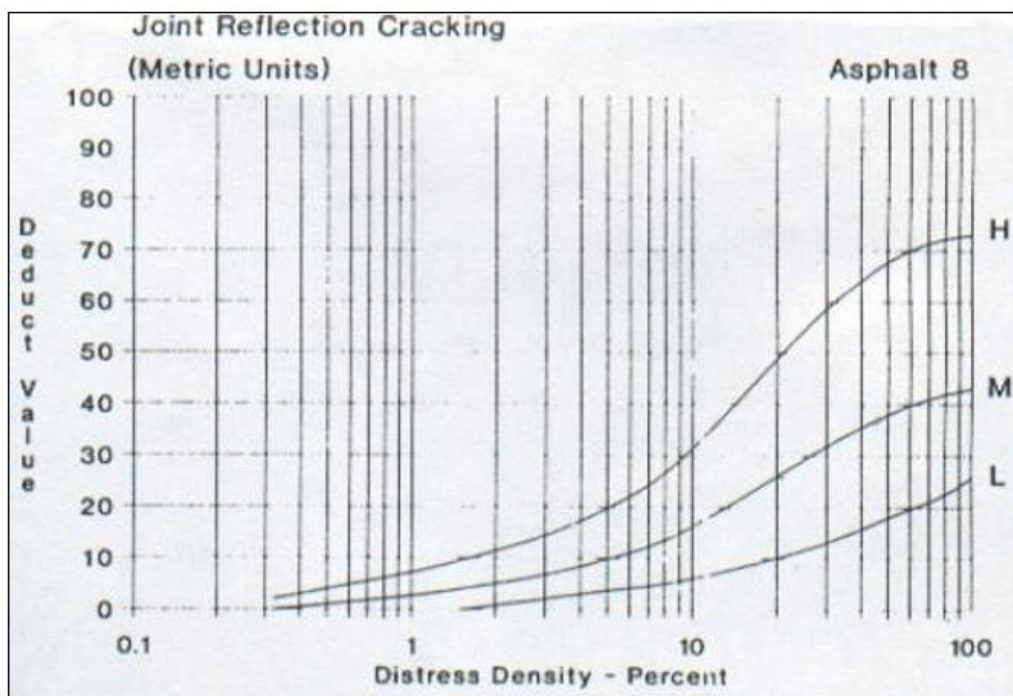
Corrugación



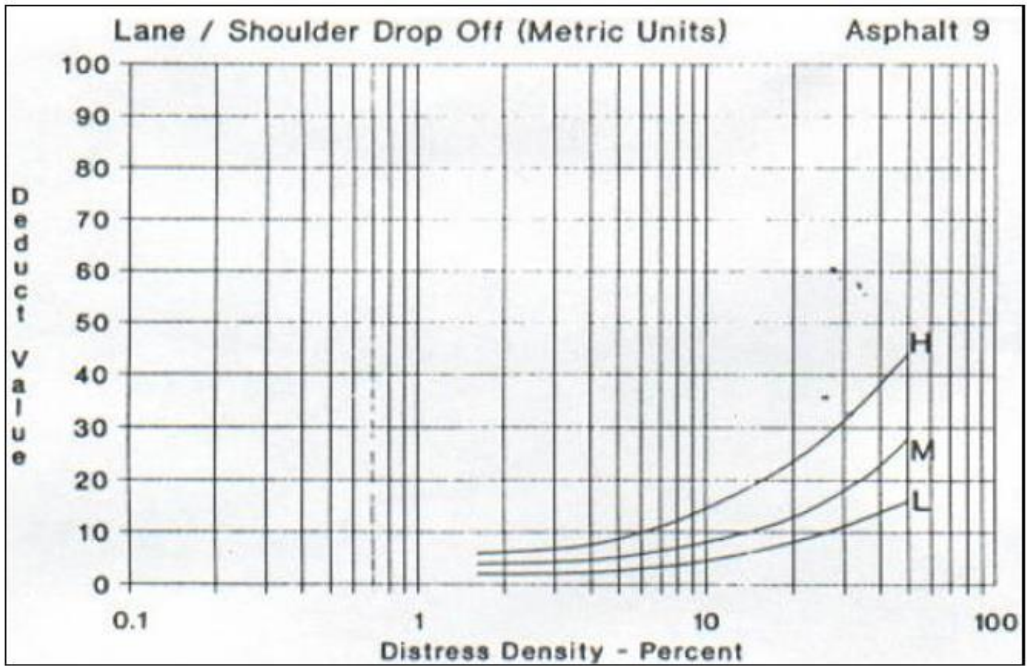
Depresión



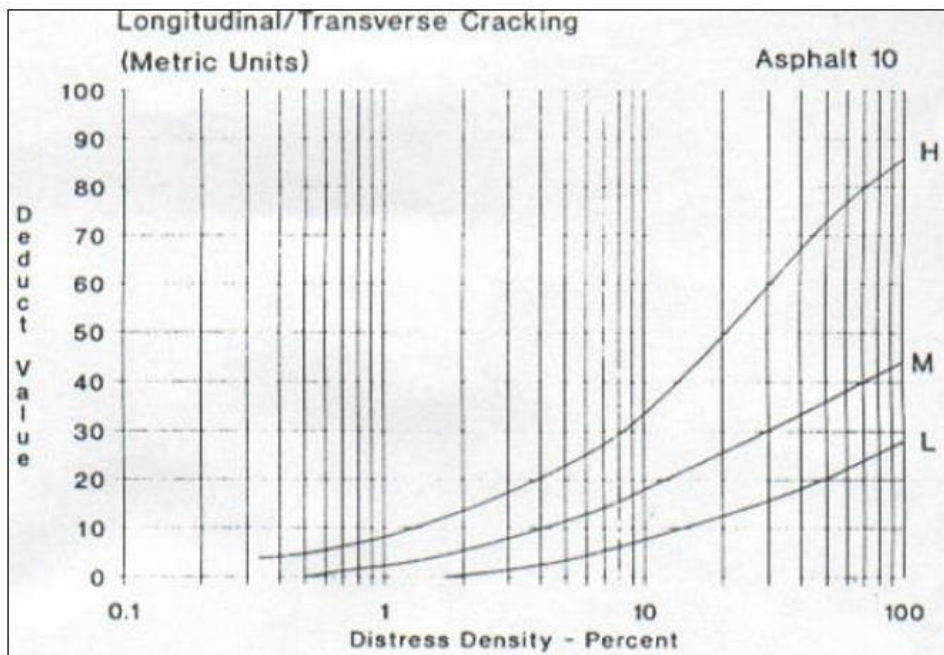
Grieta de borde



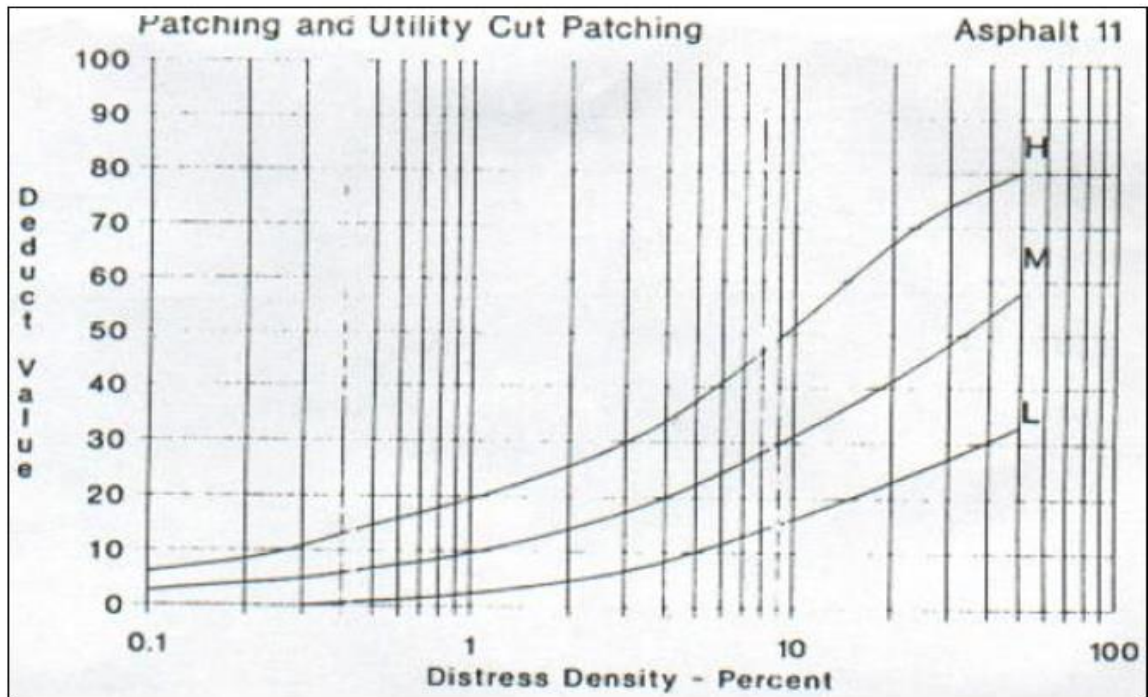
Grieta de reflexión de juntas



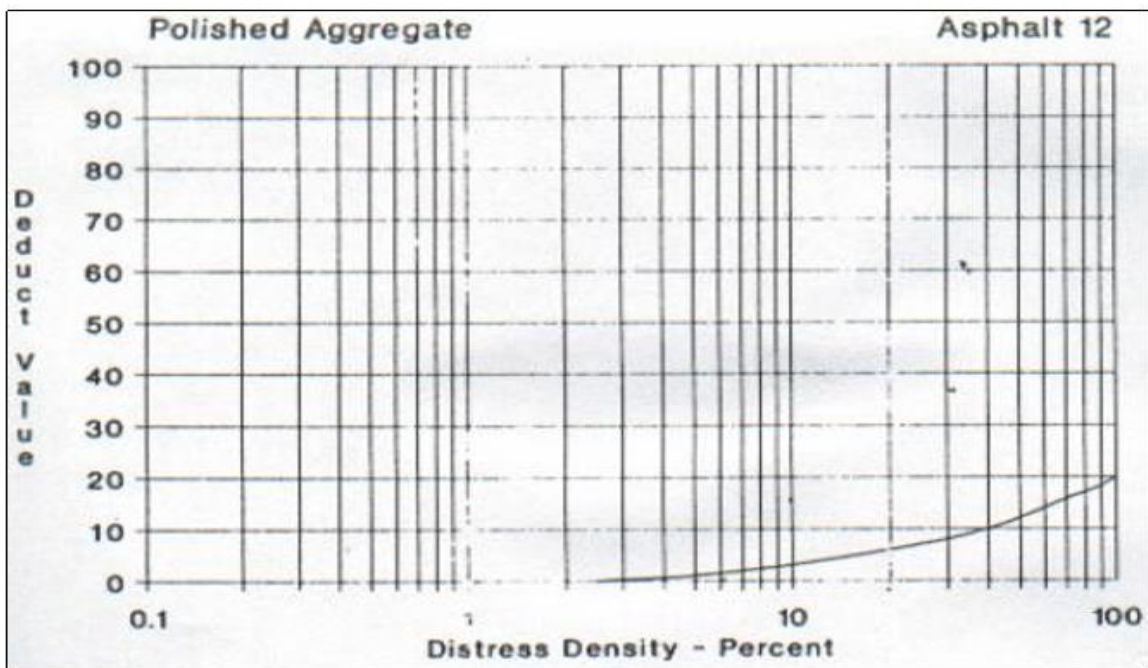
Desnivel carril – berma



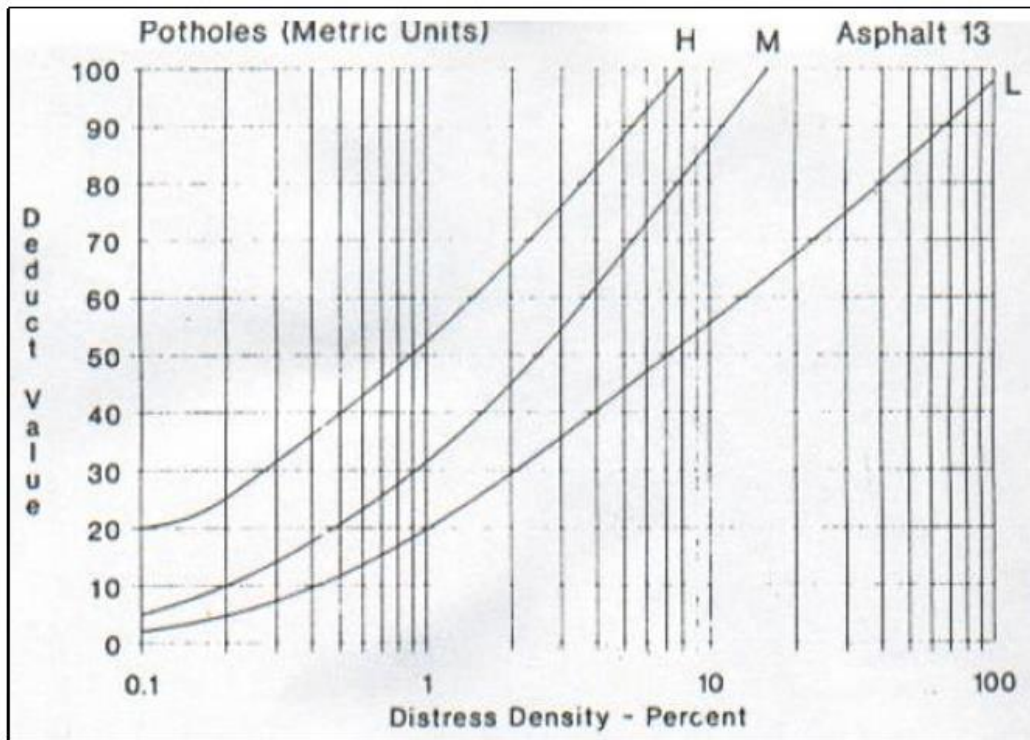
Grietas longitudinales y transversales



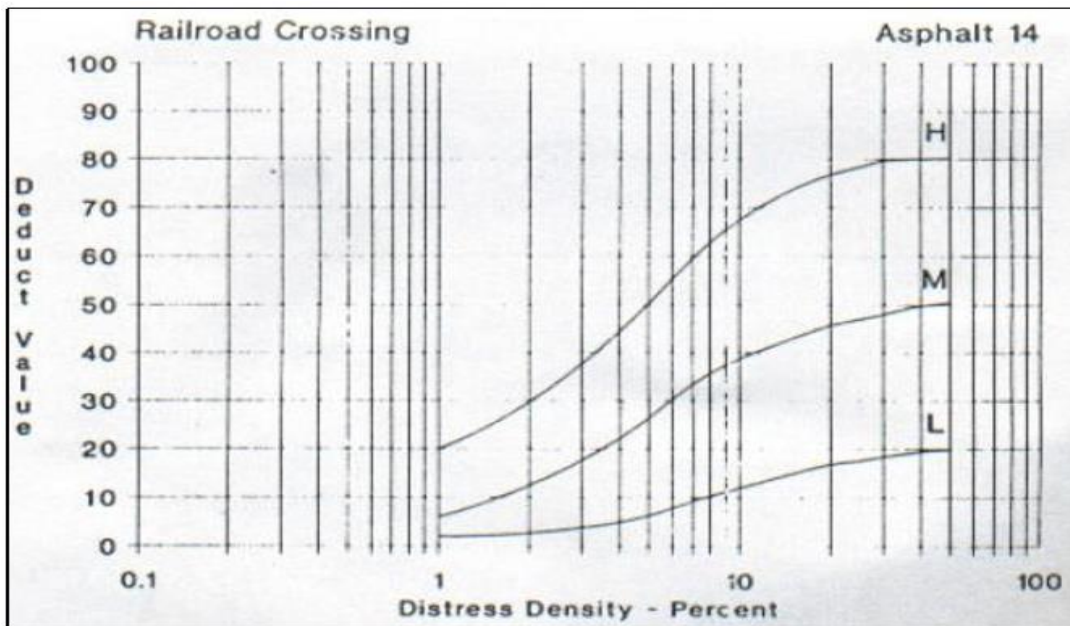
Parches



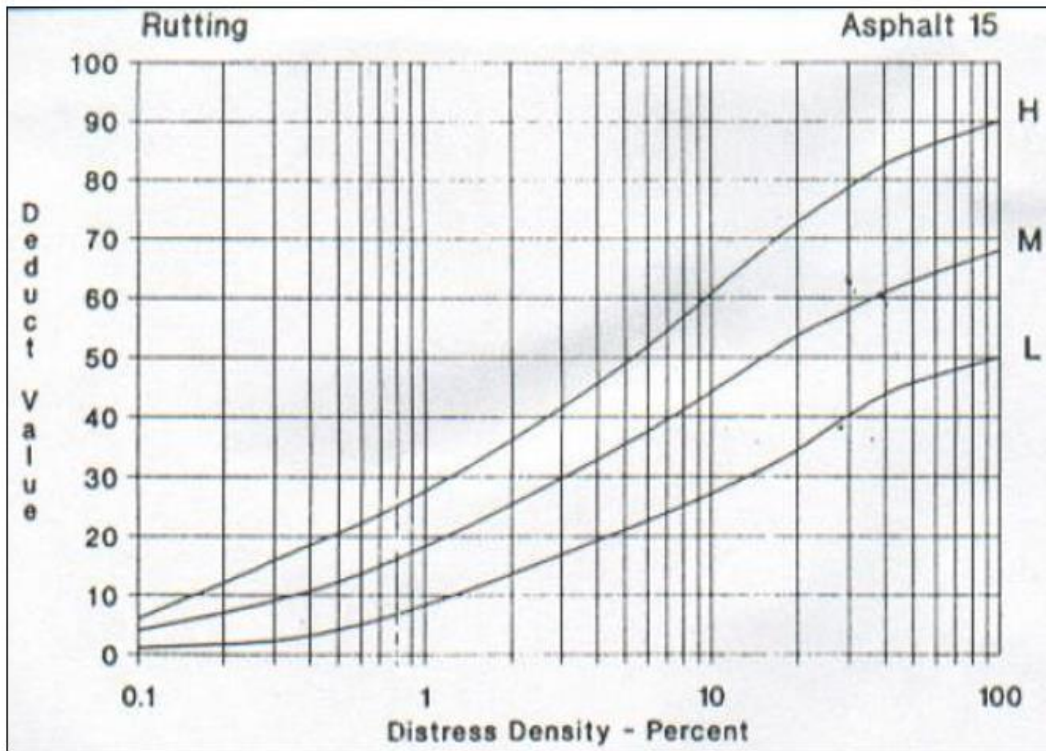
Pulimiento de agregados



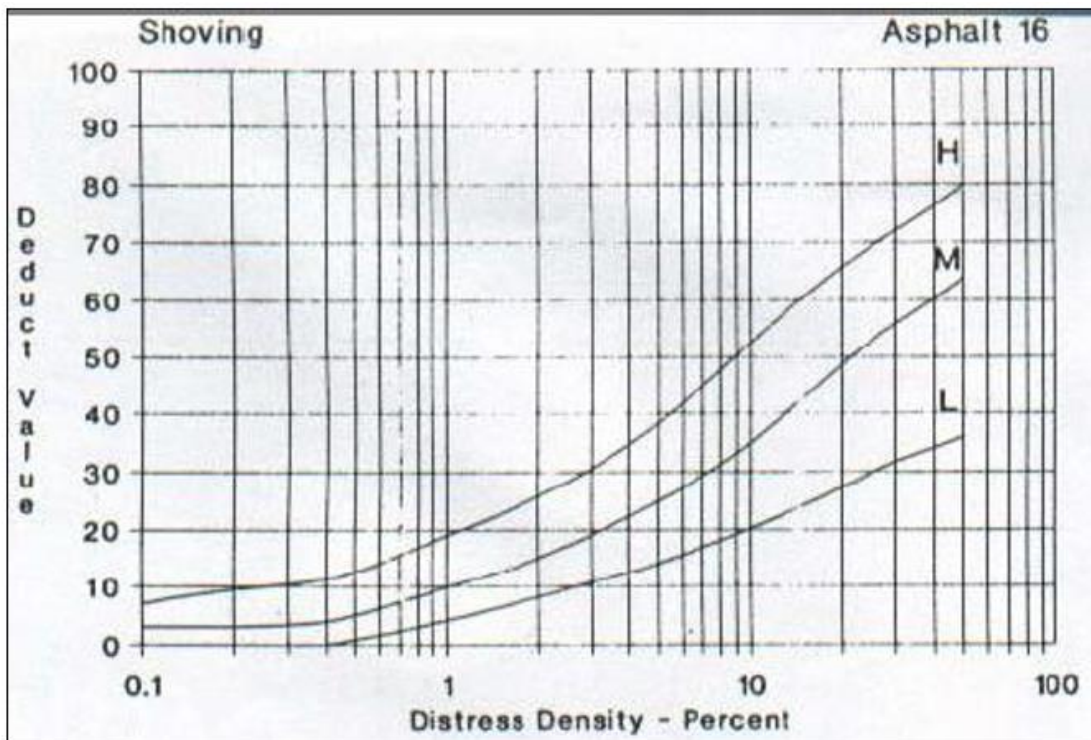
Baches



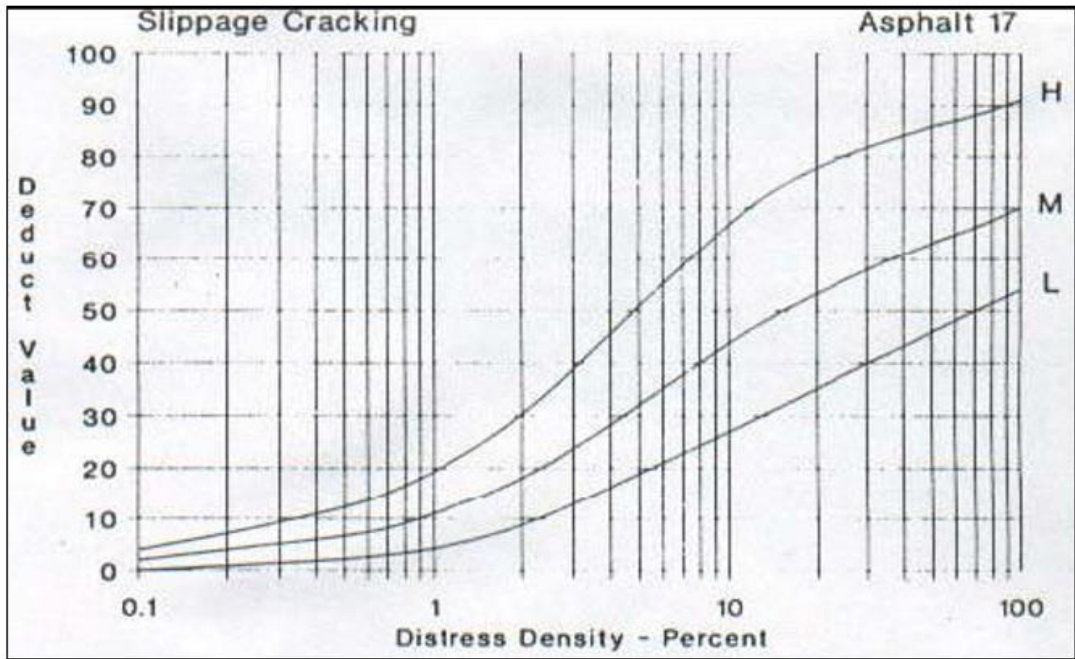
Cruce de vía Férrea



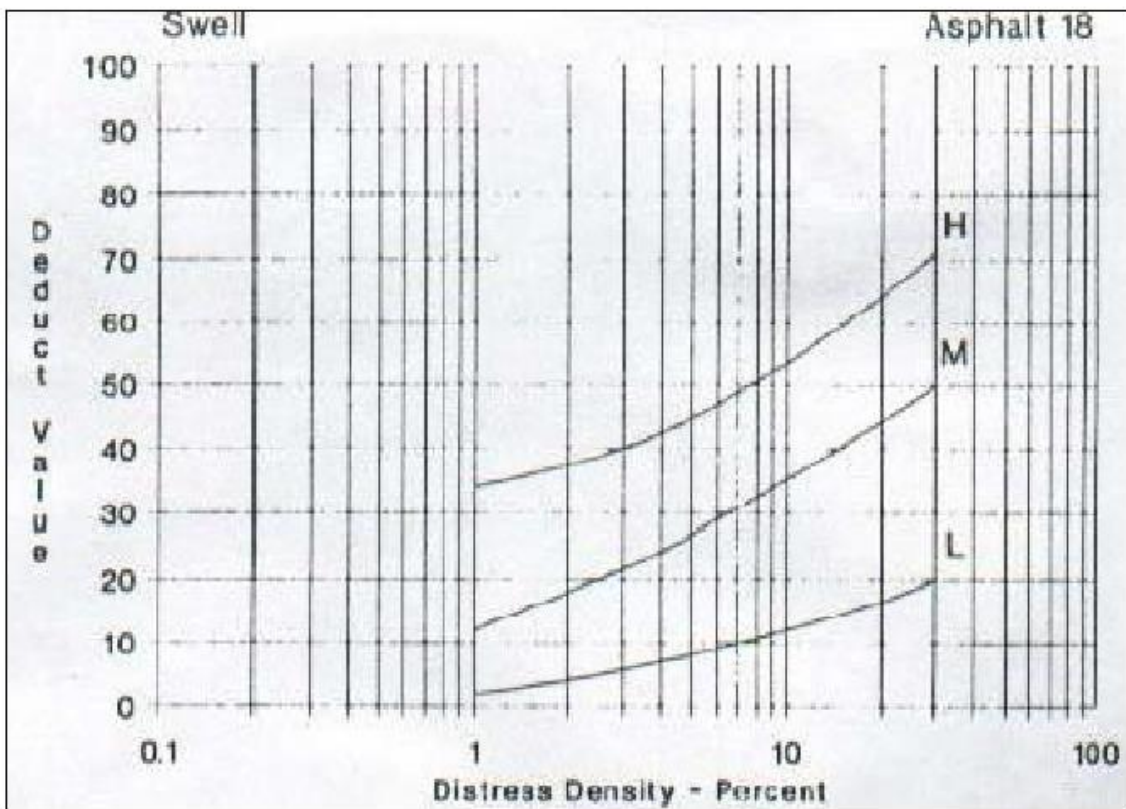
Ahullamiento



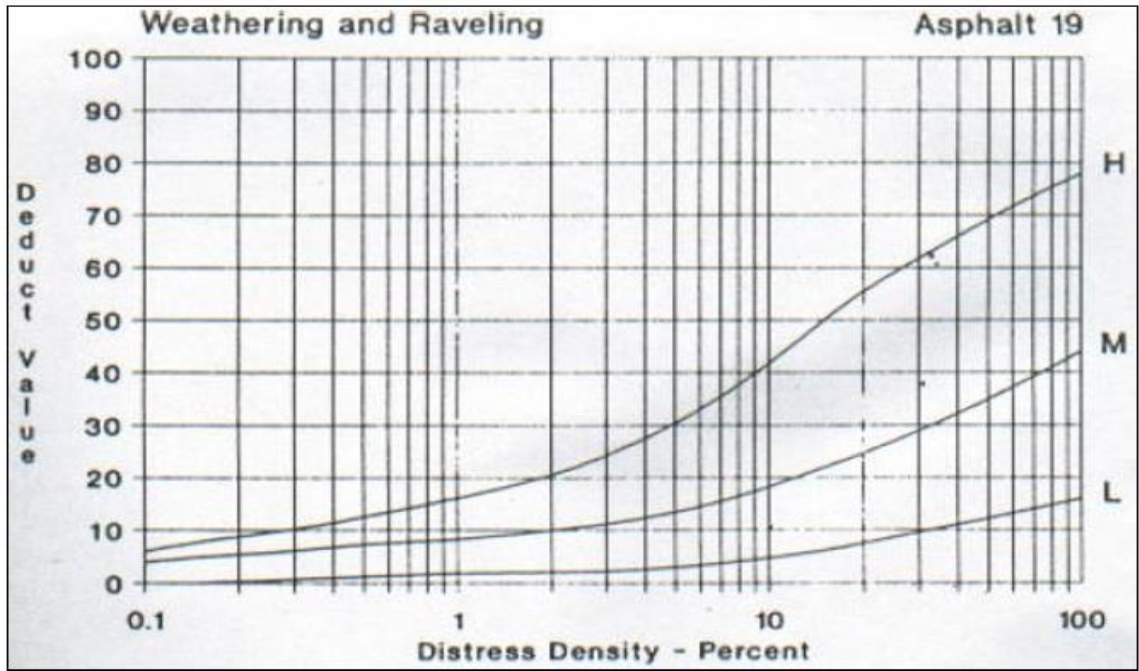
Desplazamiento



Grietas parabólicas

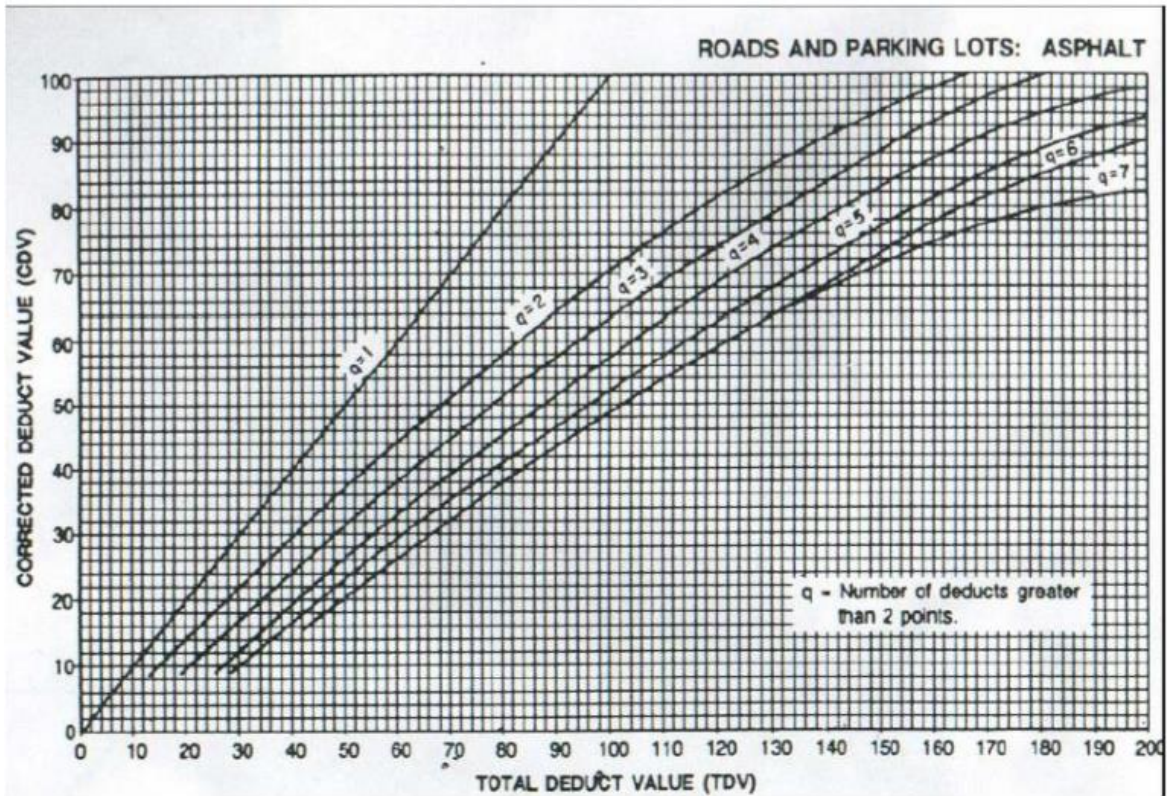


Hinchamiento



Desprendiendo de agregados

Abaco de valor deducido corregido



ANEXO 05

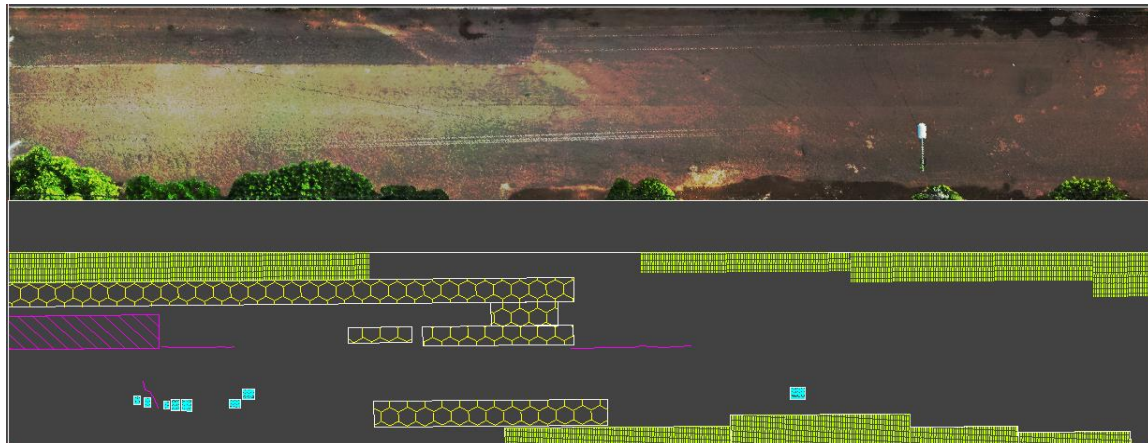
Evaluación superficial de pavimento flexible con el método PCI empleando el UAV



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO



METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)												
SECCION	00+000 KM a 00+700 KM		PROGRESIVA INICIAL	km 00+000		UNIDAD DE MUESTREO	01					
CARRIL	CALZADA		PROGRESIVA FINAL	km 00+040		AREA DE MUESTREO	280 m ²					
INSPECCIONADO POR	VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD					FECHA	11 - Junio - 2020					
DAÑOS												
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos						
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento						
4. Abultamiento y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento						
5. Corrugación			11. Paroheo			17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento						
						19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	7.4								7.4	2.7	20.0
1	M	1.7	3.1	10.0						14.8	5.3	40.0
10	L	2.3								2.3	0.8	
10	M	3.7								3.7	1.3	3.0
11	L	11.2	13.9	14.8						39.9	14.3	19.0
13	L	8.0								8.0	2.9	43.0
19	L	5.4								5.4	1.9	1.0

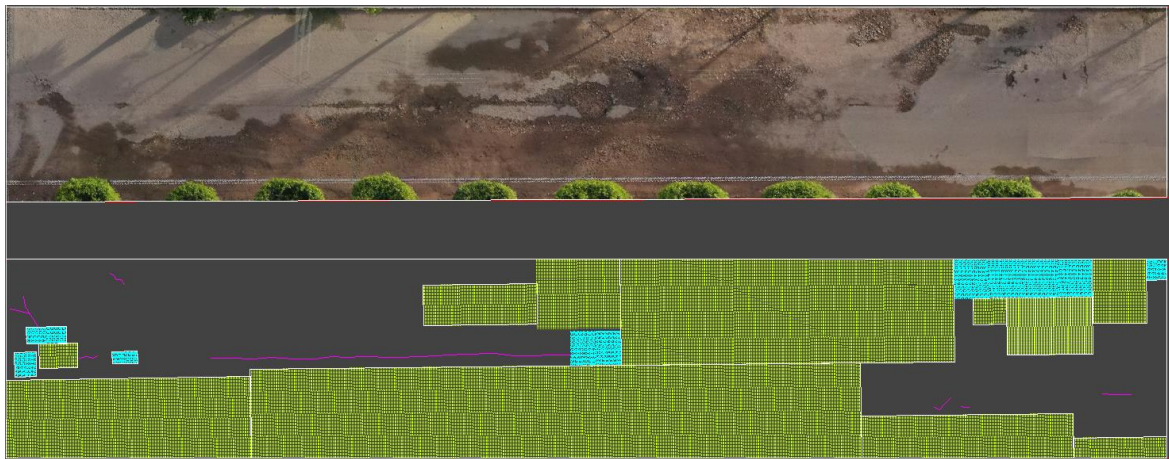


Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 01 con un área de 280 m².



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)															
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO									
00+000 KM a 00+780 KM		km 00+090				03									
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO									
CALZADA		km 00+130				280 m²									
INSPECCIONADO POR						FECHA									
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						11 - Junio - 2020									
DAÑOS															
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamiento y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación				11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
								19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
10	L	11.9										11.9	4.2	4.0	
10	M	3.9										3.9	1.4	3.0	
11	H	147.9										147.9	52.8	80.0	
11	M	8.9										8.9	3.2	19.0	
13	H	16.0										16.0	5.7	92.0	
13	L	1.0										1.0	0.4	9.0	
13	M	1.6										1.6	0.6	22.0	



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 03 con un área de 280 m2.



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCONVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

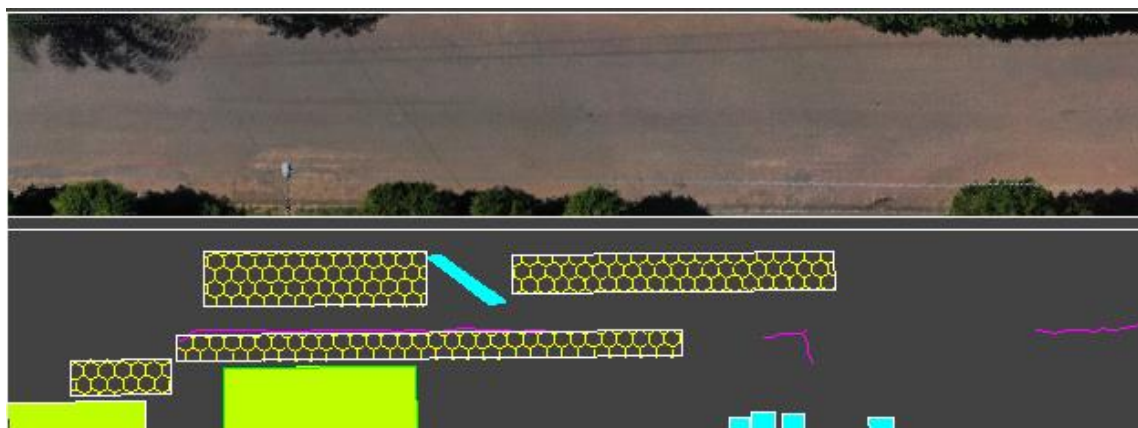
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO												
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA												
ASTM D 6433 (2003)												
SECCION		PROGRESIVA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+760 KM		km 00+130			04							
CARRIL		PROGRESIVA FINAL			AREA DE MUESTREO							
CALZADA		km 00+170			280 m ²							
INSPECCIONADO POR					FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD					11 - Junio - 2020							
DAÑOS												
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos										
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía férrea										
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berna	15. Ahuellamiento										
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento										
5. Corrugación	11. Parocho	17. Grieta parabólica (slippage)										
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento										
		19. Desprendimiento de agregados										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VLOR DEDUCIDO
1	M	12.4								12.4	4.4	37.0
10	L	1.7								1.7	0.8	
10	M	35.0								35.0	12.5	21.0
19	L	268.0								268.0	95.7	16.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 04 con un área de 280 m².



METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)													
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
00+000 KM a 00+700 KM			km 00+170				05						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO						
CALZADA			km 00+210				280 m ²						
INSPECCIONADO POR							FECHA						
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD							11 - Junio - 2020						
DAÑOS													
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parocho			17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento							
						19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	26.0									26.0	9.3	49.0
10	L	2.6									2.6	0.9	
10	M	17.5									17.5	6.3	14.0
11	M	21.0									21.0	7.5	26.0
13	L	5.1									5.1	1.8	32.0
13	M	1.7									1.7	0.6	23.0

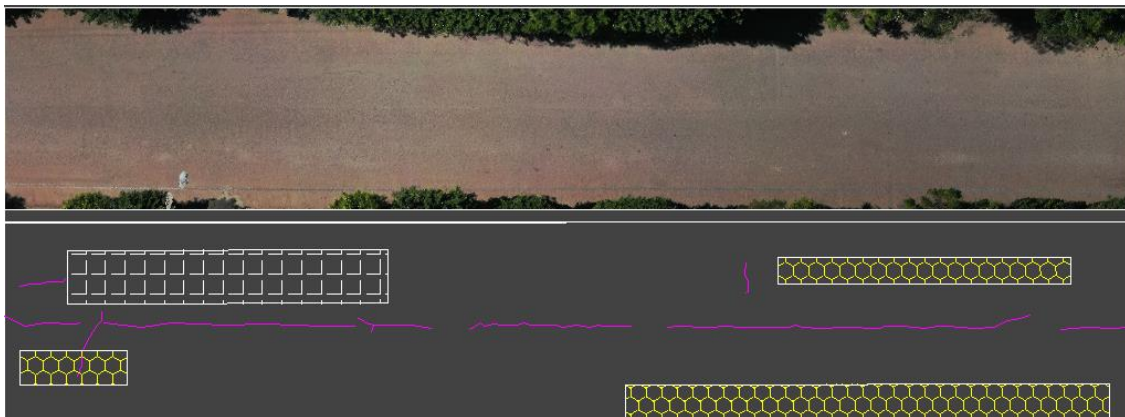


Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 05 con un área de 280 m².



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCONVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

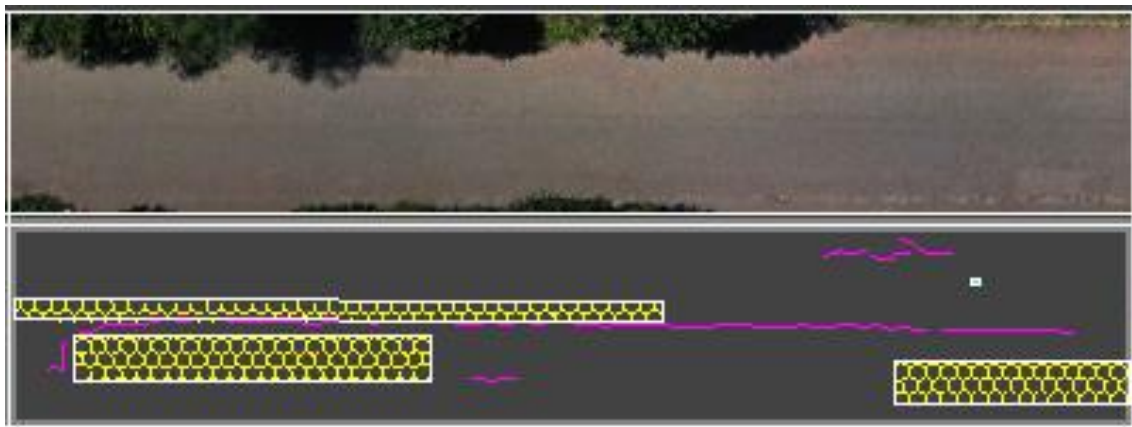
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)																		
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO												
00+000 KM a 00+700 KM		km 00+210				06												
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO												
CALZADA		km 00+250				280 m ²												
INSPECCIONADO POR						FECHA												
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						11 - Junio - 2020												
DAÑOS																		
1. Piel de cocodrilo	2. Exudación	3. Agrietamiento en bloque	4. Abultamientos y hundimientos	5. Corrugación	6. Depresión	7. Grieta de borde	8. Grieta de reflexión de juntas	9. Desnivel carril / berma	10. Grietas longitudinales y transversales	11. Farcho	12. Pulimento de agregados	13. Huecos	14. Cruce de vía ferrea	15. Ahueamiento	16. Desplazamiento	17. Grieta parabólica (slippage)	18. Hinchamiento	19. Desprendimiento de agregados
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO				
1	L	14.3											14.3	5.1	20.0			
1	M	21.5											21.5	7.7	48.0			
10	L	18.7											18.7	6.7	7.0			
10	M	26.9											26.9	9.6	19.0			
19	L	223.0											223.0	79.6	16.0			
3	M	21.5											21.5	7.7	16.0			



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 06 con un área de 280 m².



METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
00+000 KM a 00+760 KM		km 00+250				07								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
CALZADA		km 00+290				280 m²								
INSPECCIONADO POR						FECHA								
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						11 - Junio - 2020								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía farrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parqueo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	L	12.6	37.0							49.5	17.7	40.0		
10	L	7.7								7.7	2.8	1.0		
10	M	36.0								36.0	12.9	22.0		
13	L	1.0								1.0	0.4	9.0		
19	M	230.0								230.0	82.1	40.0		

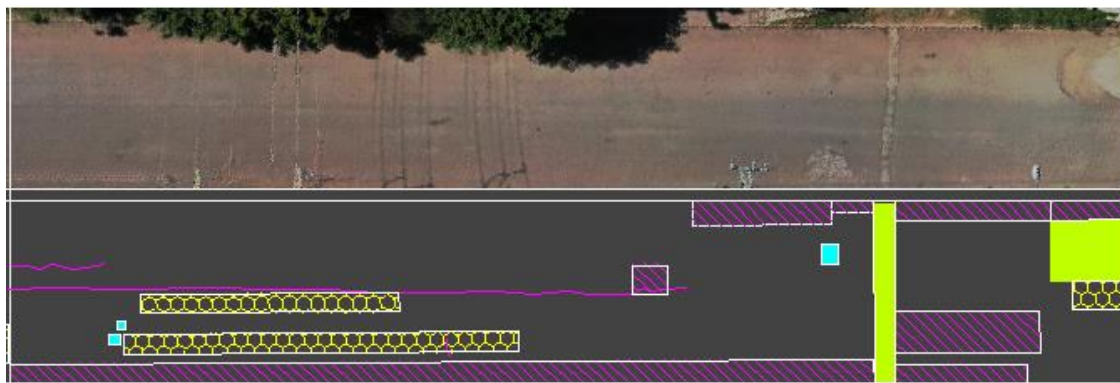


Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 07 con un área de 280 m2.



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+760 KM			km 00+290				08							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+330				280 m²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD							11 - Junio - 2020							
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parcheo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	7.7	12.2									19.8	7.1	29.0
1	M	2.3										2.3	0.8	19.0
10	H	12.9										12.9	4.6	22.0
10	L	17.3										17.3	6.2	7.0
11	L	2.0										2.0	0.7	2.0
11	M	10.1										10.1	3.6	20.0
13	M	3.0										3.0	1.1	32.0
19	H	6.1										6.1	2.2	21.0
19	M	50.2										50.2	17.9	24.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 08 con un área de 280 m2.


EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCONVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA														
ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+700 KM			km 00+330				09							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+370				280 m ²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD							11 - Junio - 2020							
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huscos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parqueo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	8.3										8.3	3.0	46.0
10	M	2.7										2.7	1.0	2.0
11	L	32.0										32.0	11.4	17.0
11	M	75.0										75.0	26.8	50.0
13	H	12.3										12.3	4.4	85.0
13	M	5.2										5.2	1.9	44.0
14	M	40.8										40.8	14.6	43.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 09 con un área de 280 m².


EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+760 KM			km 00+370				10							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+410				280 m ²							
INSPECCIONADO POR			FECHA											
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD			12 - Junio - 2020											
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Paroheo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	28.3										28.3	10.1	62.0
1	M	14.7										14.7	5.3	40.0
10	H	17.7										17.7	6.3	28.0
10	L	11.6										11.6	4.1	4.0
10	M	14.1										14.1	5.1	12.0
11	M	54.1										54.1	19.3	44.0
13	H	12.4										12.4	4.4	86.0
19	H	17.8										17.8	6.4	33.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 10 con un área de 280 m².

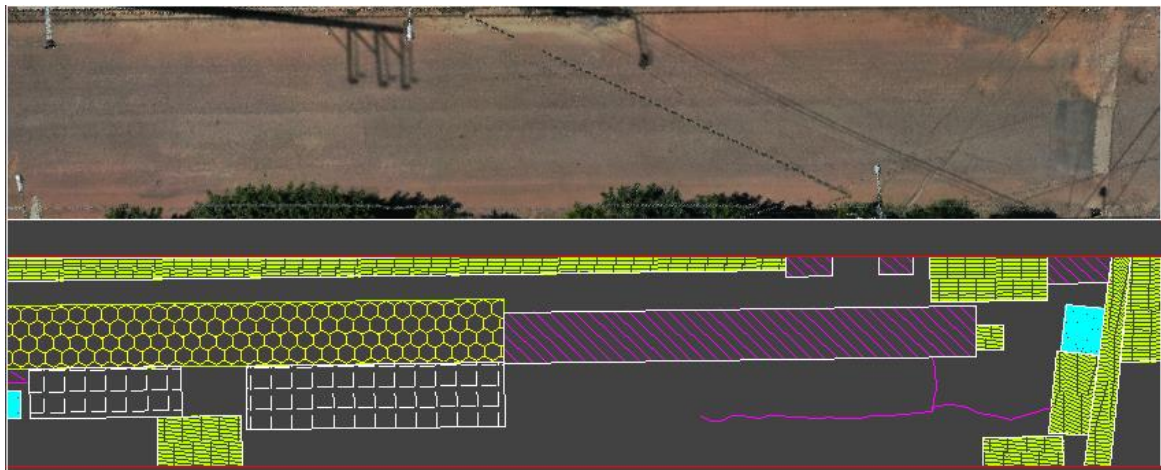


METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)																	
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO				CARRIL							
00+000 KM a 00+750 KM		km 00+440				11				CALZADA							
INSPECCIONADO POR		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO				FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD		km 00+480				280 m ²				12 - Junio - 2020							
DAÑOS																	
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos			2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea		
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento			4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento		
5. Corrugación			11. Parqueo			17. Grieta parabólica (slippage)			6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento		
						19. Desprendimiento de agregados											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
1	L	7.0								7.0	2.5	20.0					
1	M	24.1								24.1	8.6	48.0					
10	H	8.3								8.3	3.0	17.0					
10	L	5.8								5.8	2.1						
10	M	18.0								18.0	6.4	14.0					
11	H	64.5								64.5	23.0	70.0					
11	M	20.5								20.5	7.3	28.0					
13	L	8.2								8.2	2.9	43.0					
13	M	29.0								29.0	10.3	92.0					
17	H	1.5								1.5	0.6	13.0					
19	H	23.9								23.9	8.6	38.0					

Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 11 con un área de 280 m2.



METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+750 KM			km 00+480				12							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+520				280 m ²							
INSPECCIONADO POR						FECHA								
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						12 - Junio - 2020								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parcheo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	35.7										35.7	12.7	36.0
10	L	2.2										2.2	0.8	
10	M	13.1										13.1	4.7	11.0
11	L	12.0	32.9									44.9	16.0	20.0
13	M	5.1										5.1	1.8	43.0
19	H	31.3										31.3	11.2	43.0
3	L	8.8	18.7									27.3	9.7	9.0

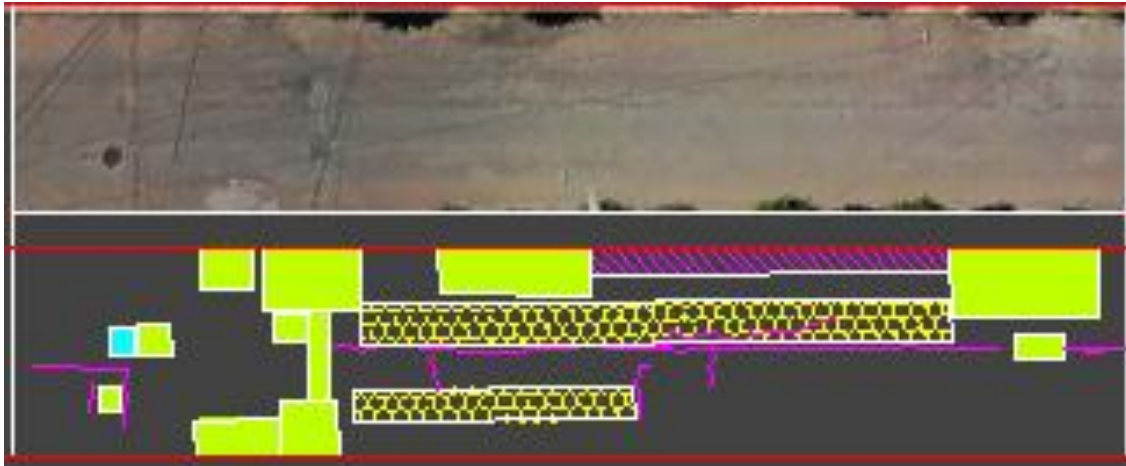


Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 12 con un área de 280 m².



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCONVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
00+000 KM a 00+780 KM		km 00+520				13								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
CALZADA		km 00+560				280 m ²								
INSPECCIONADO POR										FECHA				
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD										12 - Junio - 2020				
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parchoeo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
19. Desprendimiento de agregados														
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	39.2										39.2	14.0	37.0
10	M	11.9	25.3									37.2	13.3	22.0
11	L	5.4	28.7									34.2	12.2	18.0
11	M	9.5										9.5	3.4	19.0
13	M	2.5										2.5	0.9	29.0
19	H	9.6										9.6	3.4	26.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 13 con un área de 280 m².


EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

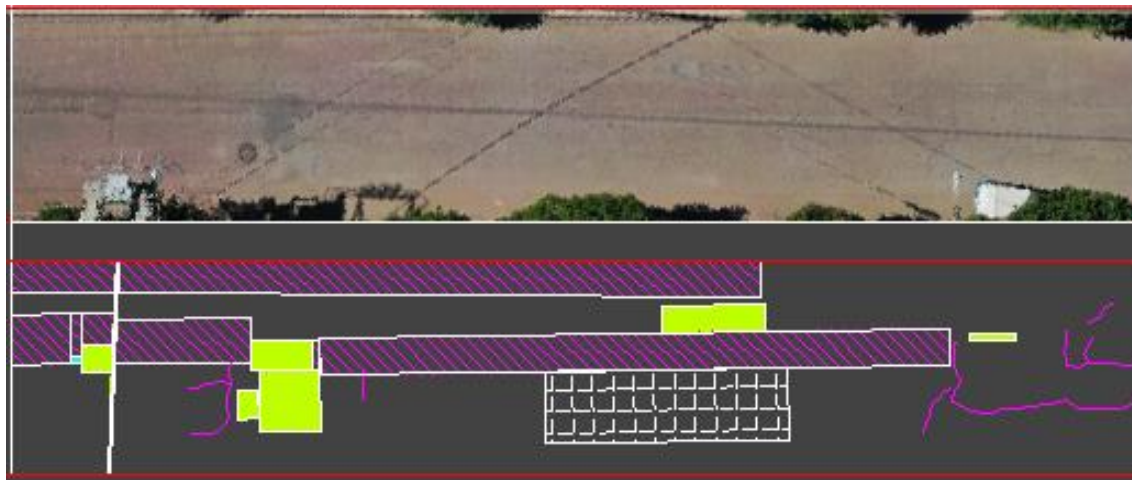
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)												
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO					
00+000 KM a 00+780 KM			km 00+560				14					
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO					
CALZADA			km 00+600				280 m ²					
INSPECCIONADO POR			FECHA									
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD			12 - Junio - 2020									
DAÑOS												
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos					
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea					
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento					
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento					
5. Corrugación			11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)					
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento					
							19. Desprendimiento de agregados					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	17.2								17.2	6.2	28.0
10	L	7.8								7.8	2.8	1.0
10	M	6.3	28.9							35.2	12.6	21.0
11	L	1.9	14.0							15.9	5.7	11.0
11	M	0.8								0.8	0.3	5.0
13	L	4.8								4.8	1.7	30.0
13	M	1.9								1.9	0.7	26.0
17	L	1.2								1.2	0.4	2.0
19	M	67.0								67.0	23.9	27.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 14 con un área de 280 m².



METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
00+000 KM a 00+760 KM		km 00+600				15								
CARRIL CALZADA		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
		km 00+640				280 m ²								
INSPECCIONADO POR						FECHA								
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						12 - Junio - 2020								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parocho			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	7.0										7.0	2.5	1.0
10	M	16.5										16.5	5.9	13.0
11	H	0.9										0.9	0.3	11.0
11	L	6.7										6.7	2.4	4.0
11	M	4.7										4.7	1.7	13.0
13	L	1.0										1.0	0.4	9.0
19	H	67.0										67.0	23.9	59.0
3	L	19.6										19.6	7.0	7.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 15 con un área de 280 m².

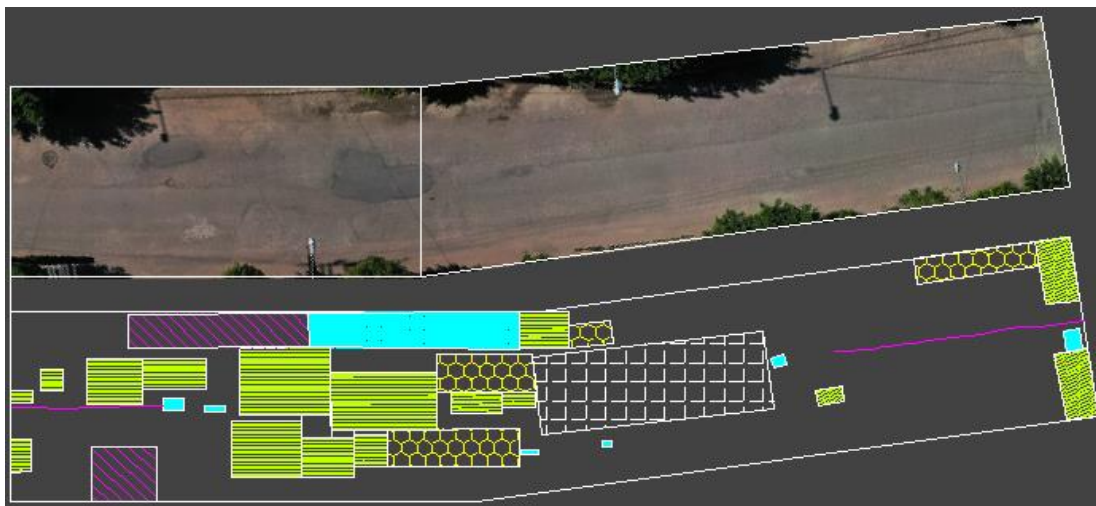

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+760 KM			km 00+640				15							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+680				280 m ²							
INSPECCIONADO POR						FECHA								
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						12 - Junio - 2020								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel camil / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parcheo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	13.4										13.4	4.8	39.0
10	H	14.5										14.5	5.2	23.0
10	L	2.7										2.7	1.0	
10	M	25.6										25.6	9.2	18.0
11	L	3.1										3.1	1.1	2.0
11	M	5.6										5.6	2.0	15.0
13	M	1.0										1.0	0.4	16.0
19	H	27.7										27.7	9.9	41.0




EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)													
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+700 KM		km 00+680				17							
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA		km 00+720				280 m²							
INSPECCIONADO POR						FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						12 - Junio - 2020							
DAÑOS													
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento							
4. Abultamiento y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parqueo			17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento							
						19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	H	5.6								5.6	2.0	40.0	
1	M	11.4								11.4	4.1	36.0	
10	H	5.4								5.4	1.9	14.0	
10	M	6.7								6.7	3.1	8.0	
11	L	17.8	23.2							41.0	14.6	19.0	
11	M	3.0								3.0	1.1	10.0	
13	L	2.0								2.0	0.7	15.0	
13	M	23.0								23.0	8.2	85.0	
19	H	12.8								12.8	4.6	29.0	
3	M	24.0								24.0	8.6	16.0	

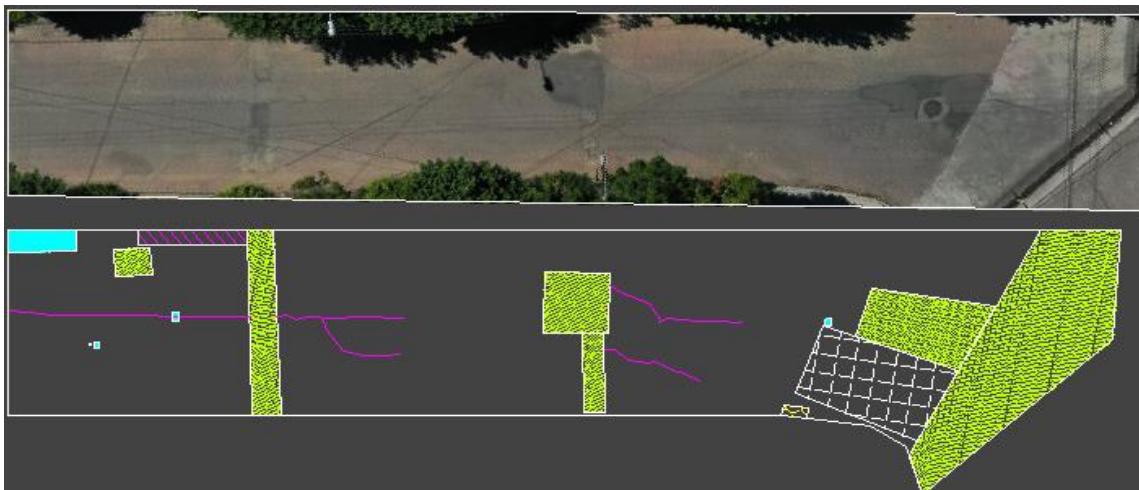


Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 17 con un área de 280 m².



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA - AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
00+000 KM a 00+780 KM			km 00+720				18							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+780				280 m ²							
INSPECCIONADO POR						FECHA								
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD						12 - Junio - 2020								
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berna			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parcheo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	0.3										0.3	0.1	13.0
10	H	13.0										13.0	4.7	22.0
10	M	14.4										14.4	5.2	12.0
11	L	6.5	51.6									58.1	20.8	23.0
11	M	2.2										2.2	0.8	9.0
13	L	6.0										6.0	2.2	36.0
13	M	4.0										4.0	1.4	38.0
19	H	2.3										2.3	0.8	15.0
3	M	13.9										13.9	5.0	14.0



Anomalías evaluadas en el pavimento Circunvalación Este de la unidad de muestra 18 con un área de 280 m².

	1. PIEL DE COCODRILO		3. GRIETAS DE BLOQUE
	10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		11. PARCHEO
	19. Desgaste de Agregado		13. HUECOS
	17. GRIETAS PARABOLICA		14. ACCESO A PUENTES

ANEXO 6

Evaluación superficial de pavimento flexible mediante el método PCI



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)													
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
km 0+000 a km 0+750			km 00+040				02						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO						
CALZADA			km 00+080				280 m²						
INSPECCIONADO POR			FECHA				13 - Junio - 2020						
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD													
DAÑOS													
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación			11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
							19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	7.0									7.0	2.5	1.0
10	M	4.1									4.1	1.5	4.0
11	L	10.0	14.0								24.0	8.8	15.0
11	M	0.4	8.0								8.4	3.0	18.0
13	L	8.0	10.0	15.0							33.0	11.8	52.0
13	M	2.0									2.0	0.7	25.0
19	M	190.0									190.0	67.9	37.0



EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)													
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
km 0+000 a km 0+750			km 00+130				04						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO						
CALZADA			km 00+170				280 m²						
INSPECCIONADO POR			FECHA				13 - Junio - 2020						
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD													
DAÑOS													
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos						
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea						
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento						
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento						
5. Corrugación			11. Parqueo				17. Grieta parabólica (slippage)						
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento						
							19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	8.0	19.0								27.0	9.8	32.0
10	L	15.0									15.0	5.4	6.0
10	M	9.0									9.0	3.2	8.0
11	L	16.0									16.0	5.7	11.0
13	M	2.0									2.0	0.7	25.0
19	L	244.0									244.0	87.1	16.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
km 0+000 a km 0+760			km 00+210				06							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+250				280 m²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD							13 - Junio - 2020							
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parchoeo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	19.8										19.8	7.1	45.0
10	L	40.0										40.0	14.3	8.0
13	L	2.0										2.0	0.7	15.0
19	M	280.0										280.0	92.9	42.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)														
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO							
km 0+000 a km 0+760			km 00+290				08							
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO							
CALZADA			km 00+330				280 m²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD							13 - Junio - 2020							
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde				13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma				15. Ahuellamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parchoeo				17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento							
							19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	H	10.6										10.6	3.8	20.0
10	L	40.0										40.0	14.3	8.0
11	H	4.2	12.0	38.5								52.7	18.8	66.0
13	L	3.0										3.0	1.1	21.0
19	L	250.0										250.0	89.3	16.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA														
ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
km 0+000 a km 0+760		km 00+370				10								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
CALZADA		km 00+410				280 m ²								
INSPECCIONADO POR		FECHA												
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD		13 - Junio - 2020												
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parchoeo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	3.3										3.3	1.2	32.0
1	M	10.0										10.0	3.6	34.0
10	L	5.1										5.1	1.8	
10	M	52.4										52.4	18.7	25.0
11	H	11.2										11.2	4.0	33.0
11	M	6.1	7.0									13.1	4.7	21.0
13	L	16.0										16.0	5.7	56.0
13	M	6.0										6.0	2.1	47.0
19	L	240.0										240.0	85.7	16.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA														
ASTM D 6433 (2003)														
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO								
km 0+000 a km 0+760		km 00+440				11								
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO								
CALZADA		km 00+480				280 m ²								
INSPECCIONADO POR		FECHA												
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD		13 - Junio - 2020												
DAÑOS														
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea								
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuellamiento								
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento								
5. Corrugación			11. Parchoeo			17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	19.8										19.8	7.1	45.0
10	L	11.8	28.0									39.8	14.2	8.0
13	H	2.0	3.0									5.0	1.8	64.0
19	M	255.0										255.0	91.1	42.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)										
SECCION km 0+000 a km 0+760	PROGRESIVA INICIAL km 00+520	UNIDAD DE MUESTREO 13								
CARRIL CALZADA	PROGRESIVA FINAL km 00+560	AREA DE MUESTREO 280 m ²								
INSPECCIONADO POR VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD		FECHA 13 - Junio - 2020								
DAÑOS										
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos								
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía férrea								
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahueamiento								
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento								
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento								
		19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	5.4						5.4	1.9	
10	M	68.5						68.5	24.5	28.0
11	M	9.9	10.5					20.4	7.3	26.0
13	H	7.0						7.0	2.5	72.0
19	L	250.0						250.0	89.3	16.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)										
SECCION km 0+000 a km 0+760	PROGRESIVA INICIAL km 00+600	UNIDAD DE MUESTREO 15								
CARRIL CALZADA	PROGRESIVA FINAL km 00+640	AREA DE MUESTREO 280 m ²								
INSPECCIONADO POR VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD		FECHA 13 - Junio - 2020								
DAÑOS										
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos								
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de juntas	14. Cruce de vía férrea								
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahueamiento								
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento								
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)								
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento								
		19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	1.9						1.9	0.7	16.0
10	H	40.0						40.0	14.3	41.0
10	L	3.3						3.3	1.2	
10	M	6.3						6.3	3.0	8.0
11	H	1.1						1.1	0.4	12.0
11	L	13.5						13.5	4.8	10.0
13	H	1.1						1.1	0.4	35.0
13	L	2.0						2.0	0.7	15.0
19	L	258.0						258.0	92.1	16.0

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CIRCUNVALACION ESTE HUANTA AYACUCHO

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)													
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
km 0+000 a km 0+790			km 00+690				17						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO						
CALZADA			km 00+720				280 m ²						
INSPECCIONADO POR			FECHA										
VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMILD			13 - Junio - 2020										
DAÑOS													
1. Fiel de ocoodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos							
2. Exudación			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Cruce de vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel carril / berma			15. Ahuecamiento							
4. Abultamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento							
5. Corrugación			11. Parchoeo			17. Grieta parabólica (slippage)							
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento							
						19. Desprendimiento de agregados							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	4.9									4.9	1.8	38.0
1	L	7.3									7.3	2.6	20.0
1	M	2.8									2.8	1.0	21.0
10	H	2.0									2.0	0.7	7.0
10	L	5.7									5.7	2.0	
10	M	14.0	40.0								54.0	19.3	26.0
11	L	16.0									16.0	5.7	11.0
13	H	4.7	6.0								10.7	3.8	82.0
13	L	9.0									9.0	3.2	46.0
19	L	230.0									230.0	82.1	16.0

ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO



Evaluación de las anomalías del pavimento.



Evaluación de la falla hueco.



Evaluación superficial del pavimento flexible con el método PCI



Evaluación de las anomalías del pavimento.



El parcheo de la vía circunvalación Este en pésimas condiciones

ANEXO 8

HOJA DE REGISTRO PARA EL UAV	
PILOTO: Ventura Fernandez Ehlers Zhamild	
UBICACIÓN DE VUELO: Calle Circunvalacion Este, Huanta	
FECHA: 11/06/2020	
CARACTERÍSTICAS DEL UAV	
TIPO DE UAV: Mavic 2pro	
TIEMPO DE VUELO: 30 min	
VELOCIDAD MAXIMA: 72 km/hr	
SENSOR: 1"	
PESO: 907 gr	
CARACTERISTICAS DEL CLIMA EN EL LUGAR DE ESTUDIO	
CLIMA: Soleado	
HORA DE VUELO DEL UAV: 12:30	
HORA DE LLEGADA DEL UAV: 12:45	
PLAN DE VUELO	
ALTURA DE VUELO: 27 m	
ALTURA DE HOME: 20 m	
GSD: 0.69	
TIEMPO DE VUELO: 12.40 min	
TIEMPO DE INTERVALO DE CAMARA: 2.03 segundos	
TRASLAPE HORIZONTAL: 80%	TRASLAPE VERTICAL: 80%
FORMATO DE IMAGEN: JPG	
VELOCIDAD DE VUELO: 3m/s	
PUNTOS DE CONTROL	
GPS: Garmin Etrex 20	
ESTACION TOTAL: Topcon ES105	
HORA DE INICIO: 9 am	HORA DE FIN: 11am
NÚMERO TOTAL DE PUNTOS DE CONTROL: 12	
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DEL UAV	
TOTAL DE IMÁGENES: 261	
PROGRAMA DE PROCESAMIENTO: PIX4D MAPPER	
NUBE DE PUNTOS: PIX4D MAPPER	
ORTOFOTO: PIX4D MAPPER	
MODELO 3D: PIX4D MAPPER	