



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Aplicación de Métodos UAV Y VIZIR en la evaluación del  
estado superficial del pavimento flexible – Avenida Próceres  
de Huandoy - Los Olivos, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Suclupe Nuñez, Martha Ysabel (ORCID: 0000-0001-6426-3991)

**ASESOR:**

Mg. Benites Zúñiga José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, por estar siempre conmigo mostrándome el camino correcto, así como a mis Padres (Gladys y Guillermo) y a mis tíos (Jane y Walter), por el apoyo incondicional que me han brindado durante estos años para lograr exitosamente todo lo proyectado en mi vida; Cada uno ha sido un pilar importante para lograr creer en mí y seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios todopoderoso por haberme permitido desarrollar este trabajo de investigación.

Agradecimiento especial al Mg. Ing. José Luis Benites Zúñiga por sus asesoría y apoyo durante el desarrollo correcto de esta investigación, así mismo agradecer a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil por su amabilidad y aporte, y en general a todas las personas que contribuyeron para la realización de esta investigación.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>7</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	38
3.2. Variables y Operacionalización .....	39
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	40
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	41
3.5. Procedimientos.....	42
3.6. Método de Análisis de Datos.....	42
3.7. Aspectos Éticos.....	43
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala de clasificación de serviciabilidad según la Norma AASHTO	16
Tabla 2 Tipo de condición según clasificación de condición	19
Tabla 3 Unidades de muestreo según el tipo de pavimento	23
Tabla 4 Tabla y Mantenimiento PCI	28
Tabla 5 Fallas del pavimento flexible para el método PCI	28
Tabla 6. Niveles de deterioro del tipo A	34
Tabla 7 Niveles de deterioro del tipo B	35
Tabla 8 Clasificación del estado superficial del pavimento - VIZIR	37
Tabla 9 Daños Totalizados con la metodología UAV	48
Tabla 10 Resumen clasificación por Metodología PCI	49
Tabla 11 Resultados de Fallas PCI obtenidas con el Drone	52
Tabla 12 Resumen de la avenida evaluada	53
Tabla 13 Fallas de Tipo A – Metodología VIZIR	54
Tabla 14 Fallas de Tipo B – Metodología VIZIR	55
Tabla 15 Resumen de Clasificación por Metodología VIZIR	55
Tabla 16 Falla de tipo A	57
Tabla 17 Falla de tipo B	57
Tabla 18 Resumen de la avenida por la Metodología VIZIR	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Av. Próceres de Huandoy.	02
Figura 2. Identificación y cuantificación de deterioros mediante una ortofoto.	02
Figura 3. Estructura del Pavimento Flexible.	13
Figura 4. Curva de deterioro de un pavimento.	16
Figura 5. Curva de degradación y actividades de mantenimiento.	18
Figura 6. Tipos de conservación según clasificación de condición.	19
Figura 7. Método UAV.	20
Figura 8. Ortofoto Georreferenciada.	20
Figura 9. Modelo 3D.	20
Figura 10. Identificación y cuantificación de deterioros.	21
Figura 11. Escala de clasificación del PCI.	22
Figura 12. Hoja de inspección.	22
Figura 13. Distribución normal al 95% de intervalos de confianza.	23
Figura 14. Curva de <b>corrección</b>	26
Figura 15. RQ-1 Predator.	30
Figura 16. Aeronave de ala fija.	31
Figura 17. Aeronave ala rotatoria o multicolor.	31
Figura 18. Nueva aplicaciones de los Drones.	32
Figura 19. Método UAV y VIZIR respectivamente.	41
Figura 20: Mapa del departamento de Lima.	44
Figura 21: Mapa Político del Perú.	44
Figura 22. Mapa de la Provincia de Lima.	44
Figura 23. Mapa del Distrito de los Olivos.	45
Figura 24. Tramo de la Av. Próceres de Huandoy.	46
Figura 25: Perfil del PCI	50

Figura 26: Recolección de Datos	<b>51</b>
Figura 27: Falla Parcheo vista con el Drone	<b>53</b>
Figura 28: Perfil del PCI – Tesis 2	<b>53</b>
Figura 29: Perfil del VIZIR – Tesis 1	<b>56</b>
Figura 30: Perfil del VIZIR – Tesis 2	<b>58</b>
Figura 31: Modelo de hoja de recolección de datos para PCI	<b>59</b>
Figura 32: Recolección de datos VIZIR	<b>60</b>
Figura 33: Modelo digital 3D de la vía con datos del Drone.	<b>61</b>
Figura 34: Ejemplo de evaluación del estado situacional del VIZIR	<b>62</b>

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general aplicar los métodos UAV y VIZIR en la evaluación del estado del pavimento flexible. El trabajo se desarrolló con el fin de analizar el procedimiento de cada método, conocer cómo influyen las fallas en los mismos y ver como clasifican el pavimento flexible.

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de dos trabajos de investigación que emplearon ambos métodos en la evaluación superficial del pavimento flexible; como fue en un comienzo nuestra idea y que debido al COVID-19 no se pudieron realizar en la zona indicada en un comienzo.

La metodología que se empleó tuvo un enfoque mixto, de tipo aplicada, con un nivel correlacional – causal y un diseño no experimental; teniendo como resultado que para la primera tesis, en el método UAV el tramo evaluado se encontraba en estado REGULAR con un PCI de 52 y para el método VIZIR con un valor de 3 también presentaba un estado REGULAR; en el caso de la segunda tesis los resultados discreparon, ya que el método UAV, encontró un pavimento en estado POBRE con un PCI de 29 y el método VIZIR determinó el mismo en estado BUENO con un valor promedio de 2.

**Palabras claves:** Pavimento Flexible, UAV, VIZIR

## **ABSTRACT**

The present research has the general objective of applying the UAV and VIZIR methods in the evaluation of the state of the flexible pavement. The work was carried out with the purpose of analyzing the procedure of each method, knowing how the faults influence them and seeing how they classify the flexible pavement.

This work was possible thanks to the support of two research works that used both methods in the superficial evaluation of the flexible pavement; how was our idea at the beginning and that due to COVID-19 they could not be carried out in the area indicated at the beginning.

The methodology used had a mixed, applied-type approach, with a correlational-causal level and a non-experimental design; having as a result that for the first thesis, in the UAV method the section evaluated was in REGULAR status with a PCI of 52 and for the VIZIR method with a value of 3 it also had a REGULAR status; In the case of the second thesis, the results disagreed, since the UAV method found a pavement in the POOR state with a PCI of 29 and the VIZIR method determined it in a GOOD state with an average value of 2.

**Keywords:** Flexible pavement, UAV, VIZIR.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La existencia de vías urbanas y carreteras en óptimas condiciones, es parte esencial para el progreso de un país, sin embargo, no siempre es por una situación de riqueza o pobreza, ya que muchos países de Latinoamérica con economías exitosas, afrontan problemas patentes en el mantenimiento de sus vías. Un estudio hecho por el Foro Económico Mundial en el 2017, coloca al país de Chile como uno de los países con mejor infraestructura de carreteras de Latinoamérica; esto se debe mucho al mantenimiento que se les da a sus vías y a las nuevas tecnologías que usan.

Nuestro país en los últimos años, se encuentra en constante trabajo para contar con una infraestructura vial eficiente, así mismo con carreteras y vías integradas e interconectadas, facilitando en gran medida la movilización de mercancías y de personas; sin embargo las principales vías urbanas de nuestro país se encuentran saturadas de vehículos, en su mayoría de transporte público, sin contar que en ocasiones muchas de estas vías son invadidas por vehículos no aptos para su diseño estructural, produciéndose de esta manera el deterioro del pavimento.

Lima, es una de las principales ciudades en la cual es muy común encontrarnos con Avenidas y calles en mal estado; los pavimentos flexibles son constantemente el centro del problema, ya que encontrar fallas tales como, grietas, piel de cocodrilo, hundimientos entre otras es muy seguido.

Un mantenimiento adecuado para estas vías, resulta en ocasiones difícil, ya que como se mencionó anteriormente estas se encuentran saturadas de vehículos, por lo que la evaluación superficial del pavimento se ha vuelto un poco más complicado y en ocasiones no se realizan por tal motivo; es así que las municipalidades al no tener información exacta del estado de las vías, muchas veces optan por tratamientos de corta duración, empeorando en ocasiones la problemática del pavimento.

Debido a estas dificultades constantes, es necesario contar con métodos alternativos, modernos, de costos razonables, pero con resultados óptimos que nos indiquen exactamente el estado superficial y operacional de la estructura, para de esta forma darle un mantenimiento adecuado. Por lo expuesto

anteriormente la presente Tesis, propuso aplicar dos metodologías, el método UAV (Vehículos aéreos no tripulados), que tienen como punto innovador el uso de DRONES y Ortofotos, como se puede observar en la figura N°2, y el método VIZIR, un método ya conocido que también nos brinda una evaluación cuidadosa del pavimento; este trabajo se realizó para conocer el estado superficial del pavimento flexible en la Av. Próceres de Huandoy, entre las Av. Los Alisos y la Av. Naranjal, del distrito de los olivos, la cual puede visualizarse en la figura N°1.



Figura 1: Av. Próceres de Huandoy

Fuente: Google Earth



Figura 2: Identificación y cuantificación de deterioros mediante una ortofoto

Fuente: <http://www.pcidrone.com/servicios.html>

Lo importante aquí fue evaluar, analizar y diagnosticar el pavimento flexible, evitando molestias a conductores y transeúntes, para finalmente proponer soluciones adecuadas de mantenimiento, evitando así que la estructura siga empeorando.

## **Formulación del Problema**

### **Problema General**

¿Cómo es la evaluación de estado superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?

### **Problemas Específicos**

¿Cómo influyen las fallas superficiales en la evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?

¿Cuál es la serviciabilidad en la evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?

¿Cuál es la condición del pavimento en la evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?

### **Justificación del Estudio**

La evaluación de los pavimentos flexibles también es fundamental en el desarrollo de las ciudades, ya que permiten mejorar el estado de la estructura del pavimento brindando un tránsito cómodo y seguro; es por ello que la presente investigación se justifica fundamentalmente en comparar los métodos UAV y VIZIR, con la necesidad de realizar la evaluación del pavimento flexible de la Av. Próceres de Huandoy, determinar su nivel de daño y a la vez brindar la mejor opción de mantenimiento.

### **Teórica**

Una vez que un pavimento flexible nuevo comienza a funcionar, debe conservar y operar de manera óptima y segura durante su vida útil, por lo que su conservar su estructura requiere de una evaluación constante, la cual debe ser prevista en su proyecto inicial.

Por lo mencionado anteriormente desde el punto de vista teórico, el presente trabajo aportara un mayor conocimiento en metodologías para la evaluación superficial de pavimentos, aplicando un método moderno y un método tradicional, teniendo siempre presente el análisis y evaluación del pavimento flexible de la zona en estudio; para ello nos hemos tenido como base documentos y normas como el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura vial del MTC, Manual de carreteras, la norma ASTM D5340-98,

Manual de seguridad vial, entra muchos otros que no han ayudado a complementar nuestro tema de investigación.

### **Práctica**

Al contar con una metodología adecuada para la evaluación de pavimentos, ahorraríamos dinero a largo plazo ya que daríamos el tratamiento adecuado a la estructura, evitando que esta reincida en su deterioro; entonces al comparar dos metodologías de evaluación, en este caso el Método UAV y el Método VIZIR, podemos saber cuál es la más indicada y efectiva, para trabajos que se realicen de aquí a futuro.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo podrán ser considerados como material de apoyo para el municipio de la zona en investigación, el cual será responsable de tomar las decisiones pertinentes con asesoría de profesionales especializados en esta rama, para dar mantenimiento a la estructura del pavimento, contribuyendo con un transporte de calidad.

### **Metodológica**

Debido a que en la ciudad de Lima aún no cuenta con un orden vehicular apropiado que ayude a predecir el tiempo correcto para realizar la evaluación superficial del pavimento y posteriormente su conservación, a menudo nos vemos forzados a no tomar ninguna acción, lo cual incrementa el deterioro del pavimento, así como congestión vehicular.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio se elaborará un instrumento de medición para las variables de estudio, Método UAV y Método VIZIR, en la población de la Av. Próceres de Huandoy. Estos instrumentos serán formulados y antes de su aplicación filtrados por el juicio de expertos para luego ser tamizados mediante la confiabilidad y la validez.

### **Social**

La justificación social tiene un enfoque humanista, centrado principalmente en el desarrollo de la calidad de vida del hombre y los factores de cambio social, económico y ambiental.

La filosofía de un estudio de ingeniería demanda que a través investigaciones se planteen alternativas que permitan adoptar cambios, utilizando los recursos

que la naturaleza brinda, obteniendo como resultados beneficios a la sociedad. En el Perú, principalmente en Lima, donde los pavimentos en su gran totalidad se encuentran deteriorados, rehabilitarlos en ocasiones se nos hace un trabajo simple, ya que simplemente hacemos lo clásica y tradicional que es pasa por cortar, rellenar y eliminar capas de material que ya cumplieron con su ciclo de vida o en el mejor de los casos, perforar la carpeta asfáltica aproximadamente 5 cm y reponerla; sin embargo este proceso no es lo correcto ya que requiere de un estudio más detallado para determinar la solución más adecuada .

Muchas obras de construcción exigen altos presupuestos generando gastos y a su vez mayores impuestos, por lo que en esta investigación lo que se busca es aplicar dos métodos de evaluación con la finalidad de conocer cuál es el estado real del pavimento, evaluar sus patologías y la severidad de las mismas para de esta manera obtener un mejor mantenimiento de la vía en estudio.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Aplicar los métodos UAV y VIZIR en la evaluación del estado del pavimento flexible.

### **Objetivos Específicos**

Conocer cómo influyen las fallas superficiales en el estado del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.

Conocer la serviciabilidad del pavimento en la evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.

Conocer la condición del pavimento en la evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis General**

La Evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR será factible.

### **Hipótesis específicas**

Las fallas superficiales influirán significativamente en la evaluación del estado superficial del pavimento flexible en los métodos UAV y VIZIR.

La serviciabilidad del pavimento será MUY MALA para el método UAV y REGULAR para el método VIZIR en la evaluación del pavimento flexible.

La condición del pavimento será MALA para el método UAV y REGULAR para el método VIZIR en la evaluación del pavimento flexible.

## II. MÉTODO

Nacevilla Toaquiza, Luis Jonatan (2018), en su tesis *Evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles mediante tecnología termográfica y método UAV* de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE; Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil; tiene como **objetivo** evaluar superficialmente las condiciones del pavimento flexible mediante tecnología termográfica y procesamiento de imágenes UAV, para así obtener el índice de serviciabilidad del pavimento flexible; el uso de estos sistemas se enfocó en llevar a cabo un levantamiento de la zona de estudio mediante fotografías ortodigitales y a su vez georreferenciar las diversas patologías existentes en todo su anillo vial, mismos que receptaban las variaciones térmicas que sufre la carpeta de rodadura, inducidas por la climatología propia de la zona. A estos **resultados** se los comparo con datos térmicos obtenidos del diseño de una nueva muestra asfáltica, valores que evidenciaron el mal estado del pavimento existente, esto debiéndose a que se ha perdido el ligante de la mezcla colocada, a su vez se demostró que el índice de serviciabilidad, el cual nos brinda un indicio claro de confort y seguridad vial, se encuentra en estado pobre. Es por tal motivo que, mediante el estudio de tráfico realizado, se presenta el diseño de una nueva mezcla asfáltica.

García Salazar, Daniel y Silva Castillo, Daniel (2018), es su tesis *Análisis comparativo de metodologías de evaluación VIZIR y PCI (parte A), aplicado a la estructura de pavimento de una vía urbana, en el barrio chico norte (localidad de Chapinero)* de la Universidad Militar Nueva Granada, Tesis de grado que tuvo como **objetivo** realizar una evaluación y comparación de la aplicación de la metodología VIZIR y PCI, sobre el tramo de vía de pavimento flexible analizado, del barrio Chico Norte (Localidad de Chapinero). El trabajo se desarrolló para evaluar la sección de vía analizada por los ambos métodos VIZIR y PCI, generar una caracterización de condiciones y daños en el pavimento de los tramos de vía analizados, catalogar los tipos de daños y analizarlos de acuerdo a los sistemas de clasificación VIZIR y PCI viendo el estado en que se encuentra el pavimento en ambos casos. La **metodología** que siguió la presente tesis es de enfoque cuantitativo, un nivel descriptivo y un diseño no experimental, teniendo como **resultado** una diferencia de calidad y estado de

las vías de un tamaño considerable para algunas de ellas, lo cual indica inconsistencias en los criterios de evaluación entre ambas metodologías, por lo tanto, en el momento de elegir una alternativa de intervención, es posible que puedan presentarse grandes diferencias, debido al método elegido para el análisis y evaluación del pavimento.

**Del Barrio** Tajadura, Luis. (2017), en su tesis *Uso de Drones en la inspección para la rehabilitación del patrimonio; Iglesia de la Merced* de la Universidad de Burgos, Tesis Doctoral que tiene como **objetivo** recopilar y exponer la legislación vigente en materia de drones. La tesis desarrollo su estudio en dos bloques, uno que abarco todo el marco teórico con la legislación, tecnología aplicada e historia del caso en sí que fue la iglesia de la Merced, y un segundo bloque que se enfocó en un marco experimental donde se realizó un estudio exhaustivo del procedimiento a seguir para realizar un vuelo con un dron con tecnología termografía y fotogramétrica, conociendo todo su articulado y seguridad. La **metodología** que sigue la presente tesis es de enfoque cuantitativo, un nivel descriptivo y un diseño no experimental, teniendo como **resultado** que es alto el grado de satisfacción de consecución de los objetivos propuestos, ya que se logró visualizar de manera precisa las distintas patologías que presenta la iglesia de la merced. Sin embargo, el manejo del dron es difícil y peligroso por lo que se debe plantear estudios de especializados para su manejo.

**Cruz Toribio**, Jorge Omar (2018), en su investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería, Tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil; tuvo como **objetivo** calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en vías urbanas, empleando las imágenes obtenidas con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT). La **metodología** que se empleó en esta investigación es de tipo aplicada ya que tuvo como objetivo detallar el estado de conservación del pavimento y descriptiva ya que su finalidad fue describir los eventos tal como son observados, en este caso el estudio de las vías de manera visual; ya que de esta manera obtendría la alternativa adecuada de mantenimiento a realizarse en el pavimento. La investigación realizada es de enfoque mixto ya que comprende dos tipos: cualitativo y cuantitativo. Es Cualitativa porque se obtuvieron resultados descriptivos como excelente, muy bueno, bueno, regular, pobre, muy

pobre o fallado, al hacer el cálculo del PCI; de la misma manera, es cuantitativa porque el resultado proporciona el índice del PCI que se dan en 7 escalas numéricas que van desde el 0 hasta el 100. Finalmente, con los resultados obtenidos se llegó a la **conclusión** de que el uso del vehículo aéreo no tripulado permite el levantamiento de información en corto tiempo, sin interrumpir el tráfico ni poner en riesgo la vida de los inspectores en comparación con el método convencional.

**Yanarico del Carpio**, Yaimara Anghela y **Kalinowski Figueroa**, Milagros (2018), en su trabajo ***Propuesta de un plan de gestión anual basado en la metodología del ministerio de transportes y comunicaciones, para la superficie del pavimento en las avenidas: Jorge Chávez y costanera – wanchaq – cusco*** de la Universidad Andina del Cusco, Tesis para optar por el título profesional de ingeniería civil; tienen como **objetivo** principal aplicar el Sistema de Gestión del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), con sus reformas en su nueva adaptación de la norma para pavimentos urbanos ha establecido un plan de gestión para evaluar la superficie del pavimento en su estado actual en donde en la fase de inspección se usó el Índice de Condición de Pavimentos (PCI) para evaluar y analizar las Avenidas Jorge Chávez y Costanera del distrito de Wanchaq, para ello se usó un equipo fotogramétrico DRONE PHANTOM 3. La **metodología** de la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, un nivel descriptivo propositivo y un diseño no experimental transversal, obteniendo como **resultados** que en la Av. Jorge Chávez; se registrara un PCI igual a 14, lo que es considerado un pavimento de estado muy pobre; con este resultado se planteó el tipo de mantenimiento de rehabilitación y reconstrucción más adecuado; para la Av. Costanera se registró un pavimento en estado pobre con un PCI igual a 36, proponiendo el tipo de mantenimiento de rehabilitación con refuerzo estructural.

**Ortiz Marín**, Elizabeth Jaqueline (2018), en su trabajo ***Evaluación y comparación del estado de conservación de la carretera baños del inca – llacanora utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento y VIZIR*** de la Universidad Nacional de Cajamarca, Tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil, tiene como **objetivo** Evaluar la situación en que se encuentra la carretera Baños del Inca – LLacanora con respecto a su

conservación, poniendo en práctica los métodos PCI y VIZIR; de la misma manera establecer los diferentes tipos de daños determinados para la metodología de evaluación con PCI y VIZIR. La **metodología** utilizada es no experimental. Obteniendo como **resultado** que el método PCI muestra un estado excelente de la carretera con un 64.44% y el método VIZIR un estado bueno con 71.85%.

**Morales Colpa**, Mayuj (2019), es su trabajo ***Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca*** de la universidad Peruana Unión, informe de tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil; tiene como **objetivo** Identificar las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la Av. Aviación mediante la aplicación de las metodologías PCI y VIZIR. La **metodología** de la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, un nivel explicativo – correlacional y un diseño no experimental, obtenido como **resultados** que para la metodología PCI el pavimento se encuentra en una condición MUY BUENA con un 76% y para el método VIZIR el pavimento se encuentra en un estado BUENO con un 91%.

**Castelo Branco**, Luis Enrique y **Lima Segatine**, Paulo Cesar (2015), in his article ***MaNIAC-UAV - a methodology for automatic pavement defects detection using images obtained by Unmanned Aerial Vehicles*** he argues that the conservation and monitoring of roads are of great importance since many roads are increasingly presenting emergency maintenance situations, especially in hard-to-reach areas and remote locations, therefore, the use of modern technologies to monitor the conditions of these roads and act more effectively in the recovery of these roads is an important task. The main objective of this work was to present to MaNIAC-UAV a methodology for automatic paving defect detection. The results obtained from the use of image processing and allowed geographic information systems allowed a necessary concept to later perform the classification of the types of defects.

El trabajo presenta una metodología para obtener, automáticamente, información sobre las condiciones del pavimento asfáltico de la carretera. La recolección de datos se realizó a través de la detección remota utilizando un UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado) y las técnicas de procesamiento de imágenes y

reconocimiento de patrones a través del Sistema de Información Geográfica. Los resultados obtenidos del uso del procesamiento de imágenes y los sistemas de información geográfica permitieron un concepto necesario para luego realizar la clasificación de los tipos de defectos.

**Chunsun Zhang y Ahmed Elaksher (2012)**, in his article ***An unmanned Aerial Vehicle–Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses***, he argues that this article introduces an innovative Unmanned Aerial Vehicle (UAV) - based digital imaging system focusing on efficient collection of surface condition data over rural roads. In contrast to other approaches, aerial assessment is proposed by exploring aerial imagery acquired from an unpiloted platform to derive a three - dimensional (3D) surface model over a road distress area for distress measurement. The developed system has been tested over several test sites with roads of various surface distresses. Experiment results demonstrate that the system is very promising and provides high accuracy and reliable results.

Este artículo presenta un innovador sistema de imágenes digitales basado en vehículos aéreos no tripulados (UAV) que se centra en la recopilación eficiente de datos de condiciones de la superficie en caminos rurales; en contraste con otros enfoques, la evaluación aérea se propone explorando las imágenes aéreas adquiridas desde una plataforma sin pilotos para obtener un modelo de superficie tridimensional (3D) sobre un área de socorro en la carretera para su medición. Los resultados del experimento demuestran que el sistema es muy prometedor y proporciona una alta precisión y resultados confiables, por lo que este sistema puede ser utilizado dentro del área vial de la construcción.

**Simancas, Lenin (2019)**, en su artículo DRONES: ***tecnología de alto vuelo*** nos argumenta que los drones se han convertido en una tecnología disruptiva, que ha experimentado un crecimiento exponencial en usos y en cantidad de aeronaves disponibles; en el caso del sector de negocios, los drones proveen las mismas funcionalidades de observación y transporte que un helicóptero pero sin los costos asociados a un piloto a bordo, esto permite llevar a cabo tareas que anteriormente eran muy costosas para ser consideradas.

Las inspecciones en el área del sector construcción se han enfocado en terrenos y construcción de edificios, para esto los drones usan cámaras de alta

resolución, sensores y geo localización para ubicar cualquier problema o defectos en construcción de edificios, sin embargo, su uso pretende seguir expandiéndose en todas las ramas de la ingeniería, como por ejemplo la evaluación de carreteras y puentes. En la medida en que las posibilidades de uso comerciales y privados se expanden y la tecnología ofrezca innovaciones, las regulaciones en su uso serán un factor decisivo en permitir que tan rápido o no se desarrollaran nuevas aplicaciones.

**Hackl Jürgen, Adey Bryan y Wozniak Michael (2018)**, en su artículo ***Uso de la fotogrametría de vehículos aéreos no tripulados para obtener información topográfica para mejorar la evaluación del riesgo del puente*** nos dice que el nivel de servicio requerido por la infraestructura de transporte, cambia con el tiempo, al igual que la capacidad de la infraestructura; por esta razón nos presentan los resultados de una investigación que realizaron, sobre el uso de un vehículo aéreo no tripulado y una tecnología fotogramétrica moderna para obtener información topográfica para aplicar en la evaluación de riesgos de puentes. El vehículo aéreo no tripulado se utilizó para tomar imágenes georreferenciadas en un puente de hormigón de un solo tramo; con las imágenes y la tecnología fotogramétrica, se generó una malla tridimensional (3D) del terreno para poder analizar los riesgos del puente, asimismo esta se convirtió en una malla computacional, que podría usarse para ejecutar simulaciones dinámicas de fluidos computacionales durante una evaluación de riesgo de puentes.

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

manera sistemática de trabajo, así mismo a medida que agregamos sensores a los drones, podemos ir ampliando sus funciones y bondades.

### Teorías relacionadas al tema

**El pavimento** viene hacer la estructura que se compone de capas granulares de subbase y base, simples o tratadas, y una capa de rodadura, que descansan sobre la subrasante. La estructura tiene que ser diseñada para resistir, transferir y distribuir las cargas provenientes de los vehículos<sup>1</sup>.

La estructura de un pavimento está diseñada para soportar las cargas que son impuestas por el tránsito y condiciones ambientales (función estructural). De la misma forma debe diseñarse con la intención de brindar un paso seguro, confortable y cómodo al vehículo que transite sobre su superficie (objetivo funcional)<sup>2</sup>.

**El Pavimento Flexible** es una estructura vial que posee una carpeta de rodadura formada por una o varias capas de mezcla asfáltica, apoyadas sobre capas de menor rigidez, constituidas por materiales granulares no tratados como son la base, subbase y afirmado, que reposan sobre la subrasante o terreno natural. Ver sección típica en la figura 3.

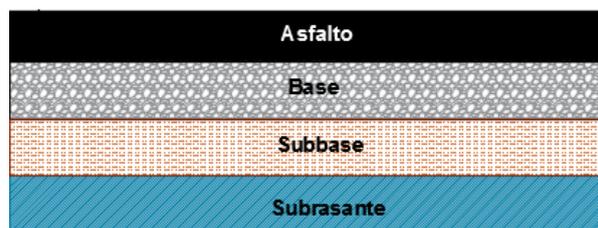


Figura 3: Estructura del Pavimento Flexible

Fuente: Elaboración Propia

La distribución de las tensiones y deformaciones que se generan por las cargas del tráfico sobre el pavimento, hace que las capas de revestimiento y base, atraigan todas las tensiones de comprensión que se generan verticalmente en el terreno de fundación esto debido a la absorción de tensiones cizallante<sup>3</sup>.

La carpeta asfáltica del pavimento flexible está compuesta generalmente de agregados pétreos, emulsiones asfálticas y material asfáltico. Los agregados

<sup>1</sup>(BECERRA Salas , 2012 pág. 5)

<sup>2</sup>(RONDON Quintana , y otros, 2015 pág. 36)

<sup>3</sup>(UMSS, 2010 pág. 11)

pétreos tienen que presentar granulometría y requisitos mínimos de calidad, cumpliendo de esta manera con la demanda, estructural y funcional de la estructura, tal como se detalla a continuación:

**Estructural:** La capa del pavimento debe ser diseñada y construida de manera que resista los fenómenos a fatiga y la acumulación de deformaciones constantes inducidas por las cargas de vehículos que se repiten continuamente durante el día; así como soportar los efectos del clima.

**Funcional:** La capa es la que recibe directamente las cargas que se imponen sobre el pavimento, por lo cual ser diseñada y construida para la circulación segura y cómoda durante su vida útil.

Es importante saber el contenido preciso de asfalto que se va a emplear, ya que de esta manera se garantiza que la carpeta va a resistir los esfuerzos a la que será sometida. Una proporción inadecuada de asfalto puede provocar pérdida de estabilidad o incluso puede hacer resbalosa la superficie.

Para estudiar el **comportamiento del pavimento** es importantes conocer que su estructura con el paso del tiempo sufrirá desgaste y deterioro, aunque su diseño y construcción cumpla con todas las especificaciones y normas de calidad. Esto se debe a que los pavimentos a diferencia de otras obras de ingeniería tienen un periodo de vida definido; terminado este, aun con un óptimo mantenimiento alcanzara su punto de falla<sup>4</sup>.

Las fallas estructurales están relacionadas con la capacidad de carga del pavimento (fatiga de la estructura). Por otro lado, las fallas funcionales vienen hacer la incapacidad que tiene el pavimento de proveer una superficie que facilite una circulación confortable, segura y cómoda de vehículos. Las fallas son normalmente: asociadas o no asociadas a las cargas. El deterioro es variable en función de la interacción de parámetros como:

La estructura del pavimento y la subrasante.

El volumen del tráfico y tipos de cargas.

Medio ambiente y funcionamiento del drenaje.

Políticas de mantenimiento aplicadas.

---

<sup>4</sup>(CRUZ Toribio , 2018 pág. 18)

Las fallas no asociadas son causadas por el medio ambiente y las condiciones atmosféricas, tiempo, calidad en la construcción, materiales y problemas específicos, como: las características especiales de los suelos y materiales, temperatura y humedad o diseños incorrectos de ingeniería<sup>5</sup>.

Para algunos autores, los tipos de falla que se encuentran comúnmente en un pavimento son:

Agrietamiento por las cargas (fatiga)

Agrietamiento por contracción (termo-fractura)

Deformación por carga (ahuellamiento)

Deformaciones y grietas no producidas por cargas, desintegración y disgregación.

“En una necesidad efectiva de mantenimiento y rehabilitación, distintos trabajos y observaciones dieron lugar a que los pavimentos pueden mostrar diferentes relaciones de deterioro – tiempo según los factores implicados en el deterioro”<sup>6</sup>. En la figura N °4 se muestra el deterioro del pavimento en función del tiempo mediante una curva, en la que se pueden distinguir tres puntos importantes:

**Punto A:** El pavimento empieza a manifestar señales ligeras de deterioro por lo que se necesita iniciar labores de mantenimiento menor, para empezar, controlar el deterioro.

**Punto B:** El deterioro empieza a desarrollarse rápidamente, requiriendo alguna acción mayor. En este punto se encuentra la “zona óptima de rehabilitación”, donde las inversiones relativamente pequeñas traen mejores beneficios. El pavimento no ha logrado deteriorarse severamente, conserva aún una buena porción de su resistencia inicial, por lo que un correcto trabajo de rehabilitación optimizara su condición.

**Punto C:** El pavimento ha llegado a una etapa crítica, tanto en el punto de vista funcional como estructural. Aquí ya se requiere de costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o en casos extremos la reconstrucción de la estructura.

---

<sup>5</sup> (JUGO, 2005 pág. 3)

<sup>6</sup> (CRUZ, toribio, 2018 pág. 19)

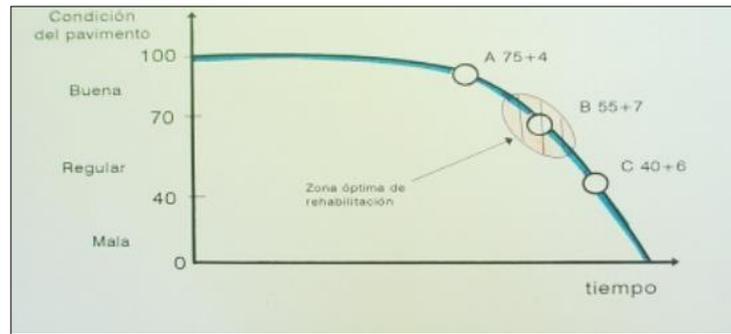


Figura 4: Curva de deterioro de un pavimento.

Fuente: [http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrivial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrivial.pdf)

La fase entre la puesta en servicio de un pavimento nuevo y el punto B constituye una reducción del 40% de su calidad y un 75% de la vida esperada del pavimento en términos de repeticiones de cargas. A partir de este punto, en un 15% del tiempo se produce un 40% de reducción adicional con respecto a calidad, debido al aumento de deterioro por la acción del tráfico sobre un pavimento con menor resistencia.

**La serviciabilidad**, es una medida del comportamiento del pavimento, se relaciona con la seguridad y comodidad que un pavimento puede brindar al usuario, cuando este circula por la vialidad. Asimismo, también depende de las características físicas que presenta la estructura las cuales afectan su capacidad de soporte<sup>7</sup>.

La medición de la serviciabilidad de los pavimentos se define mediante el índice de serviciabilidad presente (PSI, siglas en inglés), la cual se clasifica mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 un valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones, como se indica a más detalle en la tabla N°1. Sin embargo, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que esta no es una evaluación completa.

**Tabla 1:** Escala de clasificación de serviciabilidad según la Norma AASHTO

Clasificación	
Numérica	Verbal
5.0 – 4.0	Muy buena

<sup>7</sup>(AASHTO 93 pág. 18)

4.0 – 3.0	Buena
3.0 – 2.0	Regular
2.0 – 1.0	Mala
1.0 – 0.0	Muy mala

Fuente: Norma AASHTO

**La evaluación de un pavimento** tiene como finalidad analizar su estado tanto en la superficie y como en su estructura; para de esta manera lograr acciones de conservación y mantenimiento adecuadas, que permitan extender la vida útil. Es decir, evaluamos los pavimentos por aspectos de diseño, construcción y monitoreo.

El mantenimiento y reparación debe darse en el momento y lugar correcto, conociendo a detalle las condiciones actuales de la estructura y su nivel de deterioro, lo cual ha tenido que ser calculado a partir de inspecciones y evaluaciones apropiada; para de esta manera administrar eficientemente los recursos a utilizar en la mejora del pavimento<sup>8</sup>.

**En la evaluación estructural**, se obtienen respuestas del comportamiento estructural del pavimento, el cual es sometido a solicitaciones impuestas por cargas creadas por el tráfico de vehículos y acción de agentes ambientales<sup>9</sup>.

**La evaluación superficial** por su parte, busca reflejar el estado del pavimento por medio de sus características superficiales, reconociendo sus deficiencias y el estado general pavimento. Para ello se consideran todos los factores que afectan de forma negativa la serviciabilidad, seguridad y el costo del usuario.

Los métodos de evaluación o de reconocimiento de fallas, se realizan generalmente de forma visual y guiándonos de manuales o catálogos propuestos por diferentes instituciones nacionales e internacionales. El método que se aplica desde los años 90 es el recomendado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), cuyos resultados de evaluación son cualitativos y cuantitativos.

---

<sup>8</sup>(CRUZ, Toribio, 2018 pág. 20)

<sup>9</sup>(AASHTO 93 pág. 18)

La investigación que se realizó se centró únicamente en los métodos del UAV y VIZIR, que se explicará más adelante. Es importante señalar que el método del Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAl), se utilizó por muchos años, sin embargo, tiene una limitación, y es que no llega a un indicador final de la condición del pavimento, es decir no describe las áreas afectadas con un determinado tipo de deterioro, por ende, los resultados no son confiables y no se alcanza la precisión exacta para estimar el costo de mantenimiento y presupuesto de obra.

Por su parte el método Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER), desarrollado en el Centro de Información de transporte de la Universidad de Winsconsin, presenta un catálogo de fallas, que clasifica cada segmento en una escala de 1-10, siendo 1 la peor condición, y 10 la mejor condición, sin embargo, no considera escalas intermedias que permita un mayor juicio para calificar la superficie dañada.

Además de indicar la condición de superficie de una carretera o vía mediante una calificación dada, también incluye una recomendación necesaria para su mantenimiento o reparación. Ver figura 5.

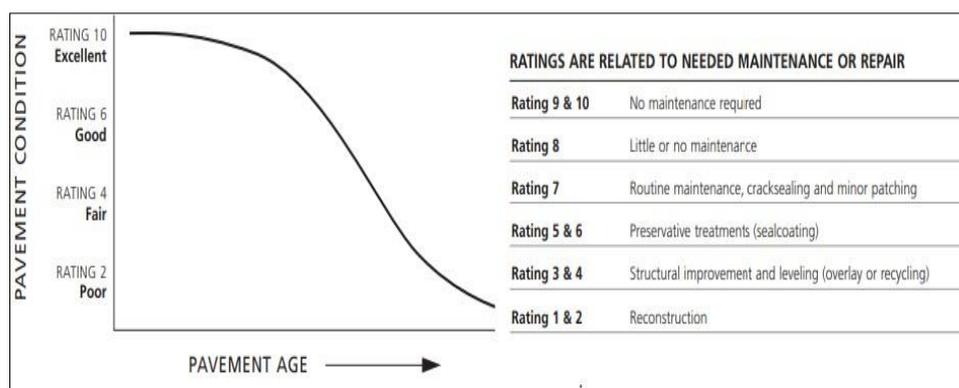


Figura 5: Curva de degradación y actividades de mantenimiento  
Fuente: Manual PASER, Sealcoat Roads, Universidad de Wisconsin, 2013

A nivel nacional el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en el 2014 desarrollo un manual de Mantenimiento y conservación vial, donde introduce un inventario de condición con la finalidad de preparar inventarios detallados y de esta manera establecer el estado actual de la vía y las medidas correctivas a realizar en lo que respecta a las actividades de conservación, esto tanto pavimentos flexibles como en carreteras. El manual identifica el tipo de

deterioro, gravedad y extensión cada 200 m y establece un puntaje no mayor a 1000, como se indica en la tabla 2 y figura 6.

**Tabla 2:** Tipos de condición según clasificación de condición.

CONDICIÓN BUENO	> 800
CONDICIÓN REGULAR	> 300 y ≤ 800
CONDICIÓN MALO	≤ 300

Fuente: Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, MTC.

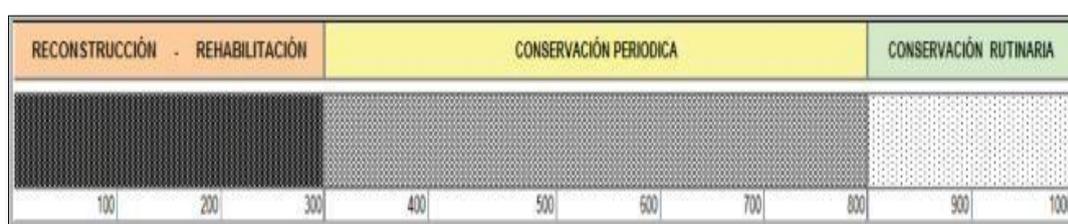


Figura 6: Tipos de conservación según clasificación de condición

Fuente: Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, MTC.

## Método UAV

El método UAV, es el método que incorpora a la metodología tradicional del PCI el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV, sus siglas en inglés) o DRONES como comúnmente lo conocemos, para la inspección y evaluación de pavimentos<sup>10</sup>.

Esta nueva tecnología permite que un vehículo aéreo no tripulado sobrevuele carreteras o vías, inspeccionando y adquiriendo cientos de imágenes de gran resolución, como se observa en la figura 7, reemplazando así el trabajo típico del PCI que se realizaba en campo; tales imágenes nos brindan una Ortofoto, que ya en gabinete permite identificar y categorizar los diferentes tipos fallas en el pavimento, elaborando los metrados respectivos y donde se articula finalmente la metodología PCI para hallar el índice de condición del pavimento en la vía o carretera evaluada.

<sup>10</sup> (PCI DRONE, 2009)



Figura 7: Método UAV

Fuente: <http://www.pcidrone.com/index.html>

## Pasos para evaluar

**Vuelo Fotográfico:** Con el vehículo aéreo no tripulado (UAV), se realiza el levantamiento de información sobre los deterioros a lo largo de la vía o carretera.

**Procesamiento de información:** Por medio de softwares se exportan fotografías aéreas, que se editan para obtener una nube de puntos, el Modelo Digital de superficie (MDS), Modelo Digital de terreno (MDT) y Modelo Digital de Elevaciones (MDE) para ser exportados en programas con software de dibujo más comerciales (AutoCAD, ArcGis, Global Mapper).

Aquí se obtiene la ortofoto como en la figura 8 y el modelo 3D como en la figura 9, que serán analizados para realizar el inventario de fallas por medio del PCI.

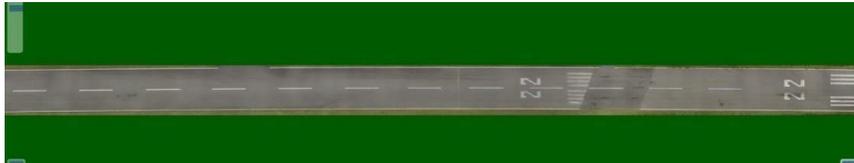


Figura 8: Ortofoto Georreferenciada

Fuente: <http://www.pcidrone.com/index.html>



Figura 9: Modelo 3D

Fuente: <http://www.pcidrone.com/index.html>

**Identificación de fallas por el método PCI:** Con la ortofoto y el modelo 3D se procede a identificar y cuantificar los diferentes deterioros que se presentan en

la vía o carretera (ver figura 10), para ellos el método UAV se basa en la metodología normada por el D6433 – 16. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

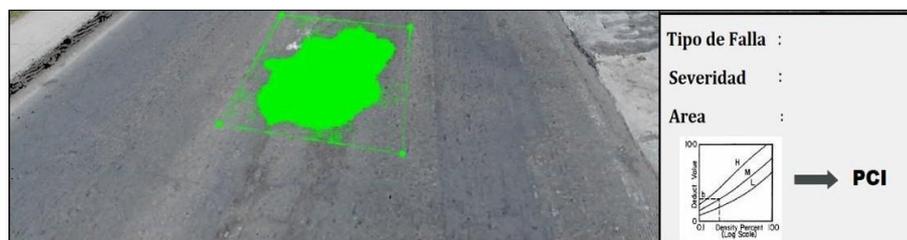


Figura 10: Identificación y cuantificación de deterioros

Fuente: <http://www.pcidrone.com/index.html>

### Método PCI

Es el método PCI es la metodología más completa que ha existido para la evaluación estructural y superficial de pavimentos flexibles y rígidos, porque no requiere de herramientas especializadas para evaluar y calificar los pavimentos dependiendo del daño, siendo aprobado por la ASTM como el procedimiento modelo para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03).

El método determina el índice de condición del pavimento por medio de inspecciones visuales, basándose en un catálogo de 19 tipos de fallas, detallando el tipo y severidad de cada falla. Así mismo, introduce un factor de ponderación conocido como valor deducido (VD), que indica el grado de afectación de cada deterioro, cantidad y severidad.

El primer trabajo que se realizó en Perú utilizando este método, fue dirigido por el Ing. W. Gutiérrez Lazares, en el año 1990, que consistía en evaluar los puntos críticos de la carretera Panamericana Sur, hasta la Concordia, contrato que tenía con la entonces Unidad ejecutora de proyectos (UEP). La aplicación del método PCI obtuvo resultados muy cercanos a la realidad por lo que no hubo trabajos adicionales de mantenimiento ejecutados por el contratista, validando de esta forma su metodología y operatividad. La evaluación se puede ejecutar en grupo de dos personas y en número tal que cada grupo evalúe un promedio de cinco kilómetros.

**Para clasificar por el método PCI, se evalúa el pavimento mediante un índice numérico que califica su condición a través de una escala que varía entre (0 –**

100), 0 para un pavimento fallado y 100 para un pavimento en excelente o perfecto estado. Observar figura N°11

Rango del PCI	Clasificación	Color
86 - 100	Excelente	Verde
71 - 85	Muy bueno	Verde claro
56 - 70	Bueno	Amarillo
41 - 5	Regular	Naranja claro
26 - 40	Pobre	Naranja
11 - 25	Muy pobre	Naranja oscuro
0 - 10	Fallado	Rojo

Figura 11: Escala de clasificación del PCI

Fuente:

El método PCI, no evalúa la capacidad estructural del pavimento, tampoco proporciona la determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción o rugosidad en general, sin embargo, integra y procesa la información en el marco de un sistema de análisis de rehabilitación de un pavimento. Así mismo establece una base objetiva y racional que permiten determinar las necesidades y prioridades de mantenimiento o reparación<sup>11</sup>

Se debe desarrollar un monitoreo continuo del método, para establecer el progreso de deterioro que está sufriendo el pavimento, para de esta manera identificar con tiempo las necesidades de rehabilitación. Para ello se deben con herramientas básicas como hojas de inspección, cámaras fotográficas, plano de distribución, conos de seguridad, etc., como la que se observa en la figura 12.

PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m²)			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
<input type="text"/>		<input type="text"/>			
No.	Daño	No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.		
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.	16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Valor deducido

Figura 12: Hoja de inspección

Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual->

<sup>11</sup> (CRUZ Toribio , 2018 pág. 24)

Se divide la vía en **unidades de muestreo**, cuyas dimensiones variaran de acuerdo con los tipos de vía y capa de rodadura como se muestra en la tabla 3. Así mismo se recomienda tomar un valor medio de los rangos y por ningún caso establecer unidades por fuera de aquellos.

**Tabla 3:** Unidades de muestreo según el tipo de pavimento

Tipo de Pavimento	Tamaño de muestra		
	Mínimo	Ideal	Máximo
Flexible	135 m <sup>2</sup>	225m <sup>2</sup>	315 m <sup>2</sup>
Compuesto (Pavimento rígido con refuerzo de pavimento flexible)			

Fuente: ASTM D6433-16

Para superficies de rodadura asfáltica, de ancho menor a 8 m, requiere que la unidad de muestreo este en el rango  $225 \pm 90$  m<sup>2</sup>.

Las unidades de muestra deben ir siendo identificadas de forma tal que permita la verificación o reproducibilidad de fallas, para examinar cambios en la condición en futuras inspecciones. El número de muestras inspeccionadas debe tener un nivel de confianza mayor o igual a 95% como se aprecia en la figura 13.

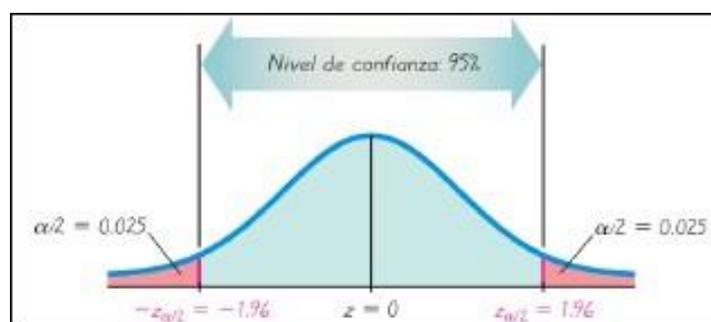


Figura 13: Distribución normal al 95% de intervalo de confianza

Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

“Para tener un nivel de confianza de 95% se debe tener una muestra mayor de 30, asimismo se trabaja con un valor de  $\alpha$  del 5% que corresponde a un valor Z (distribución normal) de 1.96”<sup>12</sup>

<sup>12</sup> (JIMENEZ Acuña, 2008)

En la evaluación se deben inspeccionar todas las unidades; por otro lado, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo a ser evaluadas (n), se obtiene mediante la siguiente ecuación que se muestra a continuación, la cual produce un nivel de confianza del 95%.

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

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección (min 5 unidades).

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

$\sigma$ : Desviación estándar el PCI entre las unidades.

La norma (ASTM D4633) detalla que “durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $\sigma$ ) de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimento rígidos; sin embargo, esta debe ser verificada posteriormente una vez que se han determinado los valores reales del PCI, calculando de esta manera la desviación estándar real”.

Luego de ello se procederá a calcular el número de unidades de muestra necesarias, si el número de unidades inspeccionadas es mayor a las ya inspeccionadas, se debe seleccionar e inspeccionar aleatoriamente unidades de muestra adicionales. Para ello se debe adoptar el valor de desviación estándar de la inspección anterior en la determinación de n.

Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas este determinado, se procede a calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a lo largo de toda la sección, escogiendo la primera muestra al azar.

**Para la inspección Tradicional del PCI**, la primera etapa corresponde al trabajo de campo; aquí se recorre la vía identificando los daños detallando la clase, severidad y extensión de los mismos en cada unidad de muestreo. La información se va registrando en los formatos de inspección, registrando el tramo, número de sección y tipo de unidad de muestra.

Para dicha inspección se deberá implementar medidas de seguridad, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y personal de la vía.

Al terminar el trabajo de inspección se procede a **calcular el PCI** con la información recolectada, empleando en este paso los Valores Deducidos para cada tipo de daño y su severidad. El procedimiento en etapas:

**Etapas 1:** Cálculo de valores Deducidos (VD)

Se totaliza cada tipo y nivel de severidad de daño y se registra en columnas tal como se nos indica en el formato. El deterioro se puede medir en área, longitud o según su tipo.

Se procede a dividir la cantidad de cada clase de daño y su nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y el resultado se expresa en porcentajes.

Se determina el valor deducido por cada tipo de daño, mediante las curvas denominada “valor deductivo”.

**Etapas 2:** Cálculo del Número admisible de valores deducidos (m)

En caso de que ninguno o tan solo uno de los valores deducidos es mayor que 2, se usara el valor deducido total en lugar del mayor valor deducido corregido (VDC), en caso de que no se dé el caso se siguen los siguientes pasos.

Ordenar de mayor a menor los valores deducidos individuales.

Determinar el número máximo de valores deducidos, con la siguiente ecuación.

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

**Dónde:**

mi: Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción para la unidad de muestreo.

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

**Etapas 3:** Cálculo máximo del VDC

Para calcular el máximo valor deducido corregido se debe seguir un proceso de interacción:

Determinar el número de valores deducidos (q) mayores que 2.

Determinar el valor deducido total (VDT) sumando todos los valores deducidos individuales.

Determinar VDC en función del valor y el VDT, empleando la curva de corrección teniendo en cuenta el tipo de pavimento. Ver figura 14.

Reducir el menor de los valores deducidos individuales a 2, para proceder a sumar y hallar el nuevo VDT. Este procedimiento se repite hasta que  $q = 1$ .

El máximo VDC será el mayor VDC, obtenidos en este proceso.

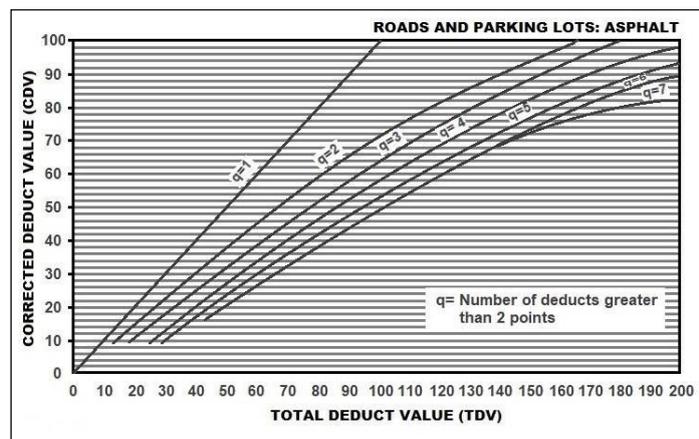


Figura 14: Curva de corrección

Fuente: ASTM D6433-16

#### **Etapá 4: Calculo del PCI**

Se calcula el PCI de unidad mediante la siguiente ecuación:

$$\text{PCI} = 100 - \text{maxVDC}$$

Dónde:

PCI: índice de condición del pavimento

maxVDC: Máximo valor corregido deducido

#### **Calculo del PCI de una sección del pavimento.**

En el caso de que las unidades de muestreo sean inventariadas o si todas las unidades de muestra evaluadas son elegidas de manera aleatoria, el PCI de la sección del pavimento será el ponderado de los PCI calculados en las unidades según su área, como indica la siguiente ecuación:

$$PCI_S = \frac{\sum_1^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_1^n A_{ri}}$$

Si hay unidades de muestra adicionales que se han inspeccionado, entonces el PCI de la sección es calculado de la siguiente manera:

$$PCI_S = \frac{PCI_r(A - \sum_1^n A_{ai}) + PCI_a(\sum_1^n A_{ai})}{A}$$

Dónde:

PCIs: PCI de la sección del pavimento

PCIa: PCI de la unidad de muestra adicional.

PCIr: PCI promedio de las unidades de muestra aleatoria.

Ari: Área de la unidad de muestra aleatoria.

Aai: Área de unidad de muestra adicional

n: Número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

m: Número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

Para la **interpretación de resultados del método PCI**, según las recomendaciones de la USACE, no requiere en si la evaluación total de la vía. Debido a la serviciabilidad, se considera implícitamente que son carreteras estructuralmente homogéneas, construida y mantenida apropiadamente y, por lo tanto, la elección del sector a evaluar es tan representativo como cualquier otro.

En cambio, para las carreteras del Perú por sus mismas condiciones, es recomendable evaluar la totalidad del área superficial de la carretera. De esta manera, se evitará la pérdida de información importante para la determinación de mantenimiento de obra y presupuesto<sup>13</sup>.

El PCI de un pavimento no solo indica el estado actual de la vía, si no también proporciona los metrados que definen las actividades de mantenimiento. Ver tabla 4

<sup>13</sup> (CRUZ, Toribio, 2018 pág. 30)

**Tabla 4:** Rango y mantenimiento PCI

RANGO DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
86 – 100 EXCELENTE		MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO (Sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
71 – 85 MUY BUENO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Recapado)
56 – 70 BUENO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Recapado)
41 -55 REGULAR		MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Recapado)
26 – 40 POBRE		REHABILITACIÓN MAYOR (Reemplazo de carpeta asfáltica)
11 – 25 MUY POBRE		RECONSTRUCCIÓN (Reemplazo base granular y carpeta asfáltica)
0 – 10 FALLADO		RECONSTRUCCIÓN (Reemplazo base granular y carpeta asfáltica)

Fuente: ASTM D6433-16

El ASTM D6433 establece 19 tipos de fallas para pavimentos flexibles. Que se detallan en la tabla N° 5.

**Tabla 5:** Fallas del pavimento flexible para el método PCI

FALLA N°	DESCRIPCION	UND
1	Piel de Cocodrilo	m2
2	Exudación de asfalto	m2
3	Grietas en bloque	m2

4	Elevación - Hundimiento	m2
5	Corrugaciones	m2
6	Depresiones	m2
7	Grietas de Borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel carril – berma	m
10	Grietas longitudinales y transversal	m
11	Parqueo en zanjas reparadas	m2
12	Agregados Pulidos	m2
13	Huecos	N°
14	Cruce de vía férrea	m
15	Ahuellamientos	m2
16	Desplazamiento	m2
17	Grietas de deslizamiento	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Desprendimiento de Agregados	m2

Fuente: ASTM D6433-16

Es importante recalcar que el evaluador debe estar familiarizado con los tipos de fallas, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método.

**Los vehículos aéreos no tripulados (drones)**, se originaron en el ámbito militar, ya que al principio fueron diseñados para combatir, siendo utilizadas como potentes armas de guerra.

Las entidades militares han sido las principales en investigar y desarrollar los UAV, principalmente en los Estados Unidos, en donde se desarrolló una de las aeronaves no tripuladas más conocidas y de mayor utilidad militar denominada RQ-1 Predator, que se muestra en la figura 15, el cual es un vehículo turbo – propulsión, utilizado principalmente para misiones de monitoreo y reconocimiento.



Figura 15: RQ-1 Predator

Fuente: [www.military.com/equipment/rq-1b-predator](http://www.military.com/equipment/rq-1b-predator)

En los últimos tiempos los vehículos aéreos no tripulados (UAV), son un tema de interés en muchas organizaciones de investigación y campos de trabajos. Es por ello que con el avance de la tecnología hay nuevos desarrollos en la fabricación de sensores y automatización, obteniendo vehículos aéreos no tripulados con diferentes características.

En el campo de la ingeniería civil estos vehículos se están aplicando en diversas áreas tales como agricultura, construcción, minería, inspección de infraestructura, etc.

Un vehículo aéreo no tripulado (VANT) o por sus siglas en inglés UAV (Unmanned Aerial Vehicle), es un vehículo de vuelo que no requiere de un piloto, ya que, a través de una serie de unidades de procesamiento, sensores incorporados y un enlace de comunicación, es guiado autónomamente basado en misiones preprogramadas, o en ocasiones controlados de forma remota por un operador en tierra<sup>14</sup>.

Existen distintas clasificaciones de los UAV, sin embargo, podemos dividir en dos grandes grupos, según su empleo:

---

<sup>14</sup> (BENITO Carrasco, 2015 pág. 5)

Industrial militar, que está conformado por alas fijas.

Empresas civiles, referidas al ala rotatoria.

**UAV – Alas Fijas:** Aeronaves parecidas a la forma de un avión, se basan principalmente en el aprovechamiento de la interacción de un perfil alar con el aire; para que el efecto de sustentación provoque el efecto vuelo de la mismas. La propulsión va hacer proporcionada por una hélice o conjunto de hélices colocadas en diversas localizaciones, esto dependiendo del tipo de aeronave y perfil alar que vaya a utilizarse. Ver figura 16.



Figura 16: Aeronave de ala fija

Fuente: [www.lengemann.us/topconsiriusprouav.aspx](http://www.lengemann.us/topconsiriusprouav.aspx)

**UAV – Alas rotatorias o multicolor:** Está basado en las alas giratorias estructuradas en el giro de palas normalmente acompasadas dos a dos, para compensar los efectos contrarrotatorios aprovechan el empuje generado con este giro de pala para mantenerse en el aire. Además, mediante una tarjeta controladora se puede modificar el empuje en cada bloque motor-hélice para cambiar características como: sustentación, dirección, avance o retroceso, alabeos, ascenso o descenso en el conjunto del multirroto. Ver figura 17



Figura 17: Aeronave ala rotatoria o multicolor

Fuente: <https://www.trimble.com/survey/zx5.aspx>

En la actualidad el **uso de estos vehículos no tripulados** se ha incrementado de forma notable. Hoy en día existe un amplio rango de aplicaciones, entre las principales tenemos: Topografía área mediante técnicas de fotogrametría, Cartografía digital, Monitoreo de la calidad del aire, Seguridad en el control de fronteras, Control de incendios forestales e Inspección de infraestructuras.

Los drones acelerarán los procesos, facilitarán las inspecciones de calidad, evaluarán los problemas y presentarán alternativas de solución. Y lo harán a la vez que reducen la carga laboral y permiten una asignación más eficiente del personal. Ver figura N° 18.

“La posibilidad de acortar el proceso de topografía a través del soporte de las soluciones UAV tiene el potencial de reducir enormemente el tiempo y la inversión monetaria para cada proyecto, para cada empresa topográfica y en cada país. Los topógrafos no solo pueden aumentar su productividad al poder realizar más proyectos en el mismo período de tiempo, sino que también pueden trabajar con un conjunto de datos más cualitativo, lo que hace posible llevar a cabo una planificación mejor y más completa”<sup>15</sup>.

En el caso de la gestión del tráfico, estas aeronaves permitirán acceder fácilmente a zonas congestionadas e incluso localizar accidentes de forma temprana.



Figura 18: Nuevas aplicaciones de los Drones

Fuente: <https://filmora.wondershare.com/es/drones/drone-applications-and-uses-in->

---

<sup>15</sup> (PELMAN, 2014)

## **Método VIZIR**

El método VIZIR se inició en Francia en los años 60 para pavimentos flexibles, fue publicado por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)” en el año 1972 y fue en continentes africanos y asiáticos donde se experimentó por primera vez esta metodología<sup>16</sup>.

Esta metodología clasifica el estado del pavimento por el índice global de degradación que se encuentra de manera directa asociado al trabajo de mantenimiento a desarrollar.

El estudio de método VIZIR sirvió de base al establecimiento de las normas nacionales en Europa, África, América del Sur y Central como Argentina, Brasil, Colombia y Costa Rica. El método es utilizado por lo menos 20 países del mundo.

El objetivo que se tuvo con este método, fue desarrollar un índice de deterioro superficial (Is) para vías y carreteras para poder establecer un juicio adecuado sobre la condición del pavimento.

La metodología VIZIR se caracteriza por establecer una distinción entre las fallas estructurales y funcionales. Clasifica los deterioros de los pavimentos en dos grupos o categorías A y B. Por tal motivo el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en Colombia ha establecido los niveles de gravedad de deterioros para ambos tipos de fallas<sup>17</sup>.

El método inicia haciendo un inventario de los defectos, para ver su extensión y su severidad; proporciona un enfoque del estado de la superficie del pavimento en un momento dado y la identificación de zonas de igual calidad clasificadas en tres niveles de defectos, para determinar la naturaleza y los tipos de trabajos que van hacer requeridos para su mejoramiento.

En este tipo de levantamiento, la severidad de la falla tiene poca participación y se toma más en cuenta la extensión de la misma. La regla consiste en determinar la longitud que tiene una falla en el pavimento y hallar la extensión de esta misma longitud considerando otras clases en la superficie. Para ello el pavimento se divide en tres partes: lado derecho, lado izquierdo y parte central.

---

<sup>16</sup> (PORTA Romero, 2016 pág. 27)

<sup>17</sup> (ORTIZ Marin , 2018 pág. 44)

Este método **identifica las fallas** presentes en un pavimento, analiza su severidad y las posibles formas de corregirlas, para lo cual se han creado los sistemas de auscultación, en la cual se reconocen las fallas existentes en el tramo estudiado. Los métodos de auscultación más usados son los métodos visuales, para lo cual se requiere visitar al lugar en estudio por parte de personal capacitado<sup>18</sup>

Para identificar los deterioros se debe considerar tres factores: tipo, gravedad y extensión.

## Tipo

**Degradación tipo A:** Fallas que se definen por la deficiencia del pavimento, las cuales están ligadas al estado de todas capas de la estructura y el suelo de la subrasante, o sencillamente a las capas asfálticas, las más comunes son las deformaciones y fisuración por fatiga. Ver tabla 6.

**Tabla 6:** Niveles de gravedad de los deterioros del tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
Ahuellamientos y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof. < 20 mm	Deformaciones importantes, hundimientos localizados o ahuellamientos 20 mm ≤ Prof. ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof. > 40 mm
Fisuras longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la huella de rodamiento < 6 mm	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas; bordes de fisuras ocasionalmente degradados.
Piel de Cocodrilo	Piel de cocodrilo formado por mallas (> 500 mm) con figuración fina, sin pérdida de material.	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimiento y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B	Intervenciones ligadas a deterioro tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencias de fallas en las zonas reparadas.

Fuente: INVIAS

<sup>18</sup> (APOLINARIO Morales, 2012)

**Degradación tipo B:** De carácter funcional, por lo que su reparación no tiene relación con la capacidad estructural del pavimento. Estos tipos de degradaciones están asociadas a la mala calidad de algunos procedimientos constructivos, las condiciones locales de servicio y la evolución misma de los materiales. Ver tabla 7.

**Tabla 7:** Niveles de deterioro del tipo B

DETERIORO		NIVEL DE DETERIORO				
		1	2		3	
Fisuras de contracción térmicas.		Fisura fina < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento o finas con desprendimiento o fisuras ramificadas.		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos.	
Fisuras parabólica		Fisuras finas.	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos.		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos.	
Fisuras de borde		Fisuras finas.	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos.		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos.	
Abultamientos		h < 20 mm	20 mm ≤ h ≤ 40 mm		h > 40 mm	
Ojo de pescado	Cantidad	<	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro (mm)	≤ 3	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimiento: pérdida de ligante, pérdida de agregado		Pérdida aislada.	Pérdidas continuas.		Pérdidas Generalizadas y muy marcadas.	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤	≤ 25	>	> 25	
	Área (m <sup>2</sup> )	≤	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados		Long. Comprometida < 10% de la sección (100m)	Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)		Long. Comprometida > 50% de la sección.	
Exudación		Puntual área específica	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo.		Continua y muy marcada en diversas áreas	
Afloramientos: de mortero o agua.		Localizados y apenas perceptibles.	Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento.		Inicio de la desintegración, sectores localizados.	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.		Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico.	
Escalonamiento entre calzada y berma.		Desnivel entre 10 mm a 50.	Desnivel entre 50 y 100		Desnivel superior a 100	
Erosión de bermas.		Erosión incipiente	Erosión pronunciada.		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.	
Segregación.		Long. Comprometida < 10% de la sección (100m)	Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)		Long. Comprometida > 50% de la sección (100 m).	

Fuente: INVIAS

**Gravedad**, por su parte viene a ser el nivel de severidad del deterioro conforme vaya progresando, es decir mientras más severo sea el deterioro, más importante deberán ser las medidas para su corrección.

**Extensión**, Hace referencia al tipo de daño que afecta solo un tramo del pavimento. Esta puede estar referida a la longitud o área. Así mismo, la extensión de algunos deterioros se define por el número de veces en que ellos se presentan en el tramo que se esté evaluando.

La **evaluación del método VIZIR** se plantean dos índices para calificar y determinar el deterioro superficial de un pavimento: el índice de fisuración (If), y el índice de deformación (Id), ello permite determinar de acuerdo con las características de extensión y severidad un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial (Is)<sup>19</sup>.

El cálculo para el **Índice de fisuración (If)**, depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo funcional en cada zona evaluada. Es decir, se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo B que son de tipo funcional, que tengan relación con la fisuración del pavimento.

El **Índice de Deformación (Id)**, también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural. Es decir, se mide en función de la extensión y gravedad de las fallas del tipo A, que impliquen deformaciones del pavimento. Es decir: ahuellamientos, hundimientos o depresiones longitudinales y transversales.

Para el caso del **Índice de deterioro superficial (Is)**, este define de manera numérica la condición general de la superficie del pavimento y suministra pautas para la elección de alternativas de intervención.

La combinación del If e Id, permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más extensión de daños. La primera nota de degradación, debe ser corregida de acuerdo con la extensión y severidad de las

---

<sup>19</sup> (ORTIZ Marín , 2018 pág. 47)

intervenciones a la estructura del pavimento que se haya encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección puede generar un incremento del  $I_s$ <sup>20</sup>.

En la tabla 8 a partir del deterioro superficial  $I_s$ , se define tres situaciones generales en relación con la probable capacidad del pavimento en el instante de la evaluación aplicada.

**Tabla 8:** Clasificación del estado superficial del pavimento - VIZIR

RANGO CLASIFICACIÓN	
0 - 2	Bueno
3 - 4	Regular
5 - 7	Deficiente

Fuente: Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC).

**Valores entre 0 y 2.** Representan pavimentos con leves fisuramientos y deformaciones, presentan un buen aspecto general y no requieran más que acciones de mantenimiento rutinario.

**Valores del entre 3 y 4.** Representan pavimentos con fisuramientos de origen estructural y pocas o ninguna deformación. Su estado superficial esta regularmente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

**Valores entre 5, 6 y 7.** Son indicativos de pavimentos con abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial posiblemente exija la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

---

<sup>20</sup> (PORTA Romero, 2016 pág. 37)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### Método

“El método científico es el procedimiento para descubrir sucesos específicos, caracterizado por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica. Es decir, es un conjunto de pasos por los cuales se plantean problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo”<sup>21</sup>.

De acuerdo a lo antes mencionado, la presente investigación aplico el **Método Científico**, ya que se identificó un problema y con el desarrollo se dará respuestas a las preguntas de investigación.

##### Enfoque

“El enfoque mixto utiliza la integración de métodos a través de un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o investigación ”<sup>22</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación es de enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que las variables serán medidas por medio de información en escala numérica y a su vez en Malo, Regular o Bueno.

##### Tipo de investigación

La investigación aplicada que es movida por el espíritu de la investigación fundamental ha enfocado la atención sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías, hace referencia a resultados inmediatos y se halla interesada en el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación<sup>23</sup>

De acuerdo a lo antes señalado, el trabajo de investigación se considera de **tipo aplicada**; ya que, al aplicar los dos métodos de evaluación de pavimento flexible, se buscará obtener la mejor opción con respecto a metodología, tiempo

---

<sup>21</sup> (TAMAYO y Tamayo, 2004 pág. 28)

<sup>22</sup> (GIRALDEZ, 2010 pág. 137)

<sup>23</sup> (VALDERRAMA Mendoza, 2013 pág. 165)

y costo y con ello tomar las decisiones adecuadas, para las labores de mantenimiento en el pavimento flexible del área en estudio.

### **Nivel de investigación**

“Los estudios Correlacionales – Causales tiene como Objetivo describir relaciones entre dos o más variables”<sup>24</sup>; este estudio mide la relación entre variables en un tiempo determinado.

Bajo el análisis anterior, la investigación corresponde a un **nivel correlacional - causal**, ya que se no solo se verá el proceso de cada método de evaluación si no que se establecerá la relación entre ambas variables; así como como las condiciones en que se encuentra en pavimento flexible de acuerdo a los resultados de cada método.

### **Diseño de investigación**

El diseño No experimental, “Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hacemos es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos”<sup>25</sup>

De acuerdo a lo mencionado antes, el diseño que se aplica en esta investigación es **No experimental**.

## **3.2. Variables y Operacionalización**

### **Variable 1: Método UAV y VIZIR**

El método UAV es la tecnología aplicada a la inspección de pavimentos con la utilización de vehículos aéreos no tripulados comúnmente conocidos como drones.

El método VIZIR es un sistema que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y funcionales, categorías A y B.

### **Variable 2: Evaluación del Pavimento flexible**

El método VIZIR, clasifica las fallas mediante las intervenciones visuales, lo que permite calificar el estado en el que se encuentra la estructura del pavimento.

---

<sup>24</sup> (HERNANDEZ Sampieri, y otros, 2014 pág. 157)

<sup>25</sup> (GOMEZ, 2006 pág. 102)

### **Escala de medición:** Intervalo – ordinal

La escala Ordinal es una escala cualitativa que establece orden en los datos, también se caracteriza por ser categórica, es decir fija etiquetas; sin embargo, a diferencia de la escala Nominal esta escala establecer relaciones entre mayor, menor o igual y no hay distancia entre dos puntos<sup>26</sup>.

Por su parte la escala de Intervalo es una escala cuantitativa, por lo tanto, se podrá registrar distancia entre dos puntos; su característica resaltante es que existe un cero arbitrario que ha sido puesto por convención, este cero no indica ausencia de valor; así mismo al trabajar con variables de igual magnitud podemos sumar y restar<sup>27</sup>.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **Población**

La población está conformada por elementos con características iguales, estos representan un mismo ámbito espacial para el desarrollo de la investigación<sup>28</sup>.

Teniendo en cuenta esta definición, la población en esta investigación está conformada por todos los Métodos de Evaluación de pavimentos flexibles.

#### **Muestra**

La muestra está dada por un pequeño grupo de la población que se pretende estudiar; en ella se recolectarán datos, por lo que debe estar definida con precisión, para evitar errores. Los resultados que se obtengan de la muestra se generalizaran para toda la población, por lo que se busca que sea lo más representativa<sup>29</sup>.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, la presente investigación tiene como muestra los Métodos UAV y VIZIR, para la evaluación del pavimento flexible

---

<sup>26</sup> (SALVATTORE VARGAS, 2012)

<sup>27</sup> (SALVATTORE VARGAS, 2012)

<sup>28</sup> (SANCHEZ Carlessi, y otros, 2018 pág. 102)

<sup>29</sup> (SANCHEZ Carlessi, y otros, 2018 pág. 93)



Figura 19: Método UAV y VIZIR respectivamente

Fuente: <https://www.facebook.com/pcidrone/videos/384634438688173/>

## Muestreo

Los muestreos probabilistas requieren posibilidades conocidas de selección, es decir en grupo total debe existir la probabilidad de que cada elemento pueda ser seleccionado como muestra.

Por lo mencionado anteriormente la presente investigación tiene un muestreo Probabilístico.

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

#### Técnica

Se usará el análisis documental, que viene hacer técnicas para obtener datos con la ayuda de otros trabajos de investigación, para el llenado de fichas y su debida comparación.

La observación experimental tiende a diferenciarse de la no experimental por la elaboración de datos, ya que estas son controladas por el investigador y pueden manipular las variables. Una de sus técnicas es utilizar como instrumento fichas de registro de datos<sup>30</sup>.

#### Instrumento

Como instrumentos se han elaborado fichas de recolección de datos para ambos métodos, para el caso del Método UAV se ha tomado como referencia el ASTM D6433-16 para la elaboración de la ficha, y en el caso de método VIZIR el instrumento se ha elaborado teniendo como referencia información del Manual

<sup>30</sup> (TAMAYO y Tamayo, 2004 pág. 8)

de carreteras: Suelo, Geología y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, así como trabajos que ya se han realizado anteriormente.

### **Validez y Confiabilidad.**

La validez del estudio se determinará de manera técnica y especializada, ya que se cuenta con el apoyo de datos reales de dos Tesis, una Internacional y una Nacional, para la recolección de información las han sido validadas por expertos.

La confiabilidad en esta investigación aborda, los aspectos necesarios en cuanto a la buena digitalización de datos y parámetros, correspondientes para la evaluación del pavimento mediante los dos métodos (UAV y VIZIR). El nivel ha sido determinado por la evaluación de expertos con las fichas de validación de datos.

### **3.5. Procedimiento**

Debido a la situación que se produjo en nuestro País debido al Covid – 19, no se pudieron realizar los trabajos de campo contemplados en este informe de investigación, por lo que se procedió a investigar en diversas fuentes de información trabajos similares al que se quería realizar.

En ese sentido, se logró conseguir dos Tesis que contenían la información idónea para poder proseguir con nuestra investigación; una de ellas de índole internacional empleo las dos metodologías, UAV y VIZIR, en el desarrollo de su trabajo de investigación, por su parte la tesis nacional solo empleo el método UAV en la evaluación del pavimento flexible, así que utilizamos los mismos datos para efectuar la evaluación por el método VIZIR.

Una vez que se analizaron ambas tesis, se compararon informaciones y resultados, viendo el procedimiento de cada método y como clasificaron al pavimento.

### **3.6. Método de análisis de datos**

“La estadística inferencial estudia el comportamiento y propiedades de las muestras y tiene como fin generalizar las características de la población en

general, basándose en los resultados de una muestra representativa”<sup>31</sup>

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, la presente investigación tiene un método de análisis **estadístico inferencial**, porque se trabajará en base a una muestra; además que se cuantificaran los resultados que se obtengan para la clasificación del pavimento flexible de la zona en estudio, por lo que para la obtención de datos se han elaborado fichas de recolección de datos validadas de acuerdo a las características de la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los principios éticos que se tomó en cuenta en la búsqueda de datos e información serán realizados bajo responsabilidad, honestidad y sinceridad. Así mismo se tuvo un compromiso con el tema en estudio para generar un aporte a futuras investigaciones.

La tesis logro realizarse mediante criterios y parámetros establecidos para el cumplimiento de nivel de diseño que en este caso es de tipo cuantitativa y cualitativa y que es la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo solicita a todos los alumnos.

Con lo referente a las fuentes de información, estas fueron conseguidas de fuentes seguras, en el caso de citas se ha respetado la autoría de los contenidos y las fuentes bibliográficas como lo establece la norma ISO 690 y 690-2

---

<sup>31</sup> (NOLBERTO, Sifuentes, y otros, 2018 pág. 17)



## Área de Intervención

### Distrito de los Olivos



Figura 23. Mapa del Distrito de los Olivos

Fuente: Google Maps

**Norte:** Con el distrito de Puente Piedra

**Sur:** Con el distrito de San Martín de Porres

**Este:** Con el distrito de Comas

**Oeste:** Con el distrito de San Martín de Porres

### Ubicación Geográfica

Geográficamente la zona de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas  $11^{\circ}58'13$  S,  $77^{\circ}04'26$  OS, presentando una altitud de 75 metros sobre el nivel del mar.

La ubicación exacta del lugar donde se realizó el estudio, es en la Av. Próceres de Huandoy entre la Av. Los Alisos y la Av. Naranjal, un tramo con una longitud aproximada de 700 metros, como se muestra en la figura de ubicación en Google Maps.

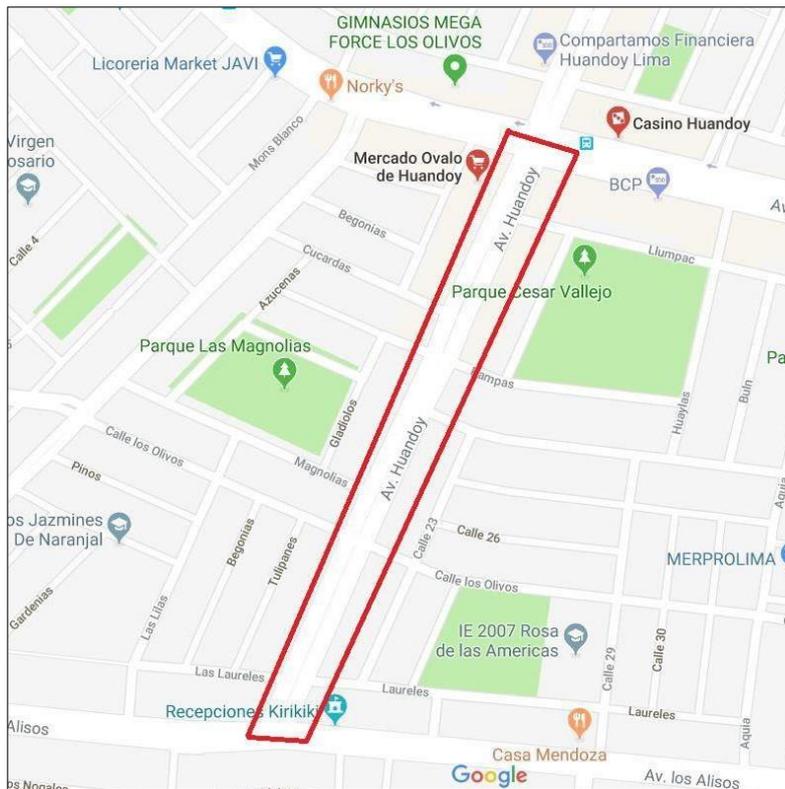


Figura 24. Tramo de La Av. Próceres de Huandoy

Fuente: Google Maps

### **Consideraciones del Estudio**

Para el presente proyecto de investigación denominado “Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019”, se ha efectuado una evaluación del área a intervenir, el cual adolece de una adecuada infraestructura vial para la transitabilidad vehicular.

Esta zona de estudio se eligió debido a una problemática referente a las condiciones del pavimento flexible, ya que el mismo, debido a la falta de mantenimiento y al incremento de transporte vehicular ha generado agrietamientos y fallas en su estructura, no cumpliendo de esta manera con los requisitos mínimos según lo estipula el manual del MTC.

### **Usos Predominantes**

El tramo de la calle que está en el entorno de las Av. Los Alisos y la Av. Naranjal, tiene uso comercial de tránsito vehicular medio y transporte público alto, y debido a la falta de mantenimiento presentaba agrietamientos, baches, rajaduras y demás fallas en el pavimento flexible.

## **Clima**

Esta ciudad tiene un clima tropical. Los Olivos tiene precipitaciones significativas la mayoría de los meses, con una estación seca corta. La temperatura máxima promedio es 21° durante noviembre y la mínima es alrededor de 15°, la temperatura del mar está alrededor 20° grados.

## **Análisis y Sectorización del tramo**

El objetivo de este trabajo en campo fue analizar superficialmente mediante tramos homogéneos el pavimento flexible de la zona en estudio.

En las evaluaciones del pavimento flexible realizados en el acceso vehicular entorno a la Av. Próceres de Huandoy entre la Av. Los Alisos y la Av. Naranjal, Distrito de Olivos, se han identificado los sub tramos críticos, sectores con problemas funcionales, superficiales, estructurales y de seguridad, que fueron analizados mediante el Método UAV, así como el Método VIZIR.

## **4.2. Trabajo y Metodología**

Como primer paso se ha escogido 2 tesis similares que hayan utilizado estos métodos en la evaluación del pavimento flexible, para hacer el análisis comparativo de sus resultados.

**Tesis 1 de la Universidad Piloto de Colombia:** “Auscultación Visual Realizada Mediante El Drone Dji Phantom 4 Pro, Con Implementación De Metodologías Vizir Y Pci Para Pavimentos Flexibles En La Carrera 69b Sur Entre La Avenida Primera De Mayo Y Calle 9 A Sur - Barrio Villa Claudia - Ciudad Bogotá”; realizada por Ingenieros: Omar Fernando Holgin Rojas, Diana Rocio Cárdenas Lemus y Shirley Jazmin Zabala Muñoz.

**Tesis 2 de la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú:** “Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento Con Imágenes Del Vehículo Aéreo No Tripulado”; realizada por el Ing. Jorge Omar Cruz Toribio.

Para el análisis se tomará en cuenta:

La influencia de las fallas superficiales en el estado del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR

La serviciabilidad en la evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.

La condición del pavimento en la evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR

## Resultados de la Metodología UAV

### Tesis 1

Se realizó el vuelo usando el Drone DJI Phantom 4 pro, de un tramo de la vía localizada en la carrera 69B sur entre la avenida primera de mayo y calle 9 a sur – barrio villa Claudia en la ciudad de Bogotá, el cual tuvo:

Ancho de calzada: 12m

Número de carriles: 2 por cada sentido

Longitud del tramo: 912 m

Tipo de pavimento: flexible

Para empezar a realizar el inventario de fallas se seleccionó una muestra de 30 metros de longitud, para ello el tesista se basó en la metodología de muestreo que recomienda el PCI, obteniendo 31 unidades de muestreo, las cuales presentaron los siguientes tipos de daños:

**Tabla 9:** *Daños Totalizados con la metodología UAV*

CÓDIGO DAÑO	TIPO DE DAÑO	UNIDAD DE MEDIDA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DAÑO
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	176.7	1.61	5.66
2	Exudación	m <sup>2</sup>	62.89	0.57	2.01
4	Abultamientos y Hundimientos	m <sup>2</sup>	126.78	1.16	4.06
7	Grietas de borde	m <sup>2</sup>	21.51	0.20	0.69
10	Grietas Long y transversal	m <sup>2</sup>	30.12	0.28	0.96
11	Parcheo	m <sup>2</sup>	1567.12	14.32	50.20
12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>	9.21	0.08	0.30
13	Huecos	m <sup>2</sup>	100.19	0.92	3.21
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	741.60	6.78	23.76
17	Grietas parabólicas (slippage)	m <sup>2</sup>	7.07	0.06	0.23
19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>	278.52	2.54	8.92
TOTAL			3121.71	28.52	100

Fuente: CARDENAS, Diana; HOLGUIN, Omar y ZABALA, Shirley, 2019.

Se puede notar que el daño que ocupó mayor porcentaje de área es el Parcheo con 50.20%, seguido del ahuellamiento con un 23.76% seguido de los demás tipos de daños<sup>32</sup>

Después de aplicar la metodología PCI, la tesista realizó una tabla resumen para cada unidad de muestreo con su respectivo valor del PCI; obteniendo un promedio del todo el tramo con un valor de 52 lo cual indica una clasificación **REGULAR**.

**Tabla 10:** Resumen clasificación por Metodología PCI

UNIDAD DE MUESTRA	INICIAL	FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN
1	K0+000	K0+030	4	FALLADO
2	K0+030	K0+060	80	MUY BUENO
3	K0+060	K0+090	64	BUENO
4	K0+090	K0+120	55	REGULAR
5	K0+120	K0+150	80	MUY BUENO
6	K0+150	K0+180	63	BUENO
7	K0+180	K0+210	53	REGULAR
8	K0+210	K0+240	20	MUY POBRE
9	K0+240	K0+270	48	REGULAR
10	K0+270	K0+300	68	BUENO
11	K0+300	K0+330	50	REGULAR
12	K0+330	K0+360	52	REGULAR
13	K0+360	K0+390	52	REGULAR
14	K0+390	K0+420	51	REGULAR
15	K0+420	K0+450	66	BUENO
16	K0+450	K0+480	66	BUENO
17	K0+480	K0+510	100	EXCELENTE
18	K0+510	K0+540	20	MUY POBRE
19	K0+540	K0+570	53	REGULAR
20	K0+570	K0+600	58	BUENO
21	K0+600	K0+630	80	MUY BUENO
22	K0+630	K0+660	42	REGULAR
23	K0+660	K0+690	42	REGULAR
24	K0+690	K0+720	68	BUENO
25	K0+720	K0+750	0	FALLADO
26	K0+750	K0+780	0	FALLADO
27	K0+780	K0+810	11	MUY POBRE
28	K0+810	K0+840	0	FALLADO
29	K0+840	K0+870	70	BUENO

32

30	K0+870	K0+900	90	EXCELENTE
31	K0+900	K0+912	92	EXCELENTE
<b>TOTAL</b>	K0+000	K0+912	52	<b>REGULAR</b>

Fuente: CARDENAS, Diana; HOLGUIN, Omar y ZABALA, Shirley, 2019.

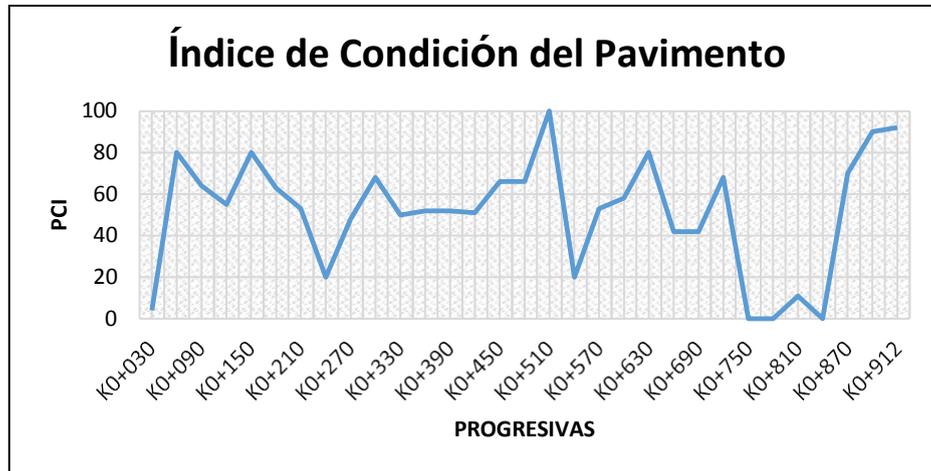


Figura 25: Perfil del PCI

Fuente: Fuente Propia

Con esta metodología del UAV los Tesistas obtuvieron como resultado que el tramo evaluado presenta una condición de pavimento **Regular**, por lo que el dicho pavimento necesita un mantenimiento correctivo para que su estructura no haya empeorado con el tiempo.

## Tesis 2

En esta tesis se trabajó con el Drone DJP GS Pro, en el tramo comprendido entre las cuadras 8-10 de la Av. Separadora Industrial, distrito de ATE, Lima, la cual tuvo:

Ancho de calzada: 6 m

Número de carriles: 2 en el mismo sentido

Longitud del tramo: 510 m

Tipo de pavimento: flexible

El tesista en este caso dividió la sección en 13 unidades de muestra, en donde 12 tramos serían de 40 metros y un tramo de 30 metros, completando de esta manera los 510m que tenía el tramo, para ello el tesista al igual que el anterior se basó en la metodología de muestreo que recomienda el PCI.



**Tabla 11:** Resultados de Fallas PCI obtenidas con el Drone

CÓDIGO DAÑO	TIPO DE FALLA	U.M	SEVERIDAD	METRADO
1	Piel de Cocodrilo	m2	Leve	70.64
			Media	214.00
			Alta	21.72
3	Grietas en bloque	m2	Leve	0.00
			Media	8.24
			Alta	0.00
7	Grieta de borde	m	Leve	0.00
			Media	10.08
			Alta	9.98
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	Leve	37.70
			Media	119.22
			Alta	12.86
11	Parcheo	m2	Leve	409.44
			Media	0.00
			Alta	0.00
12	Agregados Pulidos	m2	Leve	0.00
			Media	31.80
			Alta	0.00
13	Huecos	Und	Leve	52.00
			Media	72.00
			Alta	0.00

Fuente: Cruz Toribio, Jorge Omar, 2018.

Visto la tabla 11, se puede observar que la falla que tiene mayor extensión es la de “Parcheo”, lo que indica que esta se presentó a lo largo de todo el tramo que se trabajó, el Drone del tesista también logro captar gran cantidad de huecos en la vía, así como fallas de “piel de cocodrilo”

Despues de aplicar la metodologia PCI, el tesista realizo al igual que el anterior realizo una tabla resumen para cada unidad de muestreo con su respectivo valor del PCI; obteniendo un promedio de 29 del todo el, lo cual indica una clasificacion **POBRE.**



Figura 27: Falla Parcheo vista con el Drone

Fuente: Cruz Toribio, Jorge Omar, 2018.

Tabla 12: Resumen de la avenida evaluada

UNIDAD DE MUESTRA	INICIAL	FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN
1	K0+000	K0+040	54	REGULAR
2	K0+040	K0+080	12	MUY POBRE
3	K0+080	K0+120	39	POBRE
4	K0+120	K0+160	10	MUY POBRE
5	K0+160	K0+200	18	MUY POBRE
6	K0+200	K0+240	42	REGULAR
7	K0+240	K0+280	32	POBRE
8	K0+280	K0+320	44	REGULAR
9	K0+320	K0+360	24	MUY POBRE
10	K0+360	K0+400	25	MUY POBRE
11	K0+400	K0+440	12	MUY POBRE
12	K0+420	K0+480	11	MUY POBRE
13	K0+460	K0+510	58	BUENO
<b>TOTAL</b>	K0+000	K0+510	29	POBRE

Fuente: Cruz Toribio, Jorge Omar, 2018.

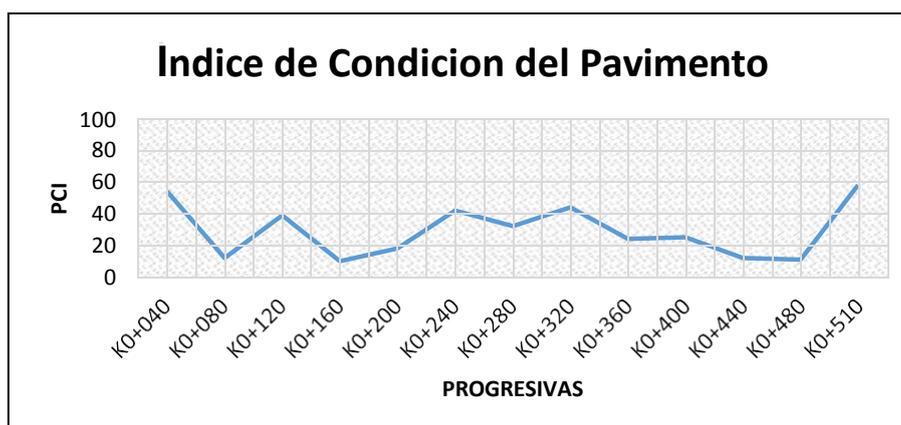


Figura 28: Perfil del PCI – Tesis 2

Fuente: Fuente Propia

El Tesista en este caso, al aplicar esta metodología logro establecer que el acceso evaluado presento una estado de pavimento pobre, con lo cual este no tenía las condiciones adecuadas para los usuarios que transitaban por dicha zona y requería una intervención pronta, para que el pavimento no entrara en la condición fallado.

Durante la evaluación el tesista no observo fallas como ahuellamientos o depresiones que reflejan un problema estructural en la vía, ya que solo evaluó el pavimento superficialmente, por lo que recomendó que se evalúe la estructura en dicha vía, para de esta manera determinar si solo necesitaba el reemplazo de la carpeta asfáltica existente o una reconstrucción total.

**Comparando ambas tesis**, nos podemos dar cuenta que el uso del Dron les facilito el trabajo de campo a ambos tesisistas, ya que les permitió recolectar los tipos de fallas de manera más rápida a diferencia de los métodos tradicionales; así mismo les proporciono datos e imágenes más exactos para su evaluación.

### **Resultados de la Metodología VIZIR**

Para este método, se tomará la misma muestra que se utilizó en el método UAV, ya que el método VIZIR no nos presenta un cálculo de muestreo y solo recomienda utilizar muestras cada 100 metros; en cambio el método UAV utiliza el procedimiento de la metodología PCI para obtener la muestra, esta se da según la norma ASTM N° D6333-03, mostrando con exactitud el proceso del cálculo del muestreo.

#### **Tesis 1**

En el caso de esta metodología se registró 31 unidades de muestreo, teniendo en cuenta que la metodología tiene dos tipos de fallas, tipo A y tipo B.

**Tabla 13:** *Fallas de Tipo A – Metodología VIZIR*

<b>TIPO DE DAÑO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>ÁREA (m2)</b>	<b>% ÁREA TOTAL</b>	<b>% ÁREA DAÑO</b>
Piel de cocodrilo	m2	176.7	1.61	6.70
Grieta de Borde	ml	21.51	0.20	0.82
Grietas Long y transversal	ml	30.12	0.28	1.14
Parcheo	m2	1567.12	14.32	59.42
Huecos	m2	100.19	0.92	3.80
Ahuellamiento	m2	741.60	6.78	28.12
<b>TOTAL DAÑO TIPO A</b>		<b>2637.24</b>	<b>24.10</b>	<b>100.00</b>

Fuente: CARDENAS, Diana; HOLGUIN, Omar y ZABALA, Shirley, 2019.

**Tabla 14:** Fallas de Tipo B – Metodología VIZIR

TIPO DE DAÑO	UNIDAD DE MEDIDA	ÁREA (m2)	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DAÑO
Exudación	m2	62.89	0.57	12.98
Abultamientos y hundimientos	ml	126.78	1.16	26.17
Pulimento de agregados	m2	9.21	0.08	1.90
Grieta parabólica	m2	7.07	0.06	1.46
Desprendimiento de agregados	m2	278.52	2.54	57.49
<b>TOTAL DAÑOS TIPO B</b>		<b>484.47</b>	<b>4.43</b>	<b>100.00</b>

Fuente: CARDENAS, Diana; HOLGUIN, Omar y ZABALA, Shirley, 2019.

De acuerdo a los datos tomados por los Tesistas, los cuales se pueden visualizar en la Tablas 13 y 14 respectivamente, podemos notar que, en Tabla 13 donde se hace referencia a las fallas de Tipo A, el daño que ocupa mayor porcentaje es el Parcheo con un 59.42%; así mismo en la tabla 14 el daño más notable fue el Desprendimiento con 57.49%.

Luego de que aplicaron el procedimiento de la metodología VIZIR, obtuvieron la clasificación de los daños encontrados, como se visualiza en la tabla 15.

**Tabla 15:** Resumen de Clasificación por Metodología VIZIR

UNIDAD DE MUESTRA	INICIAL	FINAL	VIZIR	CLASIFICACIÓN
1	K0+000	K0+030	4	REGULAR
2	K0+030	K0+060	1	BUENO
3	K0+060	K0+090	3	REGULAR
4	K0+090	K0+120	3	REGULAR
5	K0+120	K0+150	3	REGULAR
6	K0+150	K0+180	3	REGULAR
7	K0+180	K0+210	4	REGULAR
8	K0+210	K0+240	3	REGULAR
9	K0+240	K0+270	3	REGULAR
10	K0+270	K0+300	3	REGULAR
11	K0+300	K0+330	3	REGULAR
12	K0+330	K0+360	3	REGULAR
13	K0+360	K0+390	3	REGULAR
14	K0+390	K0+420	3	REGULAR
15	K0+420	K0+450	3	REGULAR
16	K0+450	K0+480	3	REGULAR
17	K0+480	K0+510	3	REGULAR
18	K0+510	K0+540	3	REGULAR
19	K0+540	K0+570	3	REGULAR
20	K0+570	K0+600	1	BUENO

21	K0+600	K0+630	1	BUENO
22	K0+630	K0+660	3	REGULAR
23	K0+660	K0+690	4	REGULAR
24	K0+690	K0+720	3	REGULAR
25	K0+720	K0+750	4	REGULAR
26	K0+750	K0+780	5	DEFICIENTE
27	K0+780	K0+810	3	REGULAR
28	K0+810	K0+840	3	REGULAR
29	K0+840	K0+870	2	BUENO
30	K0+870	K0+900	3	REGULAR
31	K0+900	K0+912	1	BUENO
<b>TOTAL</b>	<b>K0+000</b>	<b>K0+912</b>	<b>3</b>	<b>REGULAR</b>

Fuente: CARDENAS, Diana; HOLGUIN, Omar y ZABALA, Shirley, 2019.

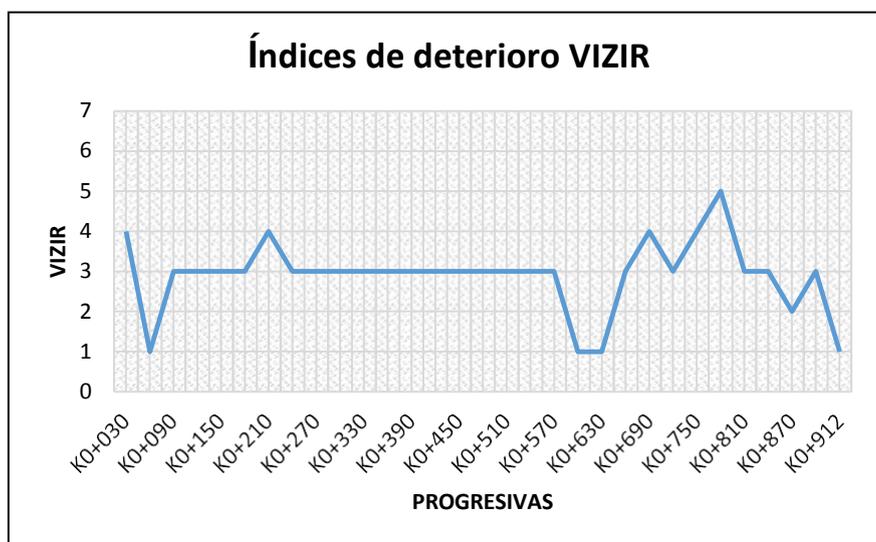


Figura 29: Perfil del VIZIR – Tesis 1

Fuente: Elaboración Propia

Al final como se puede observar la Tesista obtuvo como promedio un VIZIR de 3, lo que indica un Pavimento en estado Regular; es decir su estado superficial estaba regularmente degradado, por lo que se necesitaba poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

## Tesis 2

Al igual que la tesis anterior se utilizaron las 13 unidades de muestra que se manejaron en la metodología UAV, y se obtuvieron las fallas que se muestran en las tablas.

**Tabla 16:** *Falla de tipo A*

TIPO DE FALLA TIPO A	UNIDAD DE MEDIDA	GRAVEDAD	METRADO
Piel de Cocodrilo	m2	1	70.64
		2	214.00
		3	21.72
Grietas Longitudinales y Transversales	m	1	37.70
		2	119.22
		3	12.86
Parcheo	m2	1	409.44
		2	0.00
		3	0.00

Fuente: Cruz Toribio, Jorge Omar, 2018.

**Tabla 17:** *Falla de tipo B*

TIPO DE FALLA TIPO B	UNIDAD DE MEDIDA	GRAVEDAD	METRADO
Agregados Pulidos	m2	1	0.00
		2	31.80
		3	0.00
Grieta de borde	m	1	0.00
		2	10.08
		3	9.98
Huecos	Und	1	52.00
		2	72.00
		3	0.00
Grietas en bloque	m2	1	0.00
		2	8.24
		3	0.00

Fuente: Cruz Toribio, Jorge Omar, 2018.

El método VIZIR, para su desarrollo se centra en las degradaciones de tipo A, de deficiencia estructural, ya que las considera más importantes; sin embargo, esto ya sería materia de investigación. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la siguiente tabla solo se dan en base a estas fallas.

**Tabla 18:** *Resumen de la avenida por la Metodología VIZIR*

UNIDAD DE MUESTRA	INICIAL	FINAL	VIZIR	CLASIFICACIÓN
1	K0+000	K0+040	2	BUENO
2	K0+040	K0+080	2	BUENO
3	K0+080	K0+120	3	REGULAR
4	K0+120	K0+160	2	BUENO
5	K0+160	K0+200	3	REGULAR

6	K0+200	K0+240	2	BUENO
7	K0+240	K0+280	2	BUENO
8	K0+280	K0+320	2	BUENO
9	K0+320	K0+360	2	BUENO
10	K0+360	K0+400	2	BUENO
11	K0+400	K0+440	2	BUENO
12	K0+420	K0+480	3	REGULAR
13	K0+460	K0+510	3	REGULAR
<b>TOTAL</b>	<b>K0+000</b>	<b>K0+912</b>	<b>2</b>	<b>BUENO</b>

Fuente: Elaboración Propia

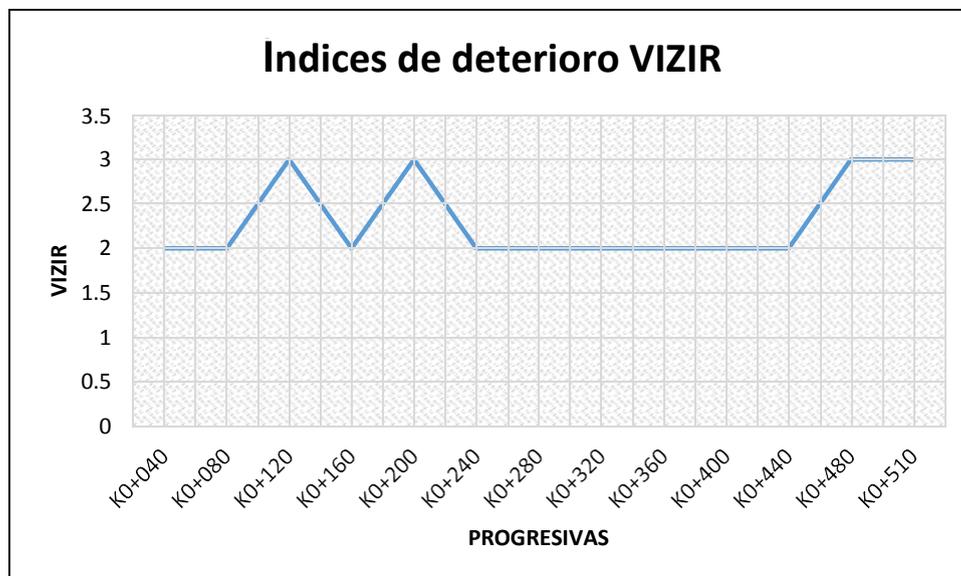


Figura 30: Perfil del VIZIR – Tesis 2

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar la metodología VIZIR con los datos que el tesista se obtuvo como resultado un VIZIR de 2, lo que nos arroja un pavimento en estado BUENO; es decir para esta metodología el pavimento presenta un buen aspecto general y no requieren más que acciones de mantenimiento rutinario.

**Comparando el método VIZIR** de ambas tesis, se observó que la metodología también se puede aplicar para evaluar superficialmente pavimentos flexibles, sin embargo, como se mencionó solo toma en cuenta algunas fallas (daños de tipo A), por lo que su resultado no sería exactamente similar al real; así mismo se utilizaría más que todo para carreteras de bajo volumen.

## V. DISCUSIÓN

En comparación con YANARICO y KALINOWSKI (2018), quienes, en su tesis, utilizaron un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para evaluar el pavimento flexible de la Av. Jorge Chávez en Wanchay, Cusco, determinando que el nivel de deterioro de esta avenida se encontraba en un rango de Pobre a Muy Pobre con un PCI de 14; y HOLGIN, ROCIO y ZABALA (2019), quienes, en su investigación, utilizaron la misma METODOLOGIA y determinaron que el tramo de la vía Carrera 6B sur presentaba un pavimento Regular con un PCI de 52.

Con respecto a ello podemos decir que no hay mucha discrepancia entre las tesis ya que para ambos tesisistas el uso de la metodología UAV les permitió levantar datos de manera rápida, optimizando tiempo y recursos, así mismo los datos fueron más exactos mejorando el método PCI.

<table border="1"> <tr> <td>86-100</td> <td>EXCELENTE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td>MUY BUENO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td>BUENO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td>REGULAR</td> <td></td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td>POBRE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td>MUY POBRE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0-10</td> <td>FALLADO</td> <td></td> </tr> </table>		86-100	EXCELENTE		71-85	MUY BUENO		56-70	BUENO		41-55	REGULAR		26-40	POBRE		11-25	MUY POBRE		0-10	FALLADO		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																																			
		1		11		13																														
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.																					
		11.93	H	147.43	M	2.19	M																													
		8.35	H																																	
		13.64	H																																	
T O T A L	BAJA (L)																																			
	MEDIA (M)			147.43		2.19																														
	ALTA (H)	33.92																																		
CALCULO DE PCI																																				
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION																																	
1	9.42	H	61																																	
11	40.95	M	58																																	
13	0.61	M	24																																	
VALOR TOTAL DE DEDUCCION							143	CONDICION DEL PAVIMENTO						15																						
VALOR DE DEDUCCION REDUCIDO - VDC														MUY POBRE																						

Figura 31: Modelo de hoja de recolección de datos para PCI

Fuente: Elaboración Propia

Según ORTIZ (2018), en su tesis determino que en la evaluación realizada en la carretera Baños del Inca – Llacanora, la condición final del pavimento según el método VIZIR es Buena con un valor promedio de 2, es decir el 71.85% de las 135 muestras evaluadas arrojaron un estado Bueno de la carretera; por su parte HOLGIN, ROCIO y ZABALA (2019), en su investigación determinaron que en la evaluación de la vía Carrera 6B sur, para la metodología VIZIR el pavimento se encontró en un estado Regular con un VIZIR de 3.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se puede decir que la metodología VIZIR, es un método que puede ser utilizado para la evaluación de pavimentos

flexibles, sin embargo, al solo tomar en cuenta las fallas de tipo A, puede que el resultado no indique al 100% el estado real del mismo.

TIPO DE DAÑO	UNIDAD DE MEDIDA	AREA (m2)	% AREA TOTAL	% AREA DAÑO
Piel de cocodrilo	m2	176.7	1.61	6.70
Grieta de Borde	ml	21.51	0.20	0.82
Grietas Long y transversal	ml	30.12	0.28	1.14
Parcheo	m2	1567.12	14.32	59.42
Huecos	m2	100.19	0.92	3.80
Ahuellamiento	m2	741.60	6.78	28.12
<b>TOTAL A</b>		<b>2637.24</b>	<b>24.10</b>	<b>100.00</b>

TIPO DE DAÑO	UNIDAD DE MEDIDA	AREA (m2)	% AREA TOTAL	% AREA DAÑO
Exudacion	m2	62.89	0.57	12.98
Abultamientos y hundimientos	ml	126.78	1.16	26.17
Pulimento de agregados	m2	9.21	0.08	1.90
Grieta parabolica	m2	7.07	0.06	1.46
Desprendimiento de agregados	m2	278.52	2.54	57.49
<b>TOTAL DAÑOS TIPO B</b>		<b>484.47</b>	<b>4.43</b>	<b>100.00</b>

Figura 32: Recolección de datos VIZIR

Fuente: HOLGIN, ROCIO y ZABALA (2019)

En comparación con NACEVILLA (2018), quien, en su trabajo de titulación determino que el uso de las tecnologías UAV facilita la toma de fotografías ortodigitales y termográficas; permitiendo visualizar patologías viales en el pavimento de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE las cuales indicaron que se encuentra en un estado POBRE; y CRUZ (2018), quien en su tesis utilizo la metodología UAV para la evaluación del pavimento flexible ubicado en la Av. Separadora industrial, distrito de ATE y determino que el pavimento presento un estado Pobre con un PCI de 29.

Con lo mencionado líneas arriba, tenemos que decir que las tesis no utilizaron el mismo trabajo de gabinete para establecer el estado de sus pavimentos, ya que Nacevilla empleo, adicionalmente de la tecnología UAV, el estudio de trafico promedio anual y comparo los datos obtenidos de todo el estudio con los de una nueva muestra asfáltica; por su parte Cruz incorporo los datos obtenidos del Drone a la metodología PCI, de esta manera logro establecer el estado de su zona de estudio.

Sin embargo, ambos tesisistas concuerdan con que la tecnología UAV, proporciona datos más reales de las zonas a estudiar, les permite ahorrar tiempo, así como personal en campo.

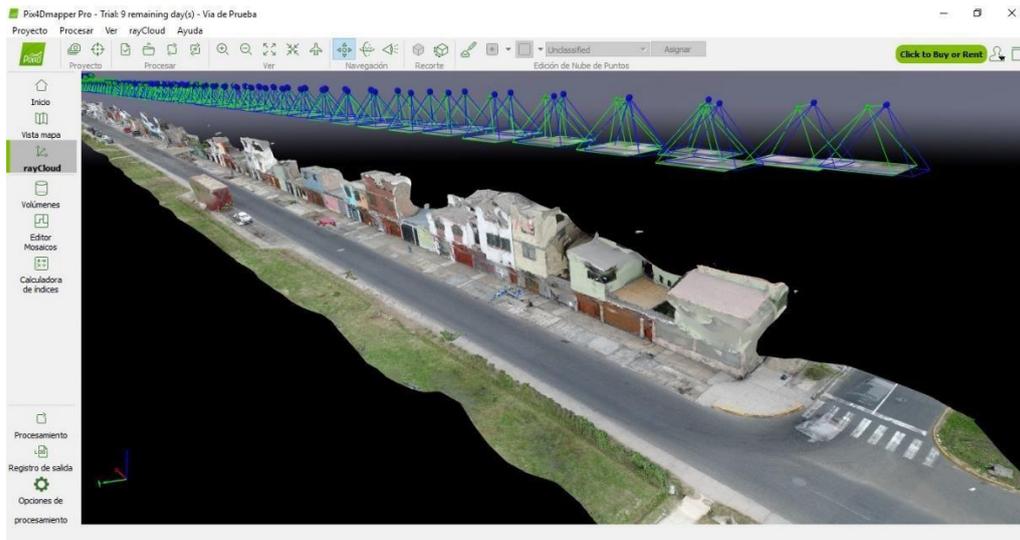


Figura 33: Modelo digital 3D de la vía con datos del Drone.

Fuente: CRUZ, Jorge (2018)

Según MORALES (2019), en su informe de investigación establecido que la Av. Aviación de la ciudad de Juliaca presenta un pavimento flexible Bueno para la metodología VIZIR con un porcentaje del 91% en cuanto a la totalidad de la vía, por otra parte, al tomar los datos de CRUZ (2018), obtenidos de la Av. Separadora industrial, distrito de ATE y realizar la evaluación mediante la metodología VIZIR, nos arrojó que dicho pavimento se encontraba en un estado BUENO al momento de su inspección con un valor promedio de 2.

Con respecto a ello podemos decir que, en el caso del primer autor, este tuvo discrepancia al comparar el método VIZIR con el del PCI ya que realizo una prueba estadística que arrojó un 95% de confianza al método PCI, pero por contrario, el método VIZIR no logro la confianza estadística ya que sobrepaso el margen de error de  $\pm 5\%$ . En el caso del segundo autor podemos decir que al evaluar mediante la metodología VIZIR este nos arrojó un estado Bueno, lo cual discrepa con la metodología UAV, puesto que esta arrojó un estado Pobre para la misma avenida; en este sentido se puede deducir que la metodología VIZIR, puede servir para la evaluación del estado de un pavimento, pero solo para aquellos que tengan poca transitabilidad, esto debido a que solo evalúa algunas fallas (Tipo A), por lo que al momento de su evaluación, esta se debe realizar de manera bien minuciosa y detallada para poder dar con el estado real del pavimento.

TRAMO 9							
METODO VIZIR	PROGRESIVA		ANCHO DE LA CALZADA	Area de tramo (m2)		IS	
	Inicio	Fin		6m	240		
	0+320.00	0+360.00					2
TIPO DE FALLA	Gravedad			Extencion		If	Id
	1	2	3	Area	Porcentaje (%)		
Grietas Longitudinales y Transversales		x		15.64	6.52	2	
Piel de Cocodrilo	x	x		25.72	10.72	3	
Parcheo	x			33.5	13.96	2	
Huecos	x			4	1.67		
Grietas de Borde	x			1.88	0.78		
				Promedio		2	

Figura 34: Ejemplo de evaluación del estado situacional del VIZIR

Fuente: Elaboración Propia

En comparación con GARCIA y SILVA (2018), quienes es su trabajo de grado compararon las metodologías PCI y VIZIR y determinaron inconsistencias en los criterios de evaluación entre ambas metodologías, por lo que al momento de elegir una alternativa de intervención puede presentarse grandes diferencias dependiendo del método elegido para en análisis y evaluación del pavimento; por su parte HOLGIN, ROCIO y ZABALA (2019), en su trabajo de grado aplicaron las metodologías UAV (la cual complementa a la metodología PCI), y VIZIR estableciendo que en el tramo evaluado a pesar de las metodologías tuvieron diferentes niveles de clasificación, en general ambos dieron como resultado el mismo estado del pavimento con una clasificación de REGULAR; finalmente CRUZ (2018) en su tesis aplico el método UAV como un método alternativo y complemento para el PCI, así mismo se tomó los mismos datos del tesis para desarrollar la metodología VIZIR, determinando que de acuerdo a los resultados obtenidos se encontraron discrepancias entre ambos métodos ya que para el método UAV el pavimento se encontró en un estado Pobre y para el método VIZIR arrojó un estado Bueno.

Teniendo en cuenta lo descrito líneas arriba, se puede decir que ambas metodologías manejan sus propios procedimientos de evaluación para pavimentos flexibles, sin embargo, el método VIZIR al considerar la mayoría de sus daños en unidades de longitud y no tomar en cuenta todas las fallas en la evaluación del pavimento, puede recoger datos no exactos, lo cual es un factor importante al momento de saber que intervención requiere dicha carretera o avenida.

## VI. CONCLUSIONES

1. En ambas tesis se aplicaron los métodos UAV y VIZIR en la evaluación del pavimento flexible, permitiendo conocer el estado de cada avenida y/o tramo estudiado; sin embargo, solo en la primera tesis los resultados coincidieron, señalando que el tramo evaluado se encontraba en estado REGULAR; en el caso de la segunda tesis los resultados entre ambos métodos discreparon, puesto que para el método UAV, el pavimento se encontró en estado POBRE y para el método VIZIR el mismo presentaba un estado BUENO. En ese sentido al momento de elegir una alternativa de intervención, vemos que se puede presentar estas dos situaciones, sin embargo, se debe tener en cuenta que la metodología VIZIR solo toma en cuenta los daños de tipo estructural, lo cual puede ser un factor en contra, ya que se estaría dejando de lado varios daños funcionales que también requerirían intervención; por su parte el método UAV de acuerdo a lo investigado permite levantar información en un corto tiempo y sin interrumpir el tráfico, además de que los datos son más exactos en comparación con los métodos tradicionales.
2. Las fallas superficiales influyen de manera distinta en ambos métodos de evaluación; para el caso del método UAV, esta toma como referencia las fallas del método PCI que son 19 según la norma ASTM D6433-16 y trabaja con todas para determinar el estado del pavimento; en el caso de la metodología VIZIR, divide las fallas en dos grupos, de tipo estructural (tipo A) y funcional (tipo B), sin embargo, al momento de evaluar solo toma en cuenta las fallas de tipo A, lo que genera inseguridad en los resultados finales, puesto que las fallas de tipo B pueden hacer que el pavimento en estudio requiera de alguna intervención para evitar el deterioro progresivo del pavimento, sin embargo al no tomarse en cuenta puede darse que no sepamos realmente el estado de dicho pavimento.
3. La serviciabilidad para el pavimento de la tesis 1, ubicado en la carrera 69b sur entre la avenida primera de mayo y calle 9a sur - barrio villa Claudia en la ciudad de Bogotá, de acuerdo a sus resultados es REGULAR, ya que su pavimento presenta algunas fallas leves a lo largo del tramo estudiado; en el caso del pavimento de la tesis 2, el cual se ubicó en Av. Separadora

industrial, distrito de ATE, tomaremos en como referencia el resultado de la metodología UAV ya que es más exacta, para decir que presenta una serviciabilidad Pobre, esto debido a que presenta fallas muy visibles en la superficie del pavimento.

4. La condición del pavimento para el caso de la tesis 1, se obtuvo que para la metodología UAV el pavimento presentó un estado REGULAR con un PCI de 52 y para la metodología VIZIR de igual manera el pavimento mostró un estado REGULAR con un promedio de 3; en el caso de la tesis 2, para la metodología UAV el pavimento se encontró en estado Pobre con un PCI de 29, sin embargo, al realizar la metodología VIZIR con los datos del tesista nos arrojó un estado del pavimento BUENO con un Promedio de 2.

## **VII. RECOMENACIONES**

Es recomendable considerar esta nueva tecnología del método UAV en las evaluaciones superficiales de los pavimentos, esto debido a que el uso de vehículos aéreos no tripulados ayuda a que el levantamiento de información se de en corto tiempo, sin interrumpir el tráfico y reduce personal a diferencia de otros métodos convencionales.

Se debe estudiar más a fondo método VIZIR y proponer como mejorarlo, puesto que aún quedan dudas al momento de emplearlo.

Es importante que la persona que evalué un pavimento este familiarizado con los tipos de fallas, su nivel de severidad y su forma de medición dependiendo de la metodología que vaya a utilizar, esto es importante ya que cada método es diferente.

Se debe realizar la evaluación de los pavimentos constantemente con la finalidad de monitorear el estado en el que se encuentran y de acuerdo a ello darles el mantenimiento adecuado, evitando la aparición de nuevas fallas.

Se recomienda aplicar los métodos UAV y VIZIR en la Av. Próceres de Huandoy, previa inspección del lugar ya que era la población que en un comienzo se tenía planeado evaluar.

## REFERENCIAS

AASHTO 93. *Metodo AASHTO 93 para el Diseño de Pavimentos Rígidos*. [En línea] [Citado el: 19 de abril de 2019.] [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf).

APOLINARIO Morales, Edwin Wilder. *Innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito*. Tesis (Maestro en ciencias con mención en ingeniería de trasportes). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_86f270d56575e2fde626d70ca73d9676](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_86f270d56575e2fde626d70ca73d9676)

BECERRA Salas , Mario. 2012. *Tòpicos de Pavimentos de Concreto*. Lima, Peru : FLUJO LIBRE, 2012. CIP 79290.

BENITO Carrasco, Juan Alberto. 2015. *Integración de un UAV (vehículo aéreo no*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2015.

BERNAOLA Chuquillanqui, R. J. *Evaluación y determinación del Índice de Condición del Pavimento Rígido en la Av. Huancavelica, distrito de Chilca, Huancayo*. Tesis (Titulo en ingeniería civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro, Huancayo-Perú, 2014. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/391>

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. (S.N), 2012 [fecha de consulta: 30 de abril de 2019]. Disponible en: <https://unprg.academia.edu/ManuelBorjaSu%C3%A1rez>

CASTELO, Luis y LIMA, Paulo. ResearchGate GmbH. MaNIAC-UAV - a methodology for automatic pavement defects detection using images obtained by Unmanned Aerial Vehicles [en línea]. Septiembre 2015, n°1 [Fecha de consulta: 24 de junio del 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283980570\\_MaNIAC-UAV\\_-\\_a\\_methodology\\_for\\_automatic\\_pavement\\_defects\\_detection\\_using\\_images\\_obtained\\_by\\_Unmanned\\_Aerial\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/283980570_MaNIAC-UAV_-_a_methodology_for_automatic_pavement_defects_detection_using_images_obtained_by_Unmanned_Aerial_Vehicles)

CHANG Albitres, C. M. Evaluación, diseño, construcción, gestión: pavimentos, un enfoque al futuro. Editorial ICG, Lima – Perú, 2005.

CARDENAS, Diana; HOLGUIN, Omar y ZABALA, Shirley. *Auscultación Visual Realizada Mediante El Drone Dji Phantom 4 Pro, Con Implementación De Metodologías Vizir Y Pci Para Pavimentos Flexibles En La Carrera 69b Sur Entre La Avenida Primera De Mayo Y Calle 9 A Sur - Barrio Villa Claudia - Ciudad Bogotá*. Trabajo de grado (Título en Ingeniería Civil). Bogota: Universidad Piloto de Colombia, 2019. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6515>

CHUNSUN, Zhang y AHMED, Elaksher. Wiley online library. An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses [en línea]. Julio 2011, n°2. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2018]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-8667.2011.00727.x>. ISSN: 1467-8667

CIVILGINEERING. Prontubean. Drones en ingeniería civil [en línea]. Noviembre 2016, n°1. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2019]. Disponible en: [http://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?ld\\_articulo=55](http://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?ld_articulo=55)

CRUZ Toribio, Jorge. *Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado*. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2018. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17218>

DÁVILA, Domingo; HUANGAL, Nelson y SALAZAR, Wesley. *Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016*. Tesis (Maestro en gerencia de obras y construcción). Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2017.

D6433–16 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. American Society of Testing and Materials (ASTM), USA, 2016.

DEL Barrio Tajadura, Raúl. *Uso de drones en la inspección para la rehabilitación del patrimonio; Iglesia de la Merced*. Tesis (Doctorado en ingeniería). Burgos: Universidad de Burgos, 2017.

GARCIA Salazar, Daniel y SILVA Castillo, Daniel. *Análisis comparativo de metodologías de evaluación VIZIR y PCI (parte A), aplicado a la estructura de pavimento de una vía urbana, en el barrio de Chico Norte (Localidad Chapinero)*. Tesis (Especialización en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2018. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17734/SilvacastilloDanielAlberto2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GREENWOOD, William, LYNCH, Jerome y ZEKOS, Dimitrios. ASCE Library. *Applications of UAVs in Civil Infrastructure* [en línea]. Enero 2019, n°2. [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29IS.1943-555X.0000464>

GIRALDEZ, Andrea. 2010. *Musica, Investigacion, innovacion y buenas practicas*. Barcelona : GRAO, de IRIF, S.L, 2010. ISBN: 978-84-9980-013-4.

GOMEZ, Marcelo. 2006. *Introduccion a la metodologia de la investigacion cientifica*. Argentina : Editorial Brujas, 2006. ISBN: 987-591-026-0.

HACKL, Jürgen, ADEY, Bryan y WOZNIAK, Michael. ASCE Library. *Use of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry to Obtain Topographical Information to Improve Bridge Risk Assessment* [en línea]. Noviembre 2017, n°1 [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29IS.1943-555X.0000393>

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, FERNANDEZ Collado , Carlos y BAPTISTA Lucio, Maria del Pilar. 2014. *Metodologia de la Investigacion* . Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORE. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

JIMENEZ Acuña, Monica. 2008. *Evaluacion de la factibilidad en la aplicacion de sellos de lechada asfaltica "slurry seals"*. [En línea] Noviembre de 2008. [Citado el: 21 de Mayo de 2019.] <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1466/UI-02-08%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20factibilidad%20en%20la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20sellos%20de%20lechada%20asf%C3%A1ltica%20%3B%20Slurry%20seal%3B%20en%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JUGO, Augusto. 2005. Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles. *YUMPU*. [En línea] 2005. [Citado el: 18 de Abril de 2019.] <https://www.yumpu.com/es/document/read/14307061/manual-de-mantenimiento-y-rehabilitacion-vial-documento-sin-titulo>.

LEGUÍA, Paola Beatriz y PACHECO, Hans Fernando. *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (pci) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau*. Tesis (Título en ingeniería civil). Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2016. Disponible en: <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/2311>

Los Drones, Maquinas en la Construcción. [Mensaje en blog]. Detea, (8 de enero del 2018). [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2019]. Recuperado de: <http://www.detea.es/los-drones-maquinas-en-la-construccion/>

MARTÍNEZ Carricondo P. J., Técnicas fotogramétricas desde vehículos aéreos no tripulados aplicadas a la obtención de productos cartográficos para la Ingeniería Civil. Tesis Doctoral. Universidad de Almería, España, 2016.

NACEVILLA Toaquiza, Luis Jonatan. *Evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles mediante tecnologías termográficas y método UAV*. Tesis (Título de ingeniero civil). Sangolquí: Universidad de las fuerzas armadas ESPE, 2018. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15050>

NOLBERTO, Sifuentes, Violeta Alicia y PONCE, Aruneri, Maria Estela. 2018. *Estadística Inferencial Aplicada*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018.

ORTIZ Marín, Elizabeth Jaqueline. *Evaluación y comparación del estado de conservación de la carretera baños de inca – Ilacanora utilizando los métodos de índice de condición del pavimento y VIZIR*. Tesis (Título en ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1833>

PELMAN, Alan. 2014. UAV Coach. [En línea] UAV Coach, 2014. [Citado el: 20 de mayo de 2019.] <https://uavcoach.com/news/>.

PCI Drone. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2019] Disponible en: <http://www.pcidrone.com/metodo.html>

PORTA Romero, Soledad. *Evaluación y comparación de metodologías índice de condición de pavimentos (PCI) y visión e inspección de zonas e itinerarios en riesgo (VIZIR) en la avenida Mariscal Castilla tramo: Fundo el porvenir – la victoria*. Tesis (Título de ingeniero civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro de Perú, 2016. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/432>

PROVIAS Nacional. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2019]. Disponible en: [www.proviasnac.gob.pe/](http://www.proviasnac.gob.pe/)

RONDON Quintana , Hugo Alexander y REYES Lizcano, Fredy Alberto. 2015. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Colombia : ECOE Ediciones, 2015. ISBN: 9789587711752.

S.A. *Plan estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España 2018-2021*, Ministerio de Fomento, España, 2018.

SALVATTORE VARGAS. 2012. YouTube. [En línea] Academia Internet, 13 de Diciembre de 2012. [Citado el: 14 de Junio de 2020.] <https://www.youtube.com/watch?v=JgJSkqxkbf>.

SANCHEZ Carlessi, Hugo, REYES Romero, Carlos y MEJIA Sáenz, Katia. 2018. *Manual De Términos En Investigación Científica, Tecnológica Y Humanística*. [Manual] Lima Perú : Universidad Ricardo Palma, 2018. ISBN N° 978-612-47351-4-1.

SANTANA Cruz. *Propuesta de Sistema multi – UAV para aplicaciones de cobertura de área*. Tesis (Doctor en Ingeniería de sistemas). Ballaterra: Universidad Nacional de Barcelona, 2017. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/456309/eesc1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SIMANCAS, Lenin. World energy trade. *DRONES: tecnología de alto vuelo* [en línea]. Marzo 2019, n°1. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-articulos-tecnicos/189-news-articulos-tecnicos-logistica/2205-drones-tecnologia-de-alto-vuelo>

TACZA Herrera, Érica y RODRÍGUEZ Páez, Braulio. *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para*

*mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Tesis (Titulo en ingeniería civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2018. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624556>

TAMAYO y Tamayo, Mario. 2004. *El proceso de la investigación científica*. México: Editorial Limusa, 2004. ISBN: 968-18-5872-7

UMSS, Facultad de ciencia y tecnología. 2010. [En línea] Agosto de 2010. [Citado el: 11 de Abril de 2019.] <https://civilgeeks.com/2014/08/31/manual-completo-diseno-de-pavimentos/>.

VALDERRAMA Mendoza, Santiago. 2013. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación*. Lima : San Marcos, 2013. ISBN: 9786123028787.

VERGARA Vicuña, Antony. *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo quichuay – ingenio del km 1+000*. Tesis (Titulo en Ingeniería civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro de Perú, 2015. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/421>

YANARICO del Carpio, Yaimara y KALINOWSKI, Milagros. *Propuesta de un plan de gestión anual basado en la metodología del ministerio de transportes y comunicaciones, para la superficie del pavimento en las avenidas: Jorge Chávez y costanera –wanchaq – cusco*. Tesis (Titulo en Ingeniería civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2018. Disponible en: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/1603>

ZHOU, Zhipeng, IRIZARRY Javier y LU, Ying. ASCE Library. A Multidimensional Framework for Unmanned Aerial System Applications in Construction Project Management [en línea]. Enero 2018, n°3. [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000597>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Método UAV y VIZIR	<p>- El método UAV es la tecnología aplicada a la inspección de pavimentos con la utilización de vehículos aéreos no tripulados comúnmente conocidos como drones, que deja atrás el método tradicional cuya desventaja principal es el mayor consumo de tiempo.</p> <p>- El método VIZIR es un sistema que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías A y B.</p>	Se realiza la evaluación del pavimento flexible mediante los métodos UAV y VIZIR con el fin de conocer su estado superficial y analizar más a fondo sus metodologías.	Factores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de falla</li> <li>Severidad de la falla</li> <li>Extensión de la falla</li> </ul>	Intervalo – ordinal
			Estimación de valores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos de campo</li> <li>Trabajos de gabinete</li> <li>Informe final</li> </ul>	
			Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento rutinario</li> <li>Mantenimiento preventivo</li> <li>Rehabilitación</li> <li>Reconstrucción.</li> </ul>	
VD: Evaluación del Pavimento flexible	<p>“Es la evaluación que se le realiza a la superficie del pavimento con el fin de establecer las fallas que lo afectan directamente y conocer la condición en que se encuentra según el método que se está utilizando”.</p> <p>(ASTM D6433-16, 2016, p. 2)</p>	Para esta variable se aplican dos métodos uno que no requiere de equipos costosos que es el método VIZIR, que se realiza inspeccionando detalladamente las fallas presentadas en la superficie del pavimento, y otra que innova en su metodología el uso de drones que es el método UAV, sin embargo este método si requiere de equipos y softwares para la evaluación del pavimento.	Fallas superficiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimientos</li> <li>Deformaciones</li> <li>Agrietamientos</li> </ul>	Intervalo – ordinal
			Serviciabilidad del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy buena</li> <li>Buena</li> <li>Regular</li> <li>Mala</li> <li>Muy mala</li> </ul>	
			Condición del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bueno</li> <li>Regular</li> <li>Malo</li> </ul>	

## Anexo 2: Matriz De Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, INDICADORES E INSTRUMENTOS				TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
<b>Problema principal</b>	<b>Objetivo Principal</b>	<b>Hipótesis General</b>	VI: APLICACIÓN DE METODOS UAV Y VIZIR	Factores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de falla</li> <li>Severidad de la falla</li> <li>Extensión de la falla</li> </ul>	Ficha de Recolección de Datos	<b>METODO:</b> Científico  <b>TIPO:</b> Aplicativo <b>NIVEL:</b> Correlacional - Causal  <b>DISEÑO:</b> No experimental  <b>POBLACION:</b> Métodos de Evaluación de pavimentos flexibles  <b>MUESTRA:</b> Método UAV y VIZIR  <b>TECNICA:</b> Análisis Documental
¿Cómo es la evaluación de estado superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?	Aplicar los métodos UAV y VIZIR en la evaluación del estado superficial del pavimento flexible.	La Evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR será factible.		Estimación de valores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos de campo</li> <li>Trabajos de gabinete</li> <li>Informe final</li> </ul>		
				Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento rutinario</li> <li>Mantenimiento preventivo</li> <li>Rehabilitación</li> <li>Reconstrucción</li> </ul>		
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>	VD: EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO	Fallas superficiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimientos</li> <li>Deformaciones</li> <li>Agrietamientos</li> </ul>	Ficha de Recolección de Datos	
¿Cómo influyen las fallas superficiales en la evaluación del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?	Conocer la influencia de las fallas superficiales en el estado del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.	Las fallas superficiales influirán significativamente en la evaluación del estado superficial del pavimento flexible en los métodos UAV y VIZIR.					
¿Cuál es la serviciabilidad en la evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?	Conocer la serviciabilidad en la evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.	La serviciabilidad del pavimento será MUY MALA para el método UAV y REGULAR para el método VIZIR en la evaluación del pavimento flexible.					
¿Cuál es la serviciabilidad en la evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR?	Conocer la condición en la evaluación superficial del pavimento flexible a través de los métodos UAV y VIZIR.	La condición del pavimento será MALA para el método UAV y REGULAR para el método VIZIR en la evaluación del pavimento flexible.					







## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE DATOS**  
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS UAV Y VIZIR EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PROCERES DE HUANDOY, DISTRITO DE LOS OLIVOS, 2019”

**ASUNTO:** Recolección de Datos – Método VIZIR

**AUTOR:** Martha Ysabel Suclupe Nuñez

**Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Sección:** \_\_\_\_\_  
**Distrito:** \_\_\_\_\_ **Área:** \_\_\_\_\_  
**Provincia:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_  
**Departamento:** \_\_\_\_\_

FALLA	AREA (m)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACIÓN

RANGO CLASIFICACIÓN	
0 - 2	Bueno
3 - 4	Regular
5 - 7	Deficiente

Observaciones y comentarios:

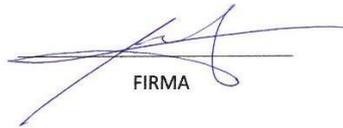
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

LEYENDA	1 = VÁLIDO	0 = NO VALIDO

NOMBRES Y APELLIDOS: Ing. Jose Luis Benites Zuniga

REGISTRO CPI/ DNI: 126769

EMAIL/ TELEFONO: 931342769

  
FIRMA







**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE DATOS**  
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS UAV Y VIZIR EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PROCERES DE HUANDUY, DISTRITO DE LOS OLIVOS, 2019”

**ASUNTO:** Recolección de Datos – Método VIZIR

**AUTOR:** Martha Ysabel Suclupe Nuñez

<b>Ubicación:</b>	<b>Sección:</b>
<b>Distrito:</b>	<b>Área:</b>
<b>Provincia:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Departamento:</b>	

FALLA	AREA (m)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACIÓN

RANGO CLASIFICACIÓN	
0 - 2	Bueno
3 - 4	Regular
5 - 7	Deficiente

Observaciones y comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

LEYENDA	1 = VÁLIDO	0 = NO VALIDO
	X	

NOMBRES Y APELLIDOS: Luis Alberto Vargas Chacaltana

REGISTRO CPI/ DNI: 194542

EMAIL/ TELEFONO: 982328761

  
LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
ABOGADO CIVIL  
Reg. CIP N° 194542  
FIRMA



CALCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC				

86-100	Excelente	
71-85	Muy bueno	
56-70	Bueno	
41-55	Regular	
26-40	Pobre	
11-25	Muy pobre	
1-10	Fallado	

Observaciones y comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

LEYENDA	1 = VÁLIDO	0 = NO VALIDO
	1	

NOMBRES Y APELLIDOS: Santos Ricardo Padilla Piche

REGISTRO CPI/ DNI: 51630/18845633

EMAIL/ TELEFONO: spadilla@uca.edu.pr / 99724761

  
 SANTOS RICARDO PADILLA PICHE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 51630

\_\_\_\_\_  
 FIRMA



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE DATOS**  
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS UAV Y VIZIR EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PRÓCERES DE HUANDÓY, DISTRITO DE LOS OLIVOS, 2019”

**ASUNTO:** Recolección de Datos – Método VIZIR

**AUTOR:** Martha Ysabel Suclupe Nuñez

<b>Ubicación:</b>	<b>Sección:</b>
<b>Distrito:</b>	<b>Área:</b>
<b>Provincia:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Departamento:</b>	

FALLA	AREA (m)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACIÓN

RANGO CLASIFICACIÓN	
0 - 2	Bueno
3 - 4	Regular
5 - 7	Deficiente

Observaciones y comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

LEYENDA	1 = VÁLIDO	0 = NO VALIDO
	1	

NOMBRES Y APELLIDOS: Santos Ricardo Padilla Picher

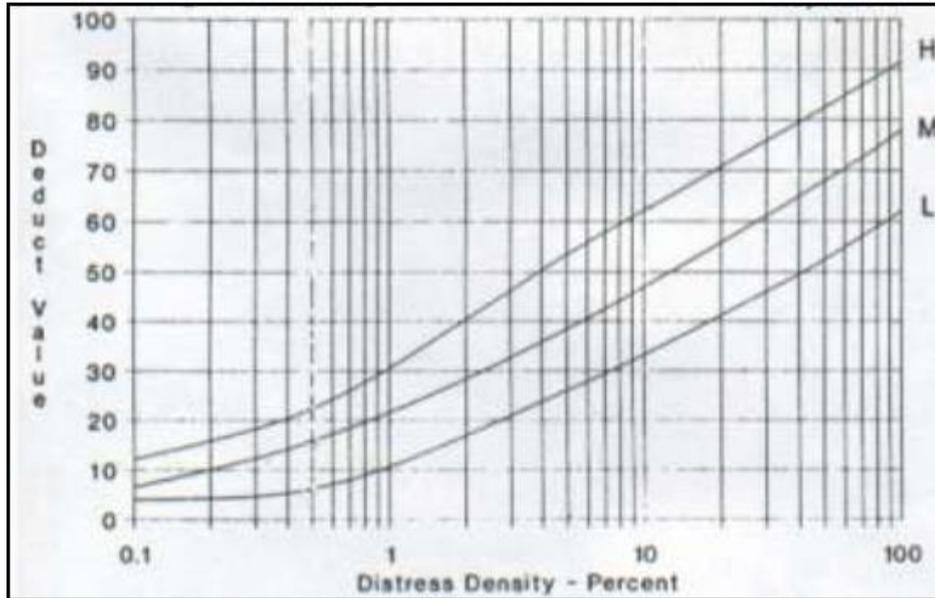
REGISTRO CPI/ DNI: 51630/18845635

EMAIL/ TELEFONO: 941724761

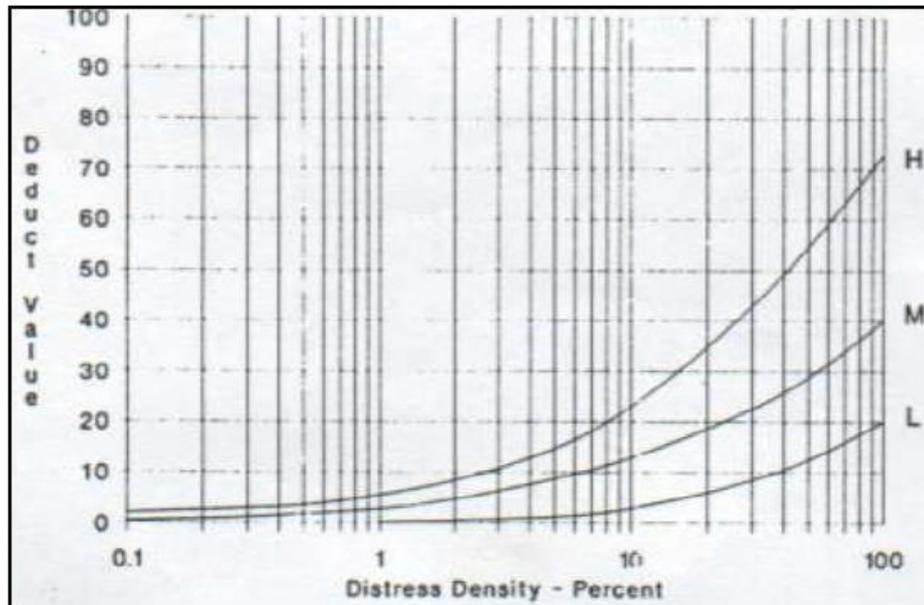
  
SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉR  
INGENIERO CIVIL  
CIP 51630  
FIRMA

#### Anexo 4: Curvas de valor deducido

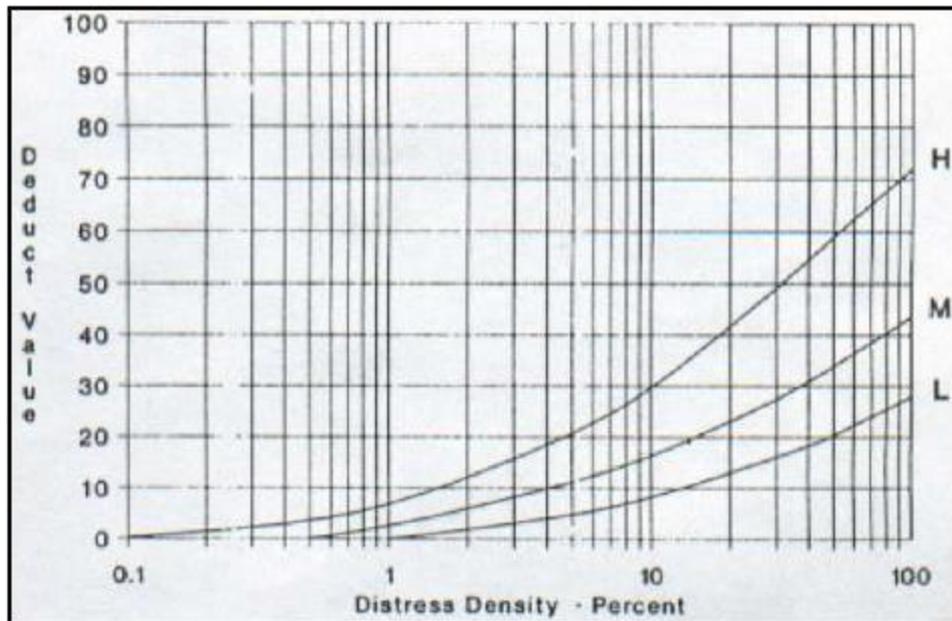
- Piel de cocodrilo



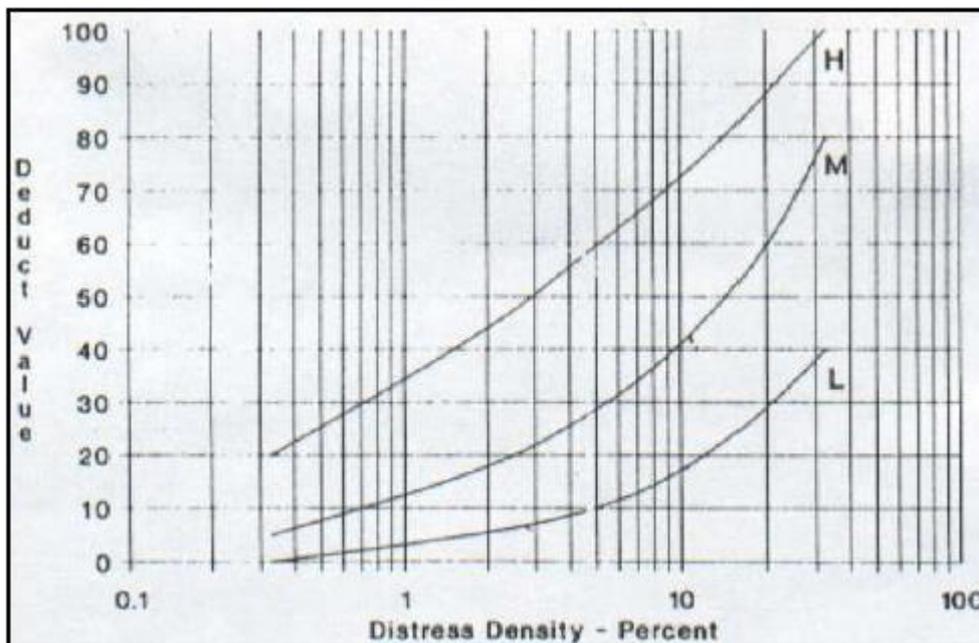
- Exudación



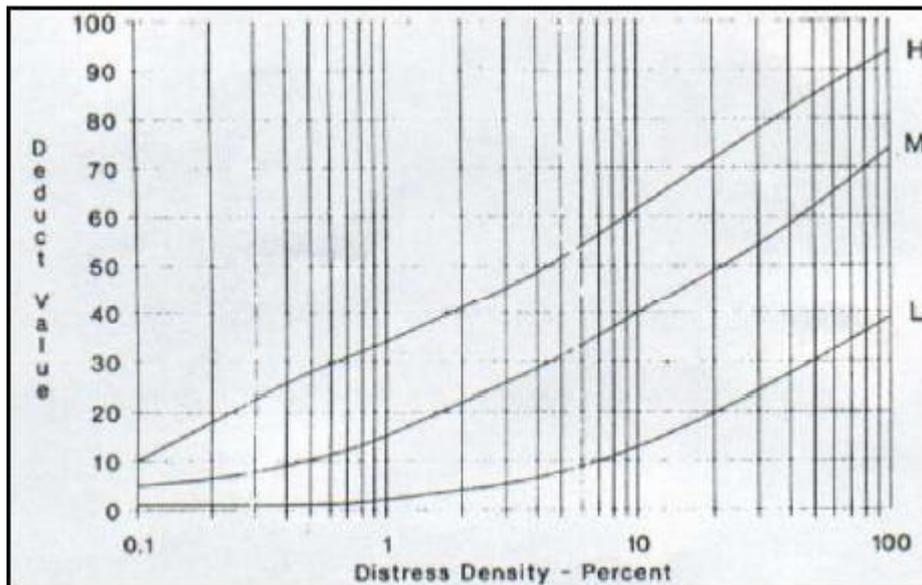
- Fisuras en bloque



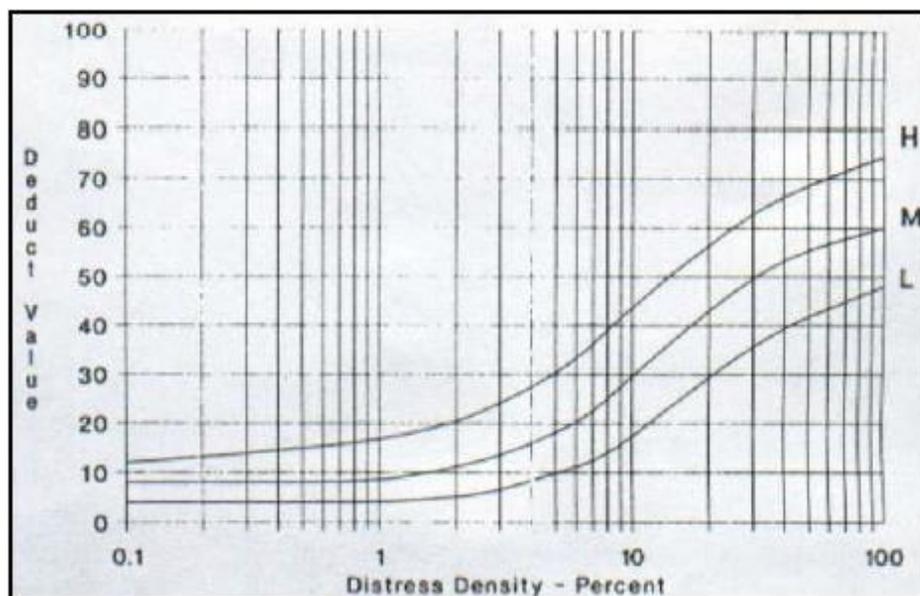
- Abultamientos y hundimientos



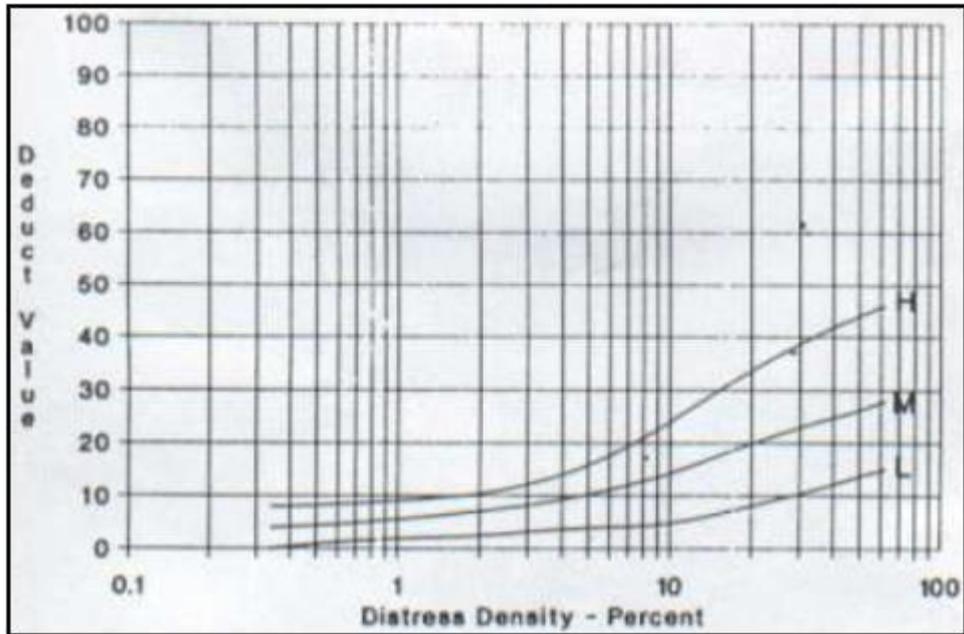
- Corrugación



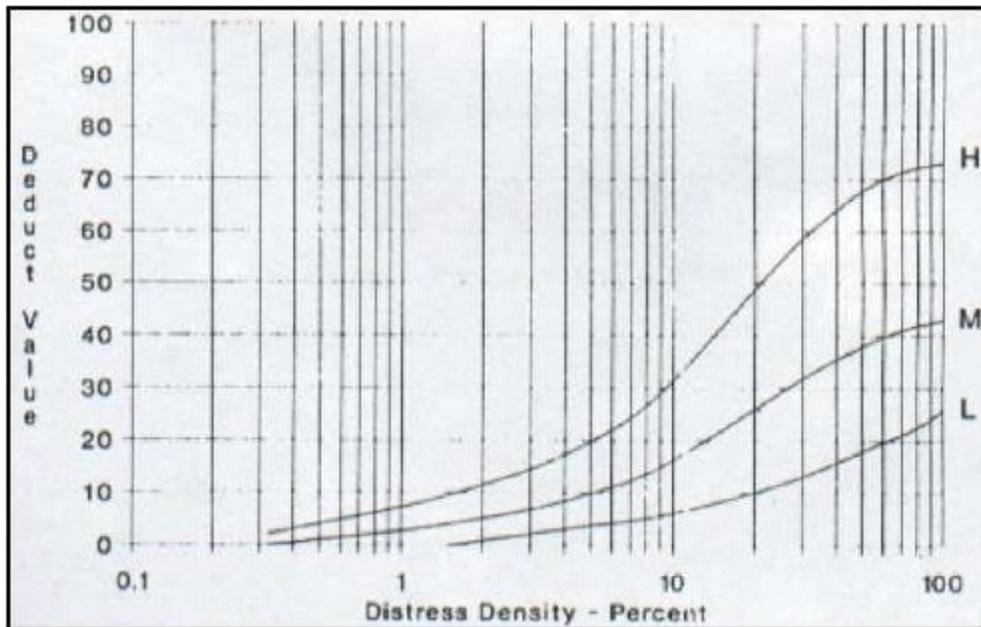
- Depresión



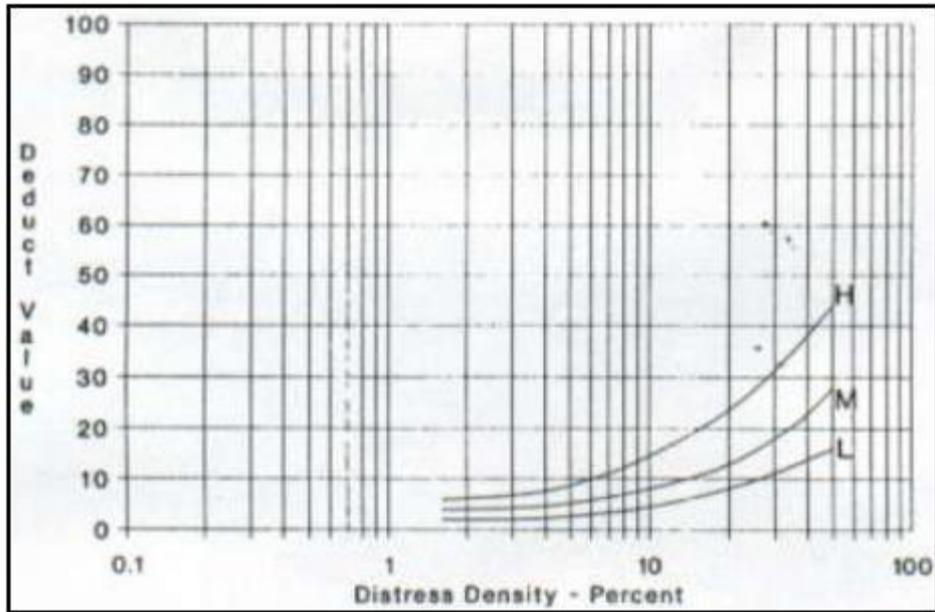
- Fisuras de borde



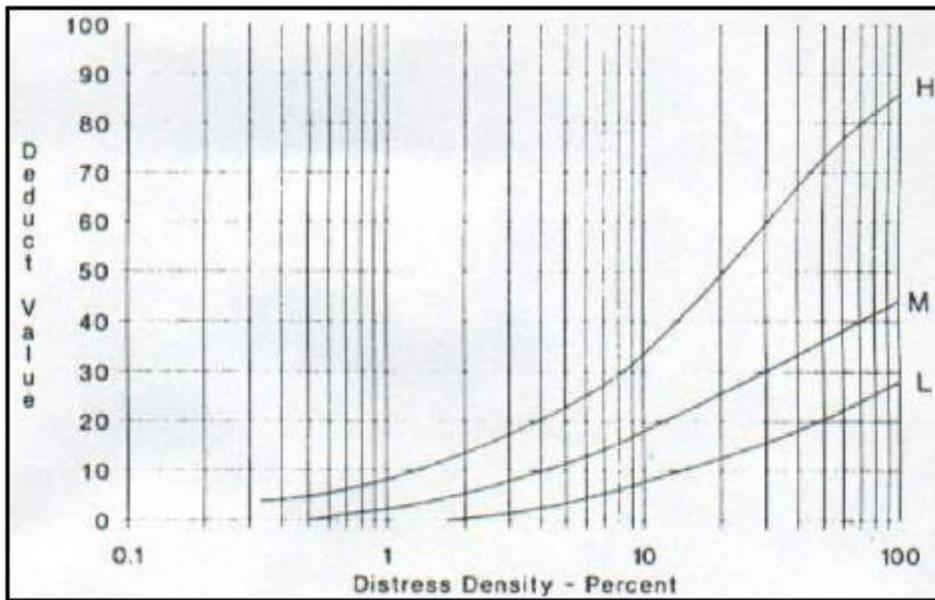
- Fisuras de reflexión de junta



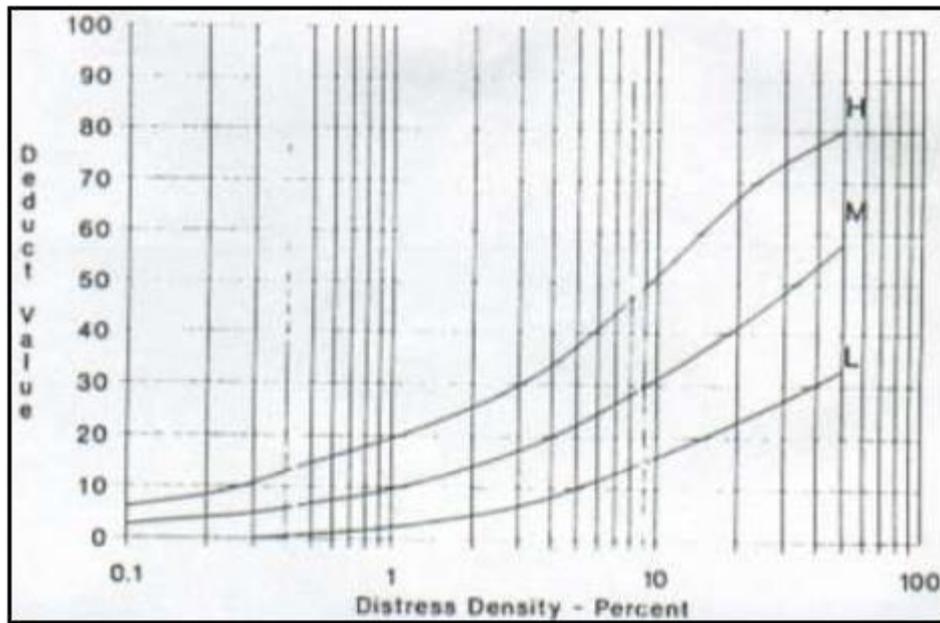
- Desnivel carril – berma



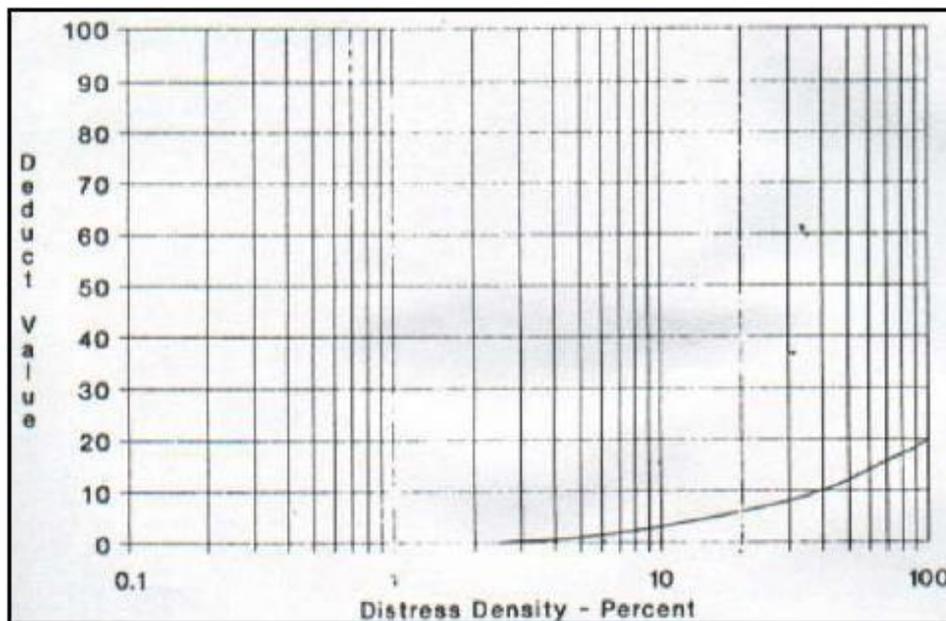
- Fisuras longitudinales y transversales



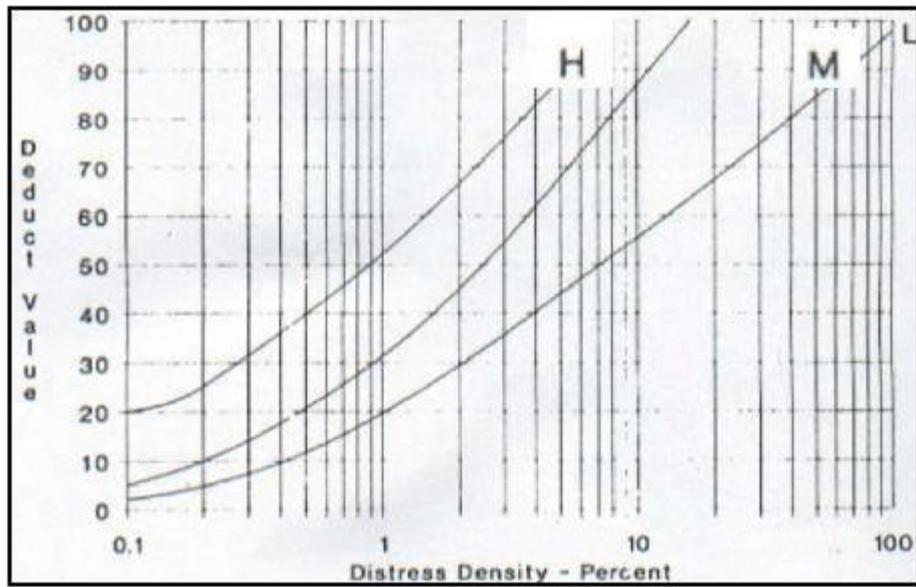
- Parches



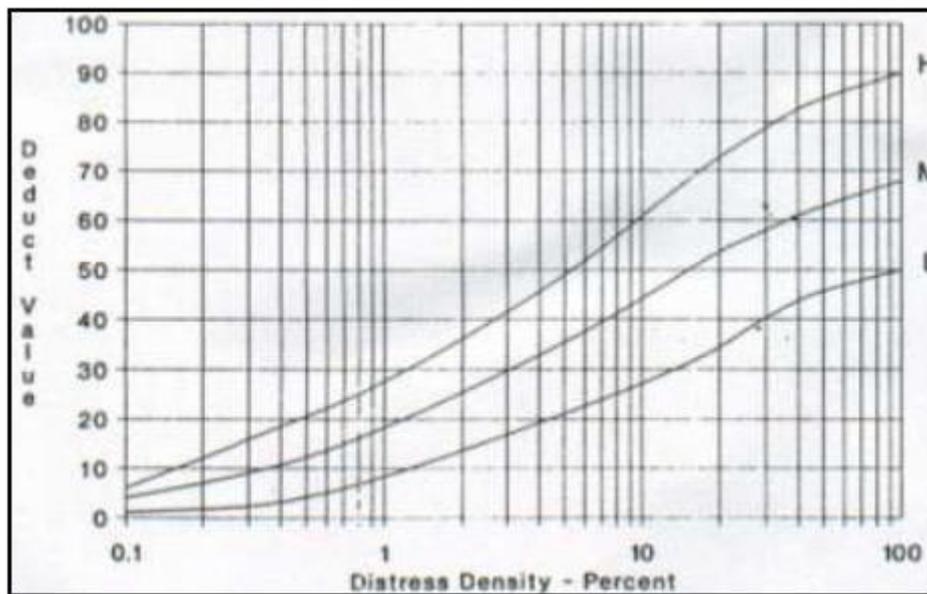
- Pulimiento de agregados



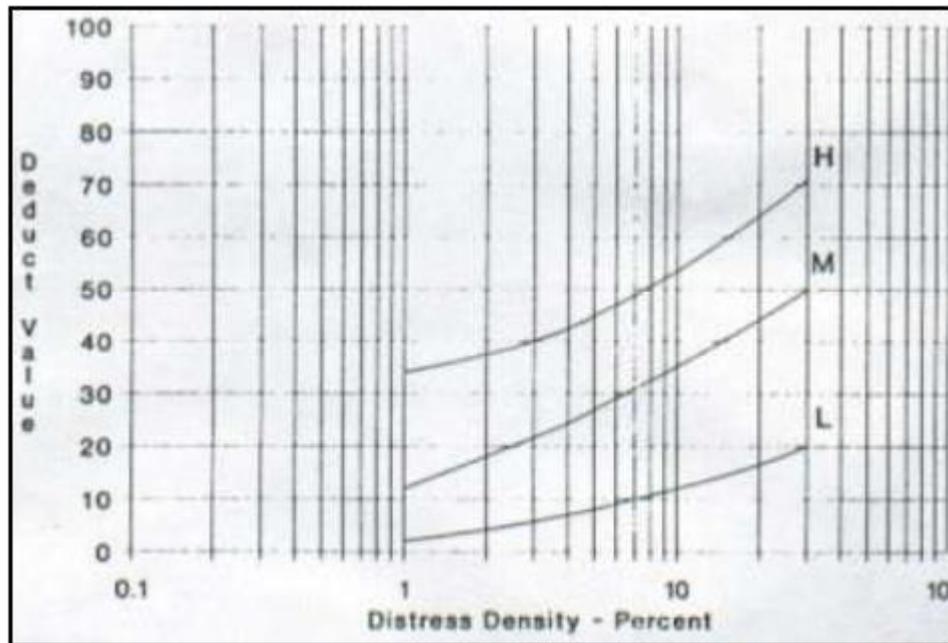
- Baches



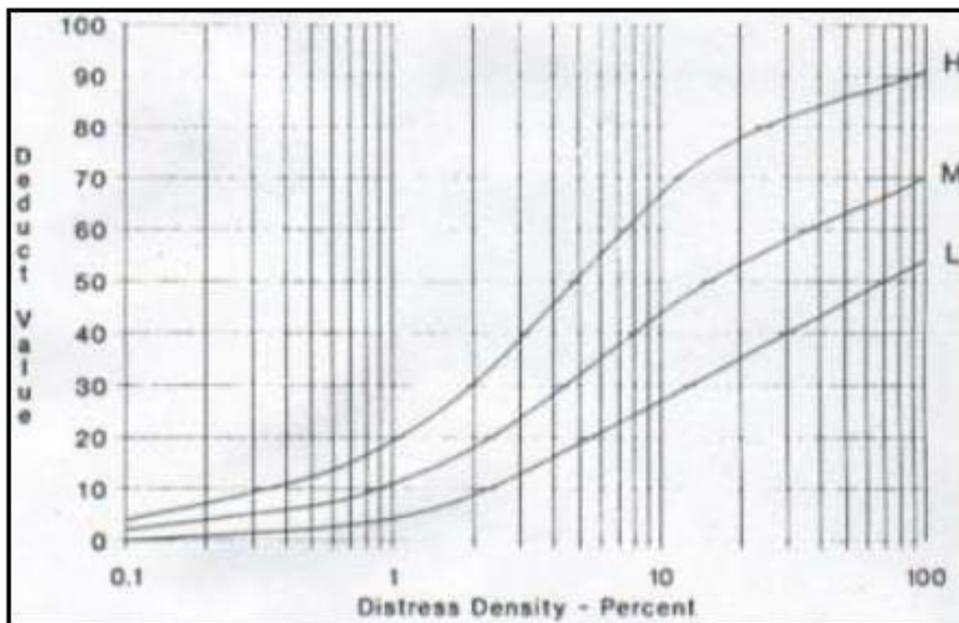
- Ahuellamiento



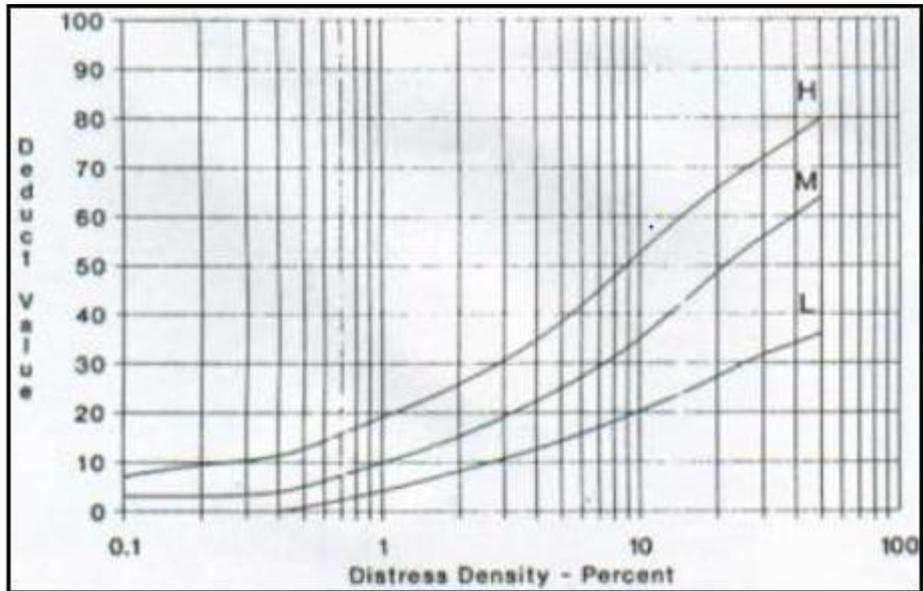
- Hinchamiento



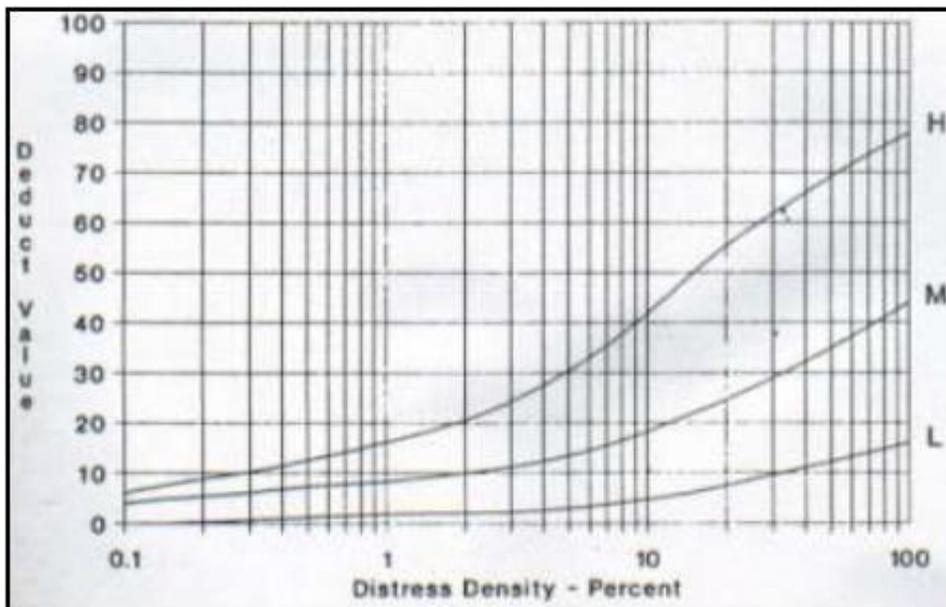
- Fisura parabólica



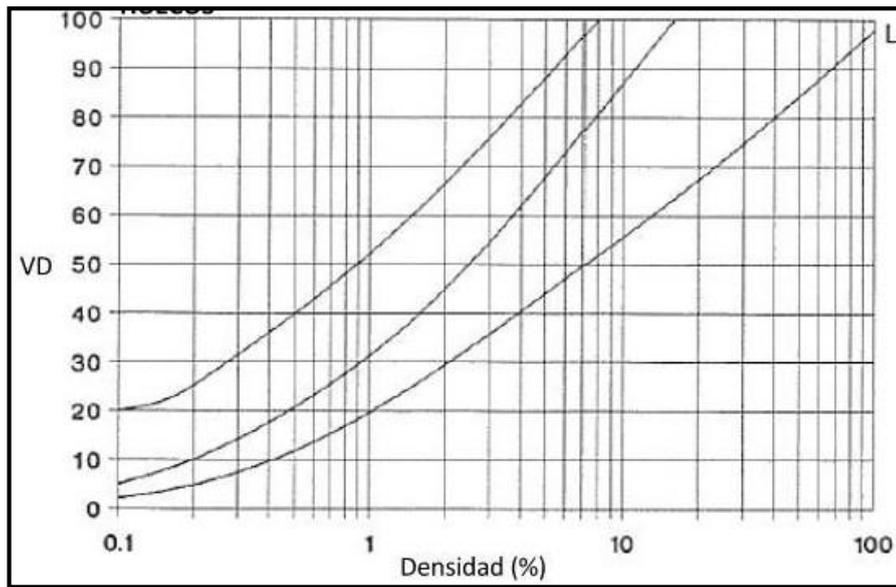
- Desplazamiento



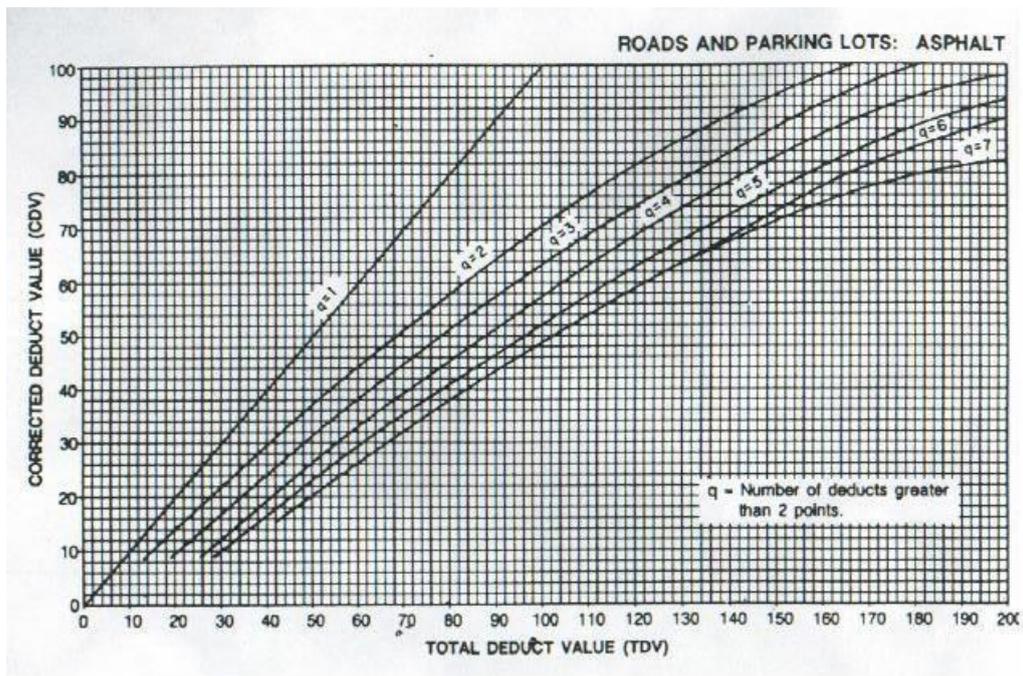
- Peladura y desprendimiento



- Huecos



- Valor deducido Corregido



**Anexo 5: Recolección de datos y evaluación del pavimento por el Método VIZIR, con datos obtenidos de la tesis, “Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento con Imágenes Del Vehículo Aéreo No Tripulado”**

- UM 01

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recolección de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial ( <b>Tesis 2</b> )				<b>Seccion:</b> 0+00.00 - 0+40.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Parqueo	30.82	1	12.84	2		2	<b>Bueno</b>								
Piel de Cocodrilo	14.24	1,2	5.93	2											
Grietas Longitudinales y Transversales	11.73	2	4.89	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 02

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recolección de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial ( <b>Tesis 2</b> )				<b>Seccion:</b> 0+40.00 - 0+80.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Piel de Cocodrilo	51.71	1,2	21.55	3		2	<b>Bueno</b>								
Huecos															
Parqueo	32.68	1	13.62	2											
Grietas Longitudinales y Transversales	4.49	2	1.87	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 03

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+80.00 - 0+120.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	16.76	1,2	6.98	2		3	Regular								
Piel de Cocodrilo	28.25	1,3		4											
Grietas de Contraccion (bloque)	8.92	2	3.72												
Parqueo	30.69	1	12.79	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 04

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+120.00 - 0+160.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	6.93	2	2.89	2		2	Bueno								
Piel de Cocodrilo	26.53	1,2		3											
Parqueo	31.16	1	12.98	2											
Huecos	40	2	16.67												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 05

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial ( <b>Tesis 2</b> )				<b>Seccion:</b> 0+160.00 - 0+200.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Piel de Cocodrilo	25.48	2,3	10.62	4		3	Regular								
Parcheo	32.12	1	13.38	2											
Grietas Longitudinales y Transversales	13.46	2,3	5.61	3											
Huecos	26	2	10.83												
Grietas de Borde	1.95	2	0.81												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 06

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial ( <b>Tesis 2</b> )				<b>Seccion:</b> 0+200.00 - 0+240.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	21.55	2	8.98	2		2	Bueno								
Piel de Cocodrilo	18.28	2	7.62	2											
Parcheo	31.47	1	13.11	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 07

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+240.00 - 0+280.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	16.78	2	6.99	2		2	<b>Bueno</b>								
Piel de Cocodrilo	32.97	1,2	13.74	3											
Parcheo	33.9	1	14.13	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 08

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+280.00 - 0+320.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	8.42	2	3.51	2		2	<b>Bueno</b>								
Piel de Cocodrilo	18.21	1,2	7.59	2											
Parcheo	30.14	1	12.56	2											
Grietas de Borde	11.6	2,3	4.83												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 09

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+320.00 - 0+360.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENSION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	15.64	2	6.52	2		2	Bueno								
Piel de Cocodrilo	25.72	1,2	10.72	3											
Parcheo	33.5	1	13.96	2											
Huecos	4	1	1.67												
Grietas de Borde	1.88	1	0.78												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 10

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+360.00 - 0+400.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENSION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Piel de Cocodrilo	10.51	1,2	4.38	2		2	Bueno								
Grietas Longitudinales y Transversales	9.74	2	4.06	2											
Parcheo	30.38	1	12.66	2											
Grietas de Borde	6.58	2	2.74												
Huecos	6	2	2.50												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 11

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+400.00 - 0+440.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Huecos	42	1	17.50			2	Bueno								
Piel de Cocodrilo	6.03	2	2.51	2											
Parcheo	31.11	1	12.96	2											
Grietas Longitudinales y Transversales	1.81	2	0.75	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

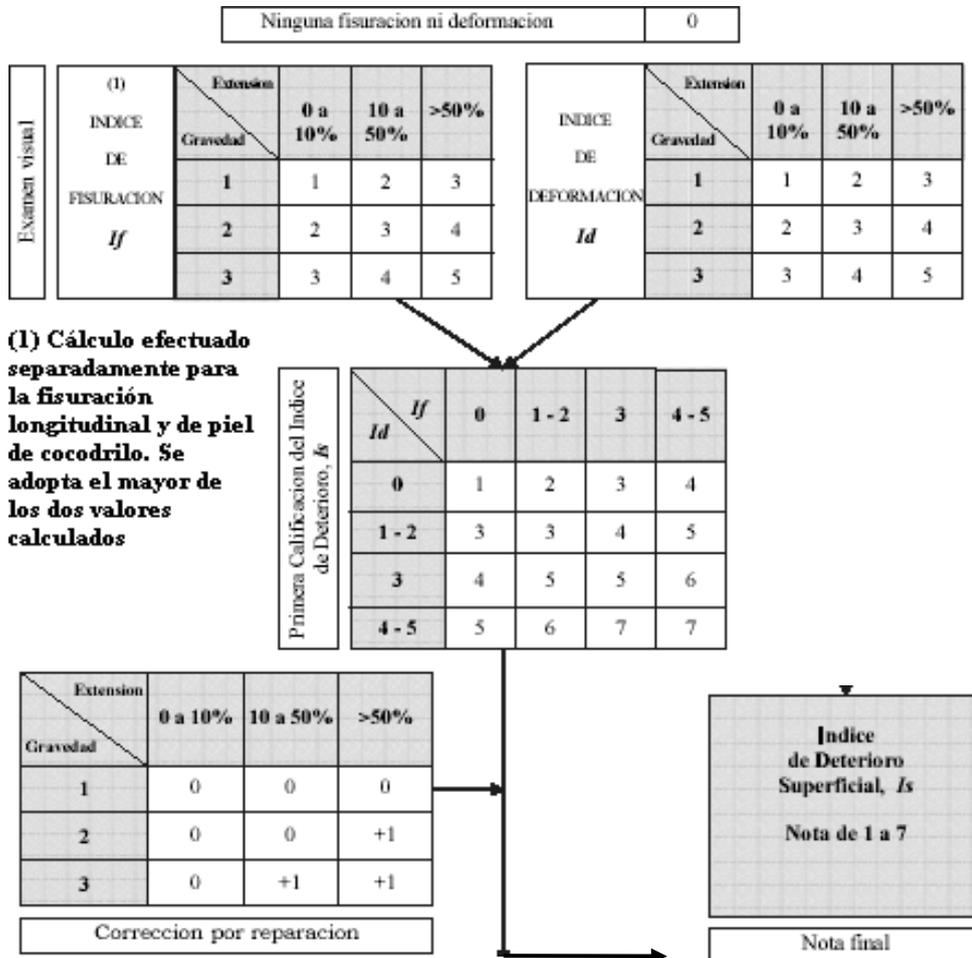
- UM 12

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+440.00 - 0+480.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 240											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	28.49	1,2	11.87	3		3	Regular								
Piel de Cocodrilo	38.51	1,2 y 3	16.05	4											
Huecos	4	1	1.67												
Parcheo	30.24	1	12.60	2											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: yellow;">0 - 2</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange;">3 - 4</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">5 - 7</td> <td>Deficiente</td> </tr> </tbody> </table>								RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- UM 13

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>															
Aplicación De Métodos UAV Y VIZIR en la Evaluación del Estado Superficial del Pavimento Flexible – Avenida Próceres De Huandoy - Los Olivos, 2019															
<b>ASUNTO:</b> Recoleccion de Datos - Metodos VIZIR															
<b>AUTOR:</b> Martha Ysabel Suclupe Nuñez															
<b>Ubicación:</b> Av.Separadora Industrial (Tesis 2)				<b>Seccion:</b> 0+480.00 - 0+510.00											
<b>Distrito:</b> Ate				<b>Area:</b> 180											
<b>Provincia:</b> Lima				<b>Fecha:</b> 17/06/2020											
<b>Departamento:</b> Lima															
FALLA	AREA (m2)	GRAVEDAD	EXTENCION (%)	If	Id	Is	CLASIFICACION								
Grietas Longitudinales y Transversales	5.01	1,2	2.78	2		3	Regular								
Parqueo	33.89	1,2 y 3	18.83	4											
Agregados Pulidos	31.8	1	17.67												
Piel de Cocodrilo	4.2	1	2.33	2											
							<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2">RANGO CLASIFICACIÓN</th></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">0 - 2</td><td>Bueno</td></tr> <tr><td style="background-color: orange;">3 - 4</td><td>Regular</td></tr> <tr><td style="background-color: red;">5 - 7</td><td>Deficiente</td></tr> </table>	RANGO CLASIFICACIÓN		0 - 2	Bueno	3 - 4	Regular	5 - 7	Deficiente
RANGO CLASIFICACIÓN															
0 - 2	Bueno														
3 - 4	Regular														
5 - 7	Deficiente														

- Índice de deterioro superficial (Is)



## Anexo 6: Panel Fotográfico

Fuente: Cruz Toribio, Jorge Omar, 2018.



Figura 1. Ejecución de Vuelo en la vía a evaluar.

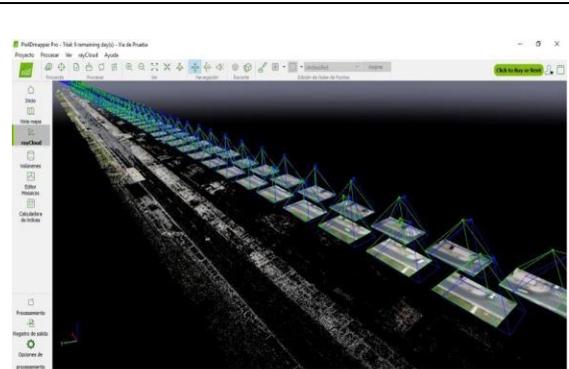


Figura 2. Procesamiento inicial en el software



Figura 3. Modelo digita 3D



Figura 4. Modelo digita de la vía

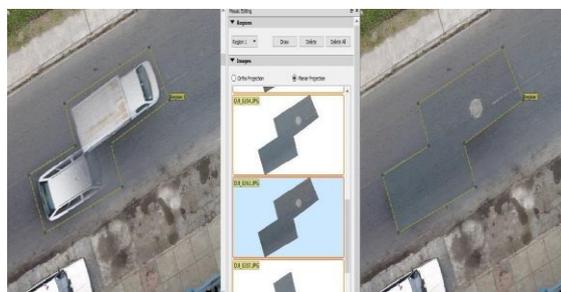


Figura 5. Edición de Obstáculos

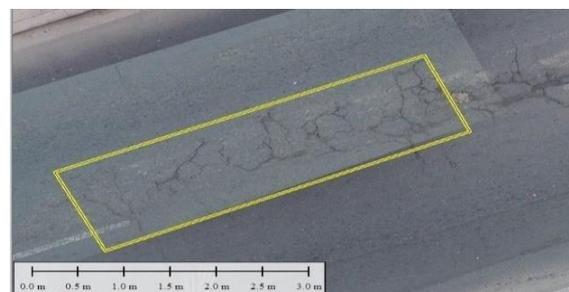


Figura 6. Identificación y metrados de fallas

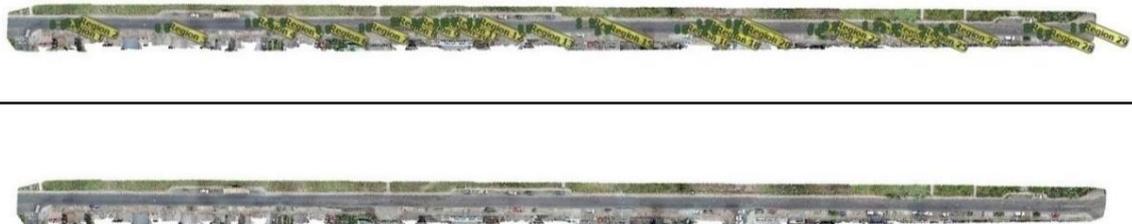


Figura 7. Edición de Ortofoto

