

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ALTERNATIVAS DE SOLUCION A FALLAS DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE, EN PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA, TRUJILLO,
LA LIBERTAD – 2018”.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

BACH. SALINAS ULLILEN, MELQUI

ASESOR

MG. ING. VILLAR QUIROZ, JOSUALDO CARLOS

TRUJILLO – PERÚ

2018

“ALTERNATIVAS DE SOLUCION A FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EN PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA, TRUJILLO, LA LIBERTAD – 2018”.

AUTOR: BACH. SALINAS ULLILEN, MELQUI

JURADO EVALUADOR

ING. ENRIQUE DURAND BAZÁN
PRESIDENTE

ING. GUIDO ROBERT MARÍN CUBAS
SECRETARIO

ING. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIRÓZ
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres; Máximo Salinas Alvarado y Flora Ullilen Díaz, mis Hermanos; Elsia Salinas Ullilen, Rosman Salinas Ullilen, Gilmer Salinas Ullilen, Doris Salinas Ullilen, y todos mis familiares que estuvieron apoyándome siempre, con toda su confianza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las cosas de la vida, a mis padres, familiares y todos los que depositaron su confianza en mí, apoyándome en todo momento. Nuestros profesores académicos, en especial al. Ing. Enrique Durand Bazán, Ing. Guido Marín Cubas, Ing. Javier Galarreta Málaver, Ing. Juan Carlos Bengoa Seminario, mi asesor Josualdo Carlos Villar Quiroz, y a todos los que en alguna oportunidad compartieron sus conocimientos con mi persona. A todos ellos les digo Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
INDICE DE IMÁGENES	vii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1 Realidad Problemática	2
2 Formulación del problema	8
3 Justificación del problema	8
4 Objetivos	9
4.1 Objetivo Principal	9
4.2 Objetivos Secundarios	9
5 Antecedentes	10
6 Bases Teóricas	16
6.1 Pavimento	16
6.1.1 Tipos de Pavimentos:	16
6.1.2 Composición Estructural del Pavimento Flexible	20
6.2 Ciclo de vida de los pavimentos	22
6.3 Método del PCI para pavimentos flexibles	24

6.4	Fallas en pavimentos Flexibles.	35
6.5	Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos.	37
6.5.1	Tareas De Mantenimiento.....	38
6.6	Clasificación de vías urbanas:.....	41
6.6.1	Clasificación de las calles urbanas	43
6.7	Factores causantes de las fallas en los pavimentos flexibles.....	44
7	Definición de términos básicos.....	45
8	Formalización de Hipótesis.	46
9	Línea de Investigación:.....	46
II.	MATERIAL Y MÉTODOS	47
1	Material.....	47
2	Material de estudio.....	49
2.1	Población.....	49
2.2	Muestra.....	49
3	Técnicas, Procedimientos e Instrumentos.	56
3.1	Para Recolectar Datos.	56
3.2	Para Procesar Datos.....	76
4	Operacionalización de variables	104
III.	RESULTADOS	105
IV.	DISCUSIÓN	112
V.	CONCLUSIONES	113
VI.	RECOMENDACIONES	114
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
VIII.	ANEXOS	118

INDICE DE IMÁGENES

Imagen: 1 Estructura del Pavimento.....	16
Imagen: 2 Pavimento Rígido.....	17
Imagen: 3 Pavimento Flexible.....	18
Imagen: 4 Pavimento Semirrígido.....	19
Imagen: 5 Etapas de deterioro de pavimentos flexibles.....	22
Imagen: 6 Rangos de Clasificación del PCI.....	25
Imagen: 7 Escala de clasificación del pavimento.....	26
Imagen: 8 Hoja de Evaluación de PCI - Campo.....	27
Imagen: 9 Acciones a tener en cuenta según deterioro, (PCI).	36
Imagen: 10 Comportamiento del Pavimento con Mantenimiento y Rehabilitación.....	40
Imagen: 11 Mapa Político	50
Imagen: 12 Ubicación de la Muestra	50
Imagen: 13 Ubicación de la vía	52
Imagen: 14 Trafico del Distrito	53
Imagen: 15 Trafico Diario.....	53
Imagen: 16 Clima de Trujillo	54
Imagen: 17 Tipos de Zonas alrededor de la vía.....	55
Imagen: 18 Piel de Cocodrilo	60
Imagen: 19 Desprendimiento de Agregados	61
Imagen: 20 Ahuellamiento.....	62
Imagen: 21 Fisura de Bloque.....	64
Imagen: 22 Grietas.....	66
Imagen: 23 Fisuras Parabólicas	67
Imagen: 24 Hundimientos.....	68

Imagen: 25 Corrugación.....	69
Imagen: 26 Parches.....	70
Imagen: 27 Agregados	73
Imagen: 28 Desprendimiento de agregados	74
Imagen: 29 Situación actual de la vía	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación Longitudinal – Ancho de Estudio del pavimento.....	28
Tabla 2 Rangos de PCI y Acciones a considerar según los resultados obtenidos de los Pavimentos.	39
Tabla 3 Nivel de Severidad de Baches	72
Tabla 4 Resumen de fallas identificadas. Campo.....	75
Tabla 5 Hoja de Excel, Diseño de Calculo	76
Tabla 6 Calculo de muestra.....	78
Tabla 7 Cálculo del Valor Máximo Deducido.	79
Tabla 8 Calculo de CDV	79
Tabla 9 Rango de Clasificación PCI.....	80
Tabla 10 Resumen de Resultados de tramo estudiado Cuadra 01 - 06 de la vía Francisco de Zela	108
Tabla 11 Tipos de Fallas Vigentes en la vía.....	110
Tabla 12 Tabla de registro de campo.....	120
Tabla 13 Tipos de Fallas en Pavimentos, dados por el PCI.	120

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Odómetro Manual	47
Fig. 2 Regla Métrica	47
Fig. 3 Conos	47
Fig. 4 Grafico de Falla Piel de Cocodrilo	78
Fig. 5 Cálculos de Valores Deducidos de q	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Condición del Pavimento actual de la vía Francisco de Zela.	109
Ilustración 2 Porcentajes de los tipos de fallas actuales.....	111
Ilustración 3 Niveles de Deterioro.....	111
Ilustración 4 Fisura de Bloque.....	118
Ilustración 5 Fisuras Longitudinales y transversales.	118
Ilustración 6 Peladuras por intemperie.	119
Ilustración 7 Agregado Pulido.....	119
Ilustración 8 Ahuellamiento.....	119
Ilustración 9 Figuraciones.....	121
Ilustración 10 Parcheos	121
Ilustración 11 Huecos	122
Ilustración 12 Baches.....	122
Ilustración 13 Desprendimientos de Agregados.....	122

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo determinar la mejor alternativa de solución a las fallas superficiales del pavimento flexible de la prolongación Francisco de Zela desde la cuadra 01 hasta la cuadra 06 en el distrito de Trujillo.

Se inició con el trabajo de campo, donde mediante una guía de observación, se determinó a través de inspecciones visuales: la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, registrándose estas en los formatos adecuados para el cálculo correspondiente.

Luego con los datos obtenidos, se inició los procesos en gabinete aplicando las metodologías correspondientes, y como resultado se obtuvo un índice de condición del pavimento de 45, es decir que el pavimento en estudio se encuentra en estado **Regular**, según la tabla del Grado de la condición de pavimento. Con este resultado, podemos concluir que debido al estado del pavimento, se ve perjudicada la circulación normal del tránsito vehicular, ya que no brinda una adecuada serviciabilidad ni seguridad a los transportistas, peatones y toda la población directamente beneficiaria.

Se observó que las fallas de mayor incidencia son: Piel de cocodrilo, los baches, peladura por intemperie, desprendimiento de agregados, seguidas de las fisuras longitudinales y transversales. También podemos decir que el 38% de los pavimentos en estudio es Regular, el 30 % es bueno, el 22 % malo, y los otros son menores del 10%. Según el resultado del índice de condición de pavimentos, se debe de realizar un Mantenimiento correctivo adecuado al tramo en estudio.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to determine the best alternative solution to the superficial failures of the flexible pavement of the Francisco de Zela extension from block 01 to block 06 in the district of Trujillo.

It began with fieldwork, where through an observation guide, was determined through visual inspections: the class, severity and number of failures found, registering these in the appropriate formats for the corresponding calculation.

Then with the data obtained, the processes in the cabinet were started applying the corresponding methodologies, and as a result a pavement condition index of 45 was obtained, that is to say that the pavement under study is in a regular state, according to the table of the Degree of the condition of pavement. With this result, we can conclude that due to the condition of the pavement the normal circulation of vehicular traffic is impaired, since it does not provide adequate serviceability or safety to the transporters, pedestrians and the entire population directly benefiting.

It was observed that the faults of greater incidence are: Crocodile skin, potholes, peeling by weathering, detachment of aggregates, followed by longitudinal and transversal cracks. We can also say that 38% of the pavements under study is Regular, 30% is good, 22% is bad, and the others are less than 10%. According to the result of the pavement condition index, adequate Corrective Maintenance of the section under study must be carried out.

I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos flexibles sufren severos daños superficiales a un periodo de servicio muy temprano, no llegan a cumplir el tiempo de vida útil de su diseño, generándose por diversos factores externos, tales como: un diseño inadecuado, volumen de tránsito no estimado, condiciones climáticas no pronosticadas, soporte de cargas no permitidas, mal funcionamiento del drenaje, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, entre otros, Generando que el pavimento inicie una etapa de deterioro, presentando distintas fallas que empeoran el estado de la vía. Es por esto que, resulta necesario aplicar técnicas para mejorar su rendimiento, y evitar daños severos de los pavimentos, porque un buen diseño y ejecución del pavimento, permite un adecuado funcionamiento y serviciabilidad, durante el periodo de vida predeterminado. Para poder decidir adecuadamente la aplicación de las herramientas a utilizarse, se debe conocer el estado del pavimento y las posibles causas que lo producen, para ello se emplean diferentes métodos: Un método de evaluación del pavimento es el “Método PCI” (Índice de condición de pavimento); que por medio de inspecciones visuales se determina el estado en que se encuentra una vía existente, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. El presente trabajo tiene por objeto encontrar alternativas de solución para el pavimento flexible deteriorado superficialmente, dando solución a las distintas fallas, de una vía de la ciudad de Trujillo, en la prolongación Francisco de Zela - Trujillo – la Libertad, Investigación que puede quedar como ejemplo aplicativo.

1 Realidad Problemática.

El transporte ha aumentado al nivel mundial debido al crecimiento poblacional y el parque automotor, exportaciones de diferentes tipos de vehículos motorizados, teniendo mayor demanda los automóviles y motocicletas. En los países desarrollados, alrededor del 80% de los hogares posee un coche en buenas condiciones, mientras que en los mercados emergentes, y países en vías de desarrollo son mucho más comunes las motocicletas. Dada la creciente necesidad, es necesaria optimizar los diseños de transporte entre distintas zonas de nuestro país, el desafío de implementar caminos seguros y de buena calidad, la Dirección de Vialidad ha desarrollado tramos experimentales para probar distintas alternativas de pavimentos flexibles y rígidos (Balbontín, Jaimurzina, & Salas, 2015).

Así como también la metodología para la evaluación del tránsito vehicular actual y esperado hacia el periodo previsto o futuro del diseño; Principalmente partiendo de un estudio geológico, analizando minuciosamente los suelos, para asimismo tener en cuenta los diferentes Métodos de soluciones adecuadas, conteniendo óptimos resultados. Tener en cuenta los principios de ingeniería, siendo esta la rama eficaz en la solución de distintos problemas existentes y prediciendo posteriormente las probabilidades de que existan, los proyectos realizados sobre los pavimentos deben ser eficaces, económicos, duraderos, cumpliendo con su periodo de diseño, tomando en cuenta los procesos de mantenimiento para tener máximos resultados (Balbontín, Jaimurzina, & Salas, 2015).

En México, es uno de los países que conlleva mejoras en Carreteras: cuenta con una longitud total de la red de carreteras de: 377,660 km, al nivel nacional, y la infraestructura vial pavimentada: 137.544 kilómetros (incluye 7.176 kilómetros de autopistas), el porcentaje de carreteras sin pavimentar fueron: 240.116 kilómetros (2012), La necesidad de sus pavimentaciones se diseñó específicamente para una vida útil de 20 a 25 años (Central Intelligence Agency, 2012).

En Chile la infraestructura de carreteras, contiene una red de 77.764 kilómetros que incluye 2.387 kilómetros de autopistas, y las buenas condiciones en que las mantiene. Es el primer país en toda Latinoamérica con una gran infraestructura vial asfaltada, esta desarrolla una fuerte inversión en pavimentos logrando un gran avance vial; tanto rural, como urbano. Posibilita la ocupación y utilización del territorio, facilitando la comunicación de todos sus habitantes. Por ejemplo, el Valor del patrimonio vial de la red pavimentada del año 2009 asciende a la suma de US\$ 7.612,9 millones de dólares, situándose en un 6.3% por debajo del valor del punto medio, estimado en US\$ 8.128,3 millones de dólares (Luis Fajardo - BBC Mundo, 2015).

En Brasil, tiene dimensiones continentales y el reto de mantener una red de 1.580.965 kilómetros de carretera, casi cuatro veces mayor que la de México y casi 100 veces más grande que la de Panamá. Los proyectos de infraestructura involucran un monto no despreciable de complicación en su planeación, financiación, construcción operación y mantenimiento de obras viales (Luis Fajardo - BBC Mundo, 2015).

En Perú, entre agosto de 2011 y diciembre de 2014 se pavimentaron 947 kilómetros con asfalto, al nivel nacional existe un Total de: 140.672 kilómetros (18.699 km pavimentados) incluye 24.593 km de carreteras nacionales (14.748 km pavimentados), 24.235 kilómetros de carreteras departamentales (2.340 km pavimentados), y 91.844 kilómetros de carreteras locales (1.611 km pavimentados) (Central Intelligence Agency, 2012).

La Red Vial Nacional está conformada por tres ejes longitudinales (costa, sierra y selva) y 20 ejes transversales que en conjunto suman más de 26,000 kilómetros de carreteras, cerca de 6,700 kilómetros se encuentran concesionados y el resto, alrededor de 20,000 kilómetros, son vías que dependen directamente del ministerio en lo que respecta a las labores de inversión y mantenimiento, en los últimos 17 años el Perú ha promovido la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, ejecutándose más de 26,839 kilómetros de esta vía se encuentra pavimentado en el país, cifra que equivale al 76% de la red vial nacional con pavimentos asfálticos y rígidos, (Diario El Peruano, 2018).

En el Departamento de Lima, La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, incluye 26.017,07 kilómetros de carreteras. La longitud total de rutas nacionales estudiadas incluye 12.444,93 kilómetros de carreteras pavimentadas (48 %), 11.150,91 kilómetros de carreteras no pavimentadas (43 %) y 2.421,23 kilómetros de carreteras proyectadas (9%). Lo estudios involucran a 25 departamentos del país y los que mayores rutas presentan son Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Lima, Madre de Dios, Piura y Puno. La ciudad de Lima, tiene hoy en día grandes pavimentaciones urbanas con asfaltos flexibles, las obras viales se encuentran con un porcentaje de 60 % pavimentadas en zonas de toda la ciudad. Lima además se caracteriza por ser la primera ciudad del Perú con mayor infraestructura vial (Agencia Peruana de Noticias - América Economía, 2011).

El Departamento de Piura, posee una Red Vial que en total suman los 1,218.27 Km., de los cuales 236.23 Km. son Nacionales; vías departamentales 51.78 Km., sus vías vecinales en total tienen una longitud de 930.26 Km., de las cuales (39.4 % de la red vial vecinal), figuran como registradas 366.86 Km. y no registradas 563.40 Km. (60.6 % de la red vial vecinal) mas el 33.26 % de la Red Vial de la Provincia de PIURA posee una superficie de rodadura de tipo trocha; (entre vías nacionales y vecinales) el 23.74% es asfaltada; 15.81% son vías afirmadas y 127.19% sin afirmar respectivamente (Municipalidad Provincial de Piura - Provias, 2010).

En el Departamento de la Libertad, las vías pavimentadas son 642 Km, tanto en nivel asfáltico como en pavimento rígido. En la Provincia y Distrito de Trujillo las vías urbanas de pavimento asfáltico se encuentran en condiciones pésimas, generando desconformidad dentro la población actual, la Municipalidad de Trujillo necesita vialidades duras con una mayor vida útil y de alta resistencia; con un menor mantenimiento, mayor seguridad, confortabilidad y económicas. Los pavimentos rígidos por su color disminuyen costos de iluminación, genera distribución uniforme de cargas lo cual disminuye los daños puntuales. Comparado con carpetas asfálticas, son mucho más mejores (Perú - Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

(Guerrero, 2011). Encontró que, en el Perú debido a las variedades de climas, en zonas del país y otras causas, existen riesgos de presentarse deterioros anticipados en sus pavimentos, por efecto de la falla de deformación permanente. Como es conocido, la degradación de la calidad del pavimento asfáltico, se convierte por irregularidades en los perfiles longitudinales y transversales del pavimento, habitualmente ocurre por los mecanismos que producen deformación permanente, tanto en la mezcla asfáltica que conforma la carpeta de rodadura, así como también en las diferentes capas de la estructura del pavimento.

(Cañar & Yunga, 2016), Encontró que dentro la ingeniería civil, un pavimento se puntualiza como un ligado de capas apoyadas sobre la sub rasante original o corregida, su objetivo es resistir cargas vehiculares. Existen diferentes tipos de pavimentos de acuerdo a la capa de rodadura, en el país de Ecuador, las vías se plantean considerando dos tipos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. Los rígidos conformados por una carpeta rígida de hormigón hidráulico con acero de refuerzo. Los pavimentos flexibles son conformados por una manta bituminosa sentada sobre una sub base y una base.

(Choque & Soto, 2015) encontró que el desplazamiento lateral de los materiales se da debido a la acción de las cargas de tráfico, así como también la mala calidad de las juntas de construcción que debilitan la sub-base cerca del borde del pavimento por contracción constante, fatiga generada en la superficie del concreto asfáltico al estar bajo constante carga.

(Valencia, 2016). Encontró que el MTC supone normar un manual que suministre criterios técnicos concretos y coherentes, para facilitar el diseño y construcción de carreteras eficaces, perfeccionados en costos impulsando extensiones técnicas masivas de sus conocimientos, experimentados y generales involucrados en las pavimentaciones. El manual, muestra tecnologías adecuadas a la realidad del país, favoreciendo el uso de los recursos locales, la seguridad vial, y la conservación del medio ambiente.

En la Prolongación Francisco de Zela – Trujillo – Trujillo – La Libertad. El pavimento se encuentra deteriorado en ciertos tramos de la vía, la capa de rodadura habitualmente a sufre severos daños, se aprecian gran cantidad de baches, esto afecta a toda la humanidad, verdaderamente las familias que viven por el lugar, ya que asiste a aumentar los índices de contaminación ambiental, perjudicando el patrimonio público y privado, obstaculizando el transporte normal de las personas y vehículos, ocasionando accidentes, ascendentes costos operacionales de los vehículos, desventajas en el tiempo de desplazamiento de los peatones, aislamiento para emergencias, también perjudica la industria y el comercio.

Grupo Graña y Montero, actualmente Administra carreteras y autopistas urbanas dentro del país de Perú como: Mantenimiento de la carretera panamericana norte, carretera 1N, tramo Ancón- Huacho- Pativilca". -El mantenimiento vial de la Panamericana Norte, está a cargo de la Empresa Norvial S.A. y se encuentra enmarcada en el rubro de concesiones viales, cuya responsabilidad es administrar, operar, construir y dar el mantenimiento a la infraestructura vial en la ruta Ancón - Huacho - Pativilca de la Carretera Panamericana Norte (Grupo Graña y Montero, 2018).

La Empresa Cosapi, con más de 50 años en el mercado, es la segunda empresa de ingeniería y construcción de capital nacional en el Perú, según el ranking de las “500 Mayores Empresas del Perú” publicado por América Economía. Ha completado de manera exitosa varios de los proyectos más importantes y emblemáticos del Perú, tanto en el sector privado como en el sector público. Entre estos proyectos se encuentran: la construcción y conservación de 1,187 y 1,975 km de carreteras respectivamente. El 28 de marzo de 2014 se otorgó la buena pro al Consorcio Nuevo Metro de Lima, integrado por Iridium Concesiones de Infraestructuras, S.A. (Iridium), Vialia Sociedad Gestora de Concesiones de Infraestructuras, S.L. (Vialia), Salini Impregilo S.p.A. (Impregilo), Ansaldo Breda S.p.A. (Ansaldo Breda), Ansaldo STS S.p.A. (Ansaldo STS), y Cosapi, para la ejecución de la Línea 2 del Metro de Lima y Callao (Empresa Cosapi, 2018).

La presente investigación busca distintas alternativas para dar solución a un problema previsto en la actualidad influyente en los pavimentos flexibles, así mismo. Identificar los principales factores que afectan al problema, para así poder brindar mejoras descriptivas y explicativas, sobre los pasos y métodos a utilizar, teniendo en cuenta los estudios de carácter científico, la influencia del problema en el lugar, medio ambiente, suelo, la severidad de daños producidos por falta de prevenir estos tipos de problemas, y todo lo que tiene a su entorno, que se encuentre afectado por este problema, el impacto que causa en la ciudad y los futuros pronósticos que se ven afectados con la problemática. Criterios de mejoras en el lugar, que debemos hacer y que debemos dejar de hacerlo. Definir alcances adecuados para una mejor calidad de servicios en el lugar, llegando a conclusiones precisas para que la municipalidad distrital de Trujillo, asuma medidas correspondientes sobre problemas identificados en este lugar.

Este problema obtendrá resultados frecuentemente descendentes, mientras más transcurra el tiempo, la población se verá afectada constantemente por esta situación, los ciudadanos del lugar tendrán pocas posibilidades de vivir en un ambiente mejor. Con las conclusiones de la investigación la municipalidad provincial de Trujillo tendrá mayor conocimiento acerca del lugar y lo que pasa dentro de la ciudad, para así poder desarrollar un proyecto de mejora de dicha localidad, causando un impacto de bienestar humano y socioeconómico para la población y el crecimiento del país.

2 Formulación del problema.

¿Cuál es la mejor alternativa de solución a las fallas superficiales en el pavimento flexible de la Prolongación Francisco de Zela, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad?

3 Justificación del problema.

En la ciudad de Trujillo, especialmente en la Prolongación Francisco de Zela, la problemática sobre los deterioros de pavimento flexible dentro del contexto urbano, se observa muy a menudo que lleva una degradación acelerada en gran porcentaje de las vías, este deterioro, afecta la calidad de vida de la humanidad y afecta todo el sistema global, por lo cual el estudio busca encontrar alternativas de solución hacia el problema existente, teniendo a los habitantes de la ciudad como los beneficiarios directos, ya que con la mejora de vialidad, habrá menos daños en los vehículos, mayor facilidad de transporte público y privado, con un tránsito peatonal más seguros en estas vías, el país genera mayor crecimiento y adelantos en vías pavimentadas, beneficiándose indirectamente. Los resultados obtenidos facilitarán información de los daños del pavimento, su inestabilidad, aumento de deterioro futuro, desgastes que viene perdiendo, afectaciones hacia el tránsito vehicular, hacia el medio ambiente y la mala calidad de vía percibida por la población, también la información podrá ser usada por autoridades de todos los gobiernos actuales, así mismo será de interés para empresas contratistas, investigadores de esta problemática y estudiantes, finalmente también se contribuye con el estado Peruano,

4 Objetivos.

4.1 Objetivo Principal.

Determinar la mejor alternativa de solución a las fallas superficiales del pavimento flexible de la Prolongación Francisco de Zela - Trujillo.

4.2 Objetivos Secundarios

1. Identificar las fallas existentes en la vía Francisco de Zela distrito de Trujillo, mediante la Guía de Observación.
2. Evaluar los daños percibidos y la condición actual del pavimento, con el método del PCI, en la vía Francisco de Zela distrito de Trujillo.
3. Definir alternativas adecuadas para garantizar una mejor solución a los pavimentos flexibles, estudiados en dicho proyecto.
4. Proponer la solución específica de acuerdo a los resultados obtenidos y componentes técnicos priorizados dentro de la investigación.

5 Antecedentes.

Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI.

(Palacios & Puma, 2015), Determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez, con lo cual se podrá determinar si la vía esta apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios. Se escoge un pavimento a evaluar, la cual estará divididas en unidades de muestreo, es decir por áreas. Luego se procede a realizar la recolección de datos, mediante el levantamiento de las fallas existente para proceder a un análisis de estos. Luego se evaluaron los resultados y se propondrá alternativas de solución con la propuesta de un presupuesto de rehabilitación. En general el pavimento flexible analizado está en condiciones regulares. La mayoría de sus fallas está en nivel leve y moderado, siendo un buen momento para intervenir el pavimento. Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación en su mayoría corresponden a cambiar la carpeta asfáltica habiendo en cantidades mínimas la reparación de la base y sellado de fisuras. Las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en el Jr. José Gálvez. Siendo la condición malo la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%. No existiendo ninguna unidad de muestra en condiciones de excelente. Se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación inmediatamente debido a que la proporción de unidades de muestreo en condición buena es 22% y regular es 26%, siendo considerables estos valores y sabiendo que los costos serán mayores si se dejan sin intervención. Asimismo existe 1 unidad de muestra en condición fallada y otra en condición muy mala. Ambas deberían ser rehabilitadas y la condición final global de la vía mejoraría.

Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del Departamento de Lima.

(Choque & Soto, 2015), Realizar un análisis y diseño de pavimentos de la avenida Mártir Olaya con la finalidad de adaptar la superficie de rodadura a los requerimientos de tráfico pesado y garantizar una mejor seguridad vial a los usuarios. El deterioro de la carpeta de rodadura generada principalmente por un alto tránsito pesado y la carencia de una señalización vial que no permite el flujo libre de vehículos, al mismo tiempo no brinda seguridad a los conductores y transeúntes. Para el proyecto de la avenida Mártir Olaya se presenta solo el primer caso desfavorable, que es la posibilidad de tener la presencia de aguas superficiales originadas por las lluvias, las cuales se pueden infiltrar en la estructura del pavimento. Más allá de las características especiales de cada tipo de asfalto, cumplen con la función básica necesaria en pavimentos, por ello la elección realizada de cuál sea usar, depende de factores geográficos, estadísticos y socioeconómicos. Se necesita implementar modelos de deterioro de pavimentos para poder predecir fallas como fatiga, deformación, ahuellamiento, deformación térmica, etc. También desarrollar base de datos climáticos detallados para diferentes regiones, desarrollar base de datos de espectro de carga para diferentes vías, mediciones de coeficientes de expansión térmica, desarrollar base de datos de módulos re silentes. Durante el procedimiento del diseño de pavimentos debe exigirse la verificación de la permeabilidad de las capas granulares que conforman la estructura del pavimento, incluido la sub rasante; la comprobación de la baja permeabilidad de los suelos podría causar que el agua se atrape en la estructura, lo cual a su vez puede originar una destrucción total o parcial del pavimento.

Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo QUICHUAY -INGENIO del km 0+000 al km 1+000 2014.

(Vicuña, 2015), Determinar Cómo influyen las fallas superficiales en la determinación del estado funcional del pavimento flexible. Esta es la Metodología PCI (Índice de Condición del Pavimento), la más recomendada por su objetividad, un kilómetro de carretera ha sido estudiado a detalle con dicha metodología para calificar el estado de la vía. Las fallas superficiales: exudación, fisura de borde, fisuras longitudinales y peladura, son fallas funcionales y que por sus bajos niveles, no perjudican la funcionabilidad (comodidad y seguridad) del pavimento. Las fallas superficiales representan un valor bajo en comparación a las fallas estructurales, entonces podemos decir que los daños producidos por las fallas funcionales no lo determina una área considerable sino que para que produzca un daño importante debe ser una falla de nivel de severidad alta. Hacer el Mantenimiento y Rehabilitación, lo más pronto posible para mejorar el estado del pavimento debido a que ya está en un proceso acelerado de deterioro, con eso evitaríamos mayores gastos y lo más importante que es dar comodidad y seguridad al usuario.

Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito.

(Acuña & Pinzón, 2015), Describir y evaluar alternativas de rehabilitación y mantenimiento para la capa de rodadura de vías terciarias. Actualmente estas alternativas se encuentran clasificadas en tres tipos de acuerdo a sus características de desarrollo, objetivos y funciones. En este documento se hace una descripción de sus aspectos técnicos ambientales y económicos, y un modelo de elección para la aplicación en las vías colombianas, buscando crear una fuente de información básica para el conocimiento y aplicación de dichas alternativas. Dentro de las soluciones, se encontraron más de 30 alternativas, las cuales se dividen a su vez en dos tipos, dependiendo su objetivo funcional o estructural, es decir son de tipo funcional cuando su objeto es el de corregir problemas o defectos de la superficie de rodamiento, como la producción de polvo, o la rugosidad, y estructurales, cuando lo que buscan es un refuerzo en la capacidad de soporte de cargas de tránsito sobre la vía. Dentro del tipo funcional, se encuentran aproximadamente trece alternativas, entre tratamientos superficiales y supresores de polvo; en cuanto al tipo estructural se encuentran 17 alternativas que contemplan la estabilización de suelos, adición de capas estructurales, materiales asfálticos, hormigones o adoquín. Para la elección de la alternativa de mejoramiento, se debe tener en cuenta no solo los aspectos económicos, sino sociales, por esto se ha venido desarrollando en los países en vía de crecimiento.

Análisis del estado de conservación del pavimento flexible De la avenida Julián Arce cuadras 1 – 4 y avenida la merced Cuadra 2-7 del distrito de Laredo utilizando el método del Índice de condición del pavimento, 2016.

(Carrion, 2016), Determinar el estado de conservación del pavimento flexible de la Avenida Julián Arce cuadras 1 – 4 y Avenida La Merced cuadra 2-7, utilizando el método índice de condición del pavimento. Este proyecto tiene como objetivo aplicar el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI), para determinar el estado de conservación del pavimento, en la Avenida Julián Arce cuadras 1 – 4 y Avenida La Merced cuadra 2-7. Un kilómetro de pista ha sido estudiado para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. Las fallas producen al pavimento alto grado de deterioro, nivel de severidad y cantidad, afectan a la condición del mismo. De acuerdo al tamaño de la falla dentro de la unidad de muestra, las menores son despreciable, o muy pequeña como para ejercer un daño significativo al área de estudio. Al obtener como resultado un Índice de Condición de Pavimento Regular, se recomienda realizar una Rehabilitación Integral de la Vía en estudio, ya que se necesita hacer que nuestra vía vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil.

Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evita miento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014.

(Pajares, 2014), Realizar el análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evita miento Norte, utilizando el método índice de condición del pavimento. Para la valoración del estado del pavimento de la Vía de Evita miento Norte se utilizó el método del índice de condición de pavimento; este índice toma valores que oscilan entre 0 (para la condición de fallado) hasta 100 (estado excelente). Para llegar a él se llevó a cabo una inspección visual detallada en toda la superficie del pavimento y sus elementos del drenaje y se recopiló la limitada información existente procedente del proyecto vial ejecutado, el historial de la carretera y el tráfico que la solicita. El deterioro existente en los pavimentos (agrietamiento de la superficie, corrugación, peladuras, abultamientos y hundimientos, superficie resbaladiza, etc.) puede corregirse mediante la aplicación de un riego de liga evitando así un mayor deterioro. Se consigue de esta manera, una superficie de larga duración, que ofrece propiedades anti-deslizantes y mejores condiciones para la transitabilidad. Los 42% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 54); después le sigue un 33% de unidades en mal estado (PCI igual a 39); un 15%, en buen estado (PCI entre 56 y 65). No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100). Agrupando los resultados en los tramo 1 (U7 – U32) presenta un PCI de 54, pavimento Regular; y el tramo 2 (U32-U64), un PCI de 44, pavimento regular. El pavimento evaluado necesita las siguientes medidas de reparación: limpieza y sellado de las grietas, reemplazo de parches en mal estado, Se recomienda aplicar un riego de liga para incrementar el PCI de la unidad de muestra analizada. Este riego de liga puede ser una lechada asfáltica (Slury Seal) o un riego pulverizado (Fog Seal), En todo el tramo analizado.

6 Bases Teóricas.

6.1 Pavimento.

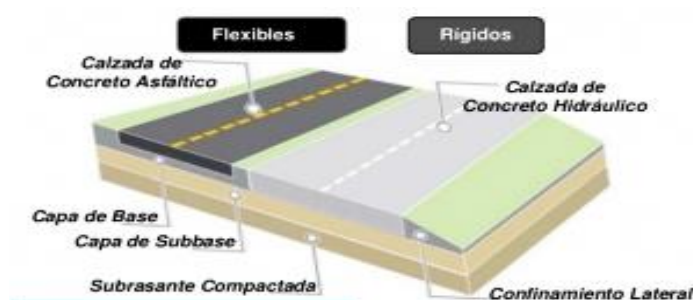
Según la Norma AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), El pavimento es un elemento estructural compuesto de capas colocadas unas sobre otras con materiales procesados que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Su finalidad es distribuir las cargas aplicadas por un vehículo, a la sub-rasante. El pavimento debe brindar comodidad, seguridad adecuada y aceptable para el tránsito vehicular y peatonal. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, veredas, pasajes peatonales y ciclo vías. (Sánchez, 2012).

6.1.1 Tipos de Pavimentos:

Los tipos de pavimentos a utilizarse varían de acuerdo al soporte de la subrasante, la clase de material a usarse, la intensidad de tránsito, entre otros. Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian por: el paquete estructural que presentan, por costos y material de capa superficial, estos son: (Sánchez, 2012).

1. Pavimento flexible.
2. Pavimento rígido.
3. Pavimento Semirrígidos.

Imagen: 1 Estructura del Pavimento.



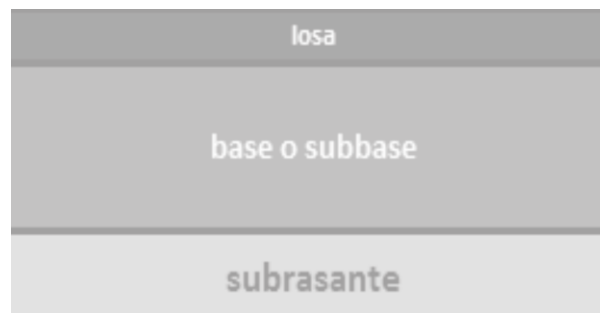
Fuente: ESSSA.

1. Pavimento Rígido:

Según (Choque & Soto, 2015), este pavimento está compuesto de concreto hidráulico, reforzado con o sin acero. Su estructura de este pavimento rígido está compuesta por la losa de concreto hidráulico situada sobre la base y estas sobre la sub-rasante. Sus costos de construcción son altos en comparación con los pavimentos flexibles y su periodo de vida varía entre 20 y 40 años, según su diseño. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

Imagen: 2 Pavimento Rígido

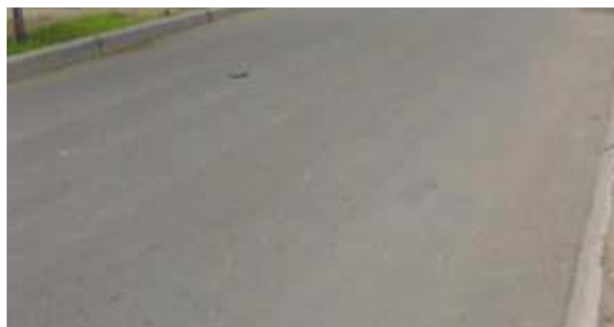
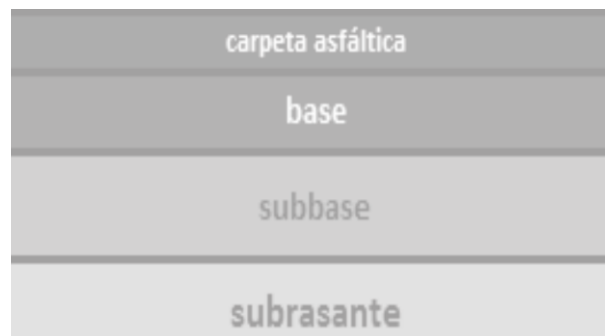


Fuente: (Velásquez, 2009)

2. Pavimentos Flexibles:

Los pavimentos flexibles es una estructura compuesta por capas granulares de sub base y base, y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y mezclas asfálticas en frío y caliente, de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares, permitiendo que la distribución de esfuerzos sobre ella produzca pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que su estructura sufra fracturas grandes. En su construcción son económicas, tiene un periodo de vida útil de 10 a 15 años. Requiriendo de un mantenimiento periódico, dentro de este tipo de pavimento se ubica el proyecto de tesis en estudio, como es la Prolongación Francisco de Zela, distrito y provincia de Trujillo, (Choque & Soto, 2015).

Imagen: 3 Pavimento Flexible.

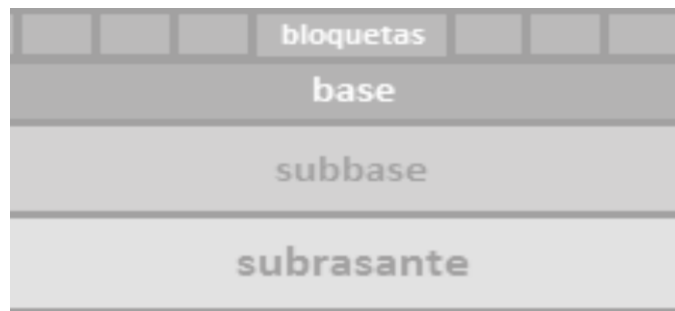


Fuente: (Velásquez, 2009)

3. Pavimentos Semirrígidos:

Están conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido, se ha incluido también los pavimentos adoquinados o pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido, se colocan bloques pequeños de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, la cual se encuentra sobre una capa granular base, la sub-base y sub-rasante, el objetivo es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que los bloques pequeños producen una ligera vibración al circular sobre ellas, permitiendo mantener una velocidad moderada, (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”).

Imagen: 4 Pavimento Semirrígido



Fuente: (Velásquez, 2009)

6.1.2 Composición Estructural del Pavimento Flexible.

1. Sub Rasante:

Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas. Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Según (Sánchez, 2012), los suelos apropiables a la sub rasante serán adecuados y estables, con CBR igual o mayor a 6%. En el caso que sea menor, debe estabilizar los suelos, realizando un estudio analizando alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo de suelo, estabilización química de suelo, estabilización con geosintéticos, entre otros, eligiendo la alternativa más conveniente en cuanto a lo técnico y económico. Apoyado sobre el terreno natural de fundación.

2. Sub-Base:

Es una capa de material especificado y con un espesor variado de acuerdo al diseño, el cual soporta a la carpeta base y a la carpeta asfáltica. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y medidas de la estructura del pavimento, esta capa puede obviarse, como también puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) tratada con asfalto, cal o cemento. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”).

3. Base:

Capa generalmente granular o suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico, situada sobre la sub-base y bajo la capa de rodadura o carpeta asfáltica. Su función principal es servir como elemento estructural debe sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito de los pavimentos, en algunos casos puede servir también como capa drenante ($CBR \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento. Debe cumplir mejor calidad y granulometría que la sub-base y sub-rasante. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”).

4. Capa de base asfáltica:

Según la (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010), es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra.

5. Carpeta Asfáltica:

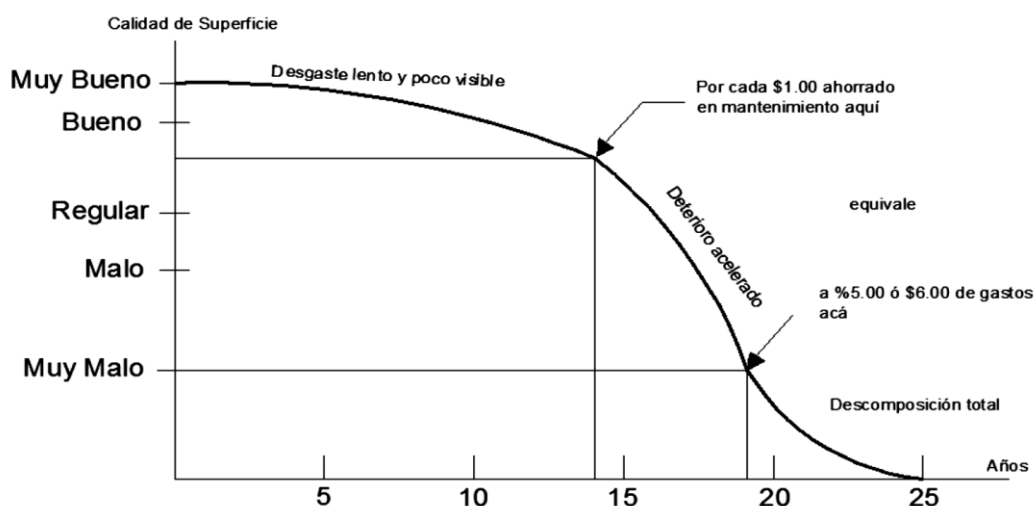
Según (Sánchez, 2012), es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura, colocada sobre la base granular, conforma la parte superficial de la estructura, cumple funciones importantes para el tránsito, su finalidad es sostener directamente el tránsito. De este modo debe cumplir con las exigencias de calidad debido a que debe ofrecer características como fricción, suavidad, control de ruido, drenaje.

6.2 Ciclo de vida de los pavimentos.

Es el tiempo transcurrido entre la construcción denominada año cero y el momento de la rehabilitación del pavimento, sin tener en cuenta un mantenimiento periódico, representar un comportamiento improcedente, la cual es una representación histórica de la calidad del pavimento. Los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las solicitaciones externas como lluvia, tránsito, etc., el efecto que estas producen es permanente y puede resultar un pavimento intransitable. El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total, es por ello que los diseños de pavimentos se ajustan a un periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad, esta proyección es denominada ciclo de vida útil. Considerando cuatro etapas de deterioro del pavimento flexible, siendo: (Chicchón, 2009).

1. Construcción.
2. Deterioro Imperceptible.
3. Deterioro acelerado.
4. Deterioro total.

Imagen: 5 Etapas de deterioro de pavimentos flexibles



Fuente: (Sánchez, 2012).

1. Construcción:

Etapa inicial cuando se haya finalizado la ejecución, el proyecto llega con el cumplimiento de sus especificaciones técnicas de diseño, el estado del pavimento cumple con los estándares de calidad del proyecto, y está apto para brindar serviciabilidad, el costo total generado hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural (Chicchón, 2009).

2. Deterioro Imperceptible:

El pavimento sufre un desgaste progresivo en el transcurso del tiempo, el deterioro en esta etapa ya existe pero es poco visible y no se aprecia a simple vista, generalmente el mayor daño se produce en la superficie de rodadura debido al tránsito, clima, etc. Para disminuir el deterioro se realiza el mantenimiento y conservación, con un valor del 0.4 a 0.6% del costo de construcción variando su estado desde excelente a regular. (Chicchón, 2009).

3. Deterioro acelerado:

Después de varios años, el sistema estructural del pavimento está cada vez más deteriorado, el tránsito se reduce, la capa del pavimento está dañada, las fallas son visibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante rápida, su estado varía desde regular hasta muy pobre (Chicchón, 2009).

4. Deterioro total:

Esta etapa final puede durar varios años y constituye el desgaste completo del pavimento, la transitabilidad es inadecuada y los vehículos empiezan a experimentar daños, costos de operación de los vehículos (Chicchón, 2009).

6.3 Método del PCI para pavimentos flexibles.

El método PCI (*Pavement Condition Index*) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta. Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles. Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03). El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad). Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento, (Norma ASTM D 5340, 1998).

1. Determinación del Índice de condición del pavimento (PCI).

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento. (Norma ASTM D 5340, 1998).

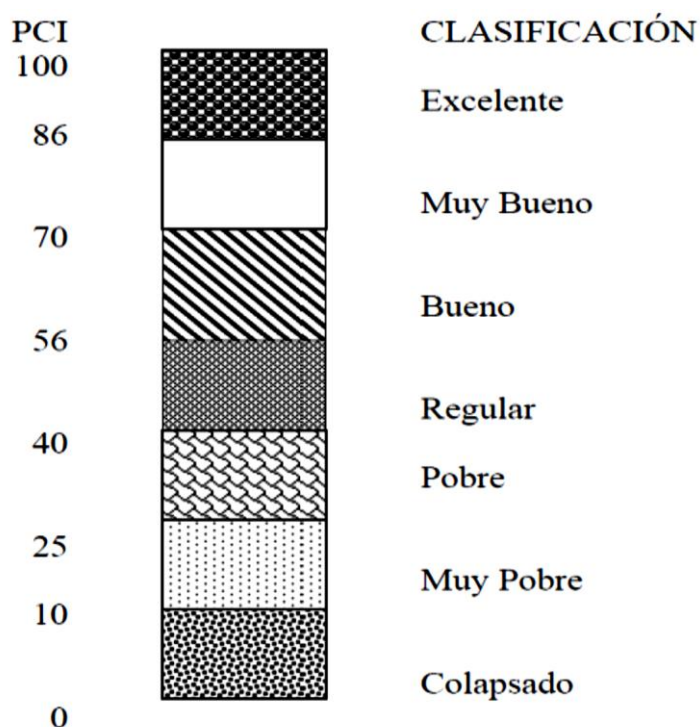
Imagen: 6 Rangos de Clasificación del PCI

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

Fuente: Manual PCI, INGEPAV ingeniería de pavimentos, (Varela, 2002).

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido una problemática debido al gran número de posibles condiciones, para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada daño, el PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual sobre el pavimento en el cual se establecen **clase, severidad y cantidad** del daño presente. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenidos, ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima, (Varela, 2002).

Imagen: 7 Escala de clasificación del pavimento.



Fuente: IASTM 5340-98 Método de Evaluación PCI.

3. Unidades de Muestreo:

Se divide la vía en secciones o “Unidades de Muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura, para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m, el área de la unidad de muestreo debe estar entre el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$, llevando una relación entre el Ancho y su Longitud. Las unidades de muestra a ser inspeccionadas deben ser marcadas con pintura en el borde, de tal forma que permita a los inspectores y al personal de control de calidad ubicarlas fácilmente en la superficie del pavimento. Los esquemas con ubicaciones conectadas a características físicas en el pavimento son aceptables. Todas las unidades de muestra en una sección pueden inspeccionarse para determinar el valor PCI promedio de la sección. El muestreo total es recomendable para el análisis de proyectos en los que se vayan a estimar las cantidades de mantenimiento y reparación necesarias, (Norma ASTM D 5340, 1998).

Tabla 1 Relación Longitudinal – Ancho de Estudio del pavimento

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

Fuente: (Varela, 2002).

4. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

Según: (Varela, 2002), en la evaluación de una red vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo. En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

Ecuación 1

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

Donde:

- **n:** Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
- **N:** Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
- **e:** Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)
- **s:** Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimento de concreto. Si la confianza del 95% es crítica, entonces se debe calcular la desviación estándar real. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse, (Varela, 2002).

5. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

Según: (Varela, 2002), se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar utilizando el muestreo aleatoriedad sistemática: El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2.

Ecuación 2

$$i = N/n$$

Donde:

- **N**: Número total de unidades de muestreo disponible.
- **n**: Número mínimo de unidades para evaluar.
- **i**: Intervalo de muestreo, en caso de decimal se redondea al número entero inferior.

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i , si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S) , $(S + 1)$, $(S + 2)$, etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas, (Varela, 2002).

6. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (como, cruce de línea férrea) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección, (Varela, 2002).

7. Evaluación de la Condición:

Desarrollar un reporte resume para cada sección, el resumen debe incluir la ubicación de la sección, su tamaño, el número total de unidades de muestra, las unidades de muestra inspeccionadas, los valores de PCI obtenidos, el PCI promedio de la sección, y la clasificación de la sección. El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona, debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable. Los inspectores deben determinar los tipos de falla con una certeza del 95%, La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos: (Varela, 2002).

a) Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b) Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía, (Varela, 2002).

8. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los Valores Deducidos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad extraídas del lugar de estudio (campo), (Varela, 2002).

9. Cálculo del PCI para Pavimentos Asfálticos:

Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

Según: (Varela, 2002), el cálculo de los valores deducidos se realiza con lo siguiente:

- **1. a:** Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- **1. b:** Divida la CANTIDAD de cada clase de daño y nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado dentro de la unidad en estudio.
- **1.c:** Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- **2. a:** Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, que se obtiene en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos **2.b.** y **2.c.**
- **2. b:** Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor en un cuadro correspondiente.
- **2. c:** Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3:

Ecuación 3

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

Donde:

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

HDVi: El mayor valor deducido individual de la tabla, para la unidad de muestreo **i**.

- El número de valores individuales deducidos se reduce a **m**, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que **m** se utilizan todos los que se tengan en el registro, (Varela, 2002).

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

Según: (Varela, 2002), el máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso:

- **3. a.** Determine el número de valores deducidos, **q**, mayores que **2.0**.
- **3. b.** Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- **3. c.** Determine el CDV con **q** y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- **3. d.** Reduzca a **2.0** el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que **2.0** y repita las etapas **3.a.** a **3.c.** hasta que **q** sea igual a 1.
- **3. e.** El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapa 4. Según: (Varela, 2002), Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3. Si se tiene un CDV = 60, entonces el PCI sería $100 - 60 = 40$, se obtendría un PCI final de 40.

10. Cálculo del PCI de una sección de pavimento.

Según: (Varela, 2002), una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma: (Varela, 2002).

Ecuación 4

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

- PCIS: PCI de la sección del pavimento.
 - PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.
 - PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.
 - N: Número total de unidades de muestreo en la sección.
 - A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.
- (Varela, 2002).

6.4 Fallas en pavimentos Flexibles.

Las fallas más comunes relacionadas a pavimentos flexibles, están: Las Fisuras, Deformaciones, Deterioro de Capa Estructural, Daños Superficiales, Entre Otros. Estas fallas se identifican de acuerdo a su grado de deterioro:

1. Deterioro Imperceptible.

Cuando un pavimento sufre un deterioro imperceptible en el lapso del tiempo, en esta etapa los desperfectos ya existen, pero son poco visibles y no es observado a simple vista por los usuarios. Habitualmente el mayor daño es producido en la superficie de rodadura, causado por el tránsito y clima. Para reducir el deterioro, es necesario aplicar una serie de medidas de mantenimiento y conservación, para que la vida útil del pavimento no se reduzca drásticamente. El pavimento sigue en perfectas condiciones para los usuarios, el costo del mantenimiento anual esta alrededor del 0.4 a 0.6% del costo de construcción. El estado del camino varía desde excelente a regular. (Palacios & Puma, 2015).

2. Deterioro Acelerado.

Los elementos del pavimento se dañan con mayor rapidez cada vez más deteriorados en menores tiempos, el tránsito se ve limitado. Los daños en la estructura básica del pavimento son a gran escala, esto lo podemos verificar por las fallas perceptibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. La calidad de la vía varía desde regular hasta muy pobre. (Palacios & Puma, 2015).

3. Deterioro Total.

En esta etapa la estructura se ve afectado totalmente, la vía se convierte en trocha, dura un tiempo prolongado y constituye el deterioro completo del asfalto y todas sus capas inferiores, el tránsito se ve afectado y los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes. Los costos de operación de los vehículos aumenta y la vía se hace intransitable para el transporte urbano. Los efectos de factores externos pueden resultar haciendo que un pavimento sea intransitable. Es importante destacar que un pavimento en una condición regular hacia arriba ofrece un servicio aún adecuado para los usuarios. (Palacios & Puma, 2015).

Estas son algunas Acciones a tener en cuenta después de obtener los resultados del estudio del pavimento, de acuerdo al método PCI. Según ASTM 5340-98 método de evaluación del PCI, establece en términos generales el siguiente cuadro.

Imagen: 9 Acciones a tener en cuenta según deterioro, (PCI).

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

Fuente: 2ASTM 5340-98 método de evaluación del PCI.

6.5 Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos.

1. Mantenimiento.

El mantenimiento de los pavimentos, se realiza con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, manteniendo el orden, la circulación y el tránsito; así como uniformizar los criterios de mantenimiento y rehabilitación. Corresponde a los Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales el cumplimiento de las siguientes responsabilidades (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2010).

2. Mantenimiento rutinario.

Requerido de manera continua en todas las vías, como: barrido, limpieza de drenes, cunetas, alcantarillas y señales, entre otros; asimismo actividades de reparación de los pavimentos tales como: bacheo, sellado de fisuras, re-sellado de juntas, entre otros. Norma CE.010 Pavimentos Urbanos.

3. Mantenimiento periódico.

Requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, reposición de losas aisladas, reparación de bermas, repintado y reposición de señales, entre otros. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

4. Mantenimiento de emergencia.

Necesario para hacer frente a problemas que requieren acción urgente, tales como aquellos que ocasionan inseguridad vial a los usuarios, o bloquean una vía (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

5. Mantenimiento preventivo:

Son aquellas actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su deterioro constante, el mantenimiento habitual se ejecuta con regularidad, una o más veces al año, dependiendo de la condición del pavimento y el mantenimiento periódico se realiza cada cierto número de años, periodos de tiempo largos. (Palacios & Puma, 2015).

6. Mantenimiento correctivo:

Radica en actividades realizadas para corregir fallas estructurales del pavimento, renovación completa de una obra de infraestructura vial existente, pudiendo modificarse sus características originales. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

6.5.1 Tareas De Mantenimiento

La (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010). Se refiere a la secuencia de trabajos necesarios para las Actividades de Mantenimiento: - Inventario e Inspección. Es el registro de las características básicas de cada sección de la Red Vial, la exploración del pavimento y la medición de su condición.

- Determinación del tipo de mantenimiento. Es el análisis de las fallas y definición de las actividades de mantenimiento necesarias.
- Estimación de recursos. Es el costo del programa de mantenimiento para definir el presupuesto.
- Identificación de prioridades. Etapa en la que se decide el orden de prelación cuando los recursos son limitados.
- Programa de trabajo y medición del comportamiento. Es la etapa en la que se controla el, trabajo que está siendo ejecutado.
- Monitoreo. Verificación de la calidad y efectividad del trabajo.

El mantenimiento no permite que se deteriore con rapidez, reduciendo la velocidad y aceleración total del deterioro de un pavimento, corrigiendo pequeños desperfectos antes de que ellos se malgasten y lleven a averías mayores. Busca recuperar lo que se ha deteriorado la carpeta asfáltica. Las obras de mantenimiento no son suficientes y se requieren obras de rehabilitación que llevan a un mejoramiento en la condición del pavimento, intentando recuperar sus condiciones iniciales de la vía. En la etapa de mantenimiento se llevan a cabo dos fases, las cuales son: las fases preventivas y correctivas. (Palacios & Puma, 2015).

1. Rehabilitación:

Es el refuerzo estructural del pavimento cuando ha cumplido su Vida de Servicio, hay tres actividades de Mantenimiento, que se clasifican en términos de su frecuencia: (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Tabla 2 Rangos de PCI y Acciones a considerar según los resultados obtenidos de los Pavimentos.

RANGO DE PCI	CATEGORÍA DE ACCIÓN
100 a 85	Mantenimiento Preventivo o Mínimo
85 a 60	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
60 a 40	Mantenimiento Correctivo
40 a 25	Rehabilitación – Refuerzo Estructural
Menor a 25	Rehabilitación – Reconstrucción

Fuente: (Sánchez, 2012).

2. Reposición de pavimentos:

Según (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010) la ejecución de las obras necesarias para devolver al pavimento sus características originales y adecuarlo a su nuevo periodo de servicio. Los pavimentos por reponer deben tener el mismo Número Estructural del pavimento existente. El Expediente Técnico deberá definir los espesores, materiales, procedimiento constructivo, controles y tipos de pavimento por reponer. Las mezclas asfálticas para reposiciones deberán ser preferentemente en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificador. En cualquier caso, la superficie de la reposición deberá quedar enrasada con la superficie del pavimento existente, sin depresiones ni sobre elevaciones.

3. Control de calidad:

Se tomarán las pruebas y se ejecutarán los mismos tipos de ensayos y con las mismas frecuencias indicadas para pavimentos nuevos. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

4. **Serviciabilidad:**

Es la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía. Se mide en una escala de 0 a 5, donde 0 significa intransitable y 5 excelente. • Carreteras terciarias: (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

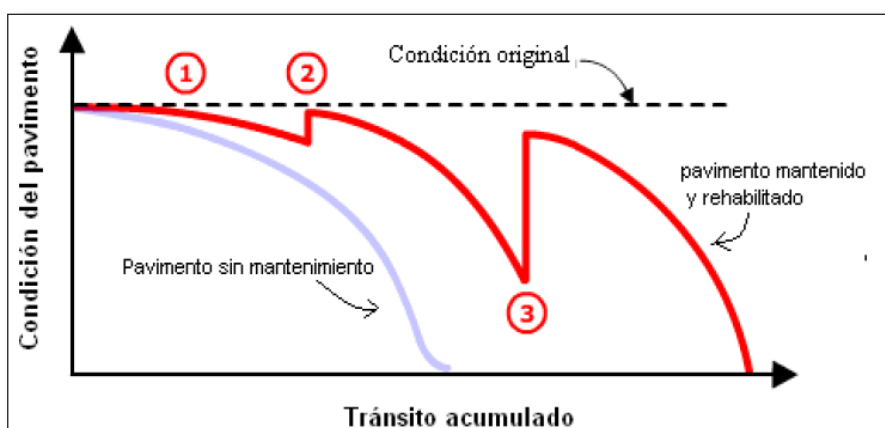
5. **Capacidad de la vía:**

Es el máximo número de vehículos que pueden cruzar una sección o tramo dado de la vía. Depende de sus características geométricas, de la composición y distribución del tráfico y de su entorno. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

6. **Volumen promedio diario (vpd):**

Es el promedio de los vehículos que circulan durante las 24 horas del día. a. Tráfico La evaluación del tráfico se tomó en cuenta para diferenciar las cargas vehiculares, configuraciones de ejes y ruedas y número de cargas de cada tipo de vehículo durante el período de diseño. El daño a la estructura del pavimento debido a las cargas por eje se expresa típicamente como el daño de la carga de un eje estándar (EAL). También está el Tráfico diario promedio de camiones (ADTT), (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Imagen: 10 Comportamiento del Pavimento con Mantenimiento y Rehabilitación



Fuente: (Sánchez, 2012).

6.6 Clasificación de vías urbanas:

Según la (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010). Son los espacios destinados al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano. Según la función que prestan se clasifican en:

1. Vías Expresas,
2. Vías Arteriales,
3. Vías Colectoras
4. Vías Locales y Pasajes.

1. Vías Expresas:

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez alta. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad. Eventualmente, el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en carriles segregados con paraderos en los intercambios. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

2. Vías Arteriales:

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usan para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hace mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios. Las arteriales llevan el tráfico hacia y desde vías expresas y sirven para los movimientos principales dentro y a través de áreas metropolitanas no atendidas por las vías expresas. Las rutas de buses y camiones son usualmente por arteriales. Para propósitos de diseño, se dividen en arteriales mayores y menores, dependiendo del tipo y capacidad del tráfico. Las arteriales menores soportan alrededor de 4000 a 15 000 vpd, Las arteriales mayores soportan alrededor de 4000 a 30 000 vpd, usualmente están sometidas a cargas de camiones más pesados. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

3. Vías Colectoras:

Son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes, el flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. Estas calles recolectan el tráfico de diferentes Vías Locales y pueden tener varios kilómetros de largo, pueden servir como rutas de buses y para el movimiento de camiones. Los volúmenes de tráfico varían de 1000 a 8000 vpd, con aproximadamente 50 a 500 ADTT. Las cargas máximas para estas calles son 116 kN para ejes simples y 196 KN para ejes tándem. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

4. Vías Locales:

Según (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010). “Son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas”, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida, por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras, dentro de esta se encuentra situado el área de investigación, Prolongación Francisco de Zela, distrito de Trujillo.

6.6.1 Clasificación de las calles urbanas

1. Residencial Ligera:

Estas calles no son largas y se encuentran en áreas residenciales. Ellas pueden ser calles sin retorno o con retorno. Sirven para tráficos de aproximadamente 20 ó 30 lotes o casas. Los volúmenes de tráfico son bajos, menores de 200 vehículos por día (vpd), con tráfico diario promedio de camiones (ADTT) de 2 a 4, Las cargas máximas para estas calles son ejes simples de 80 kN y ejes tandem de 160 kN. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

2. Residenciales:

Estas calles soportan tráficos similares a las residenciales ligeras, más algún camión pesado ocasional. Estas calles soportan tráficos que sirven hasta 300 casas, así como para recolectar todo el tráfico residencial ligero dentro del área y distribuirlo en el sistema principal de calles. Los volúmenes de tráfico van de 200 a 1000 vpd. Las cargas máximas para estas calles son de 98 kN para ejes simples y 160 kN para ejes tandem. Dentro de esta clasificación se encuentra ubicado la Prolongación Francisco de Zela, distrito de Trujillo, vía de estudio para esta investigación, (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

3. Comerciales:

Las calles comerciales proporcionan acceso a tiendas y al mismo tiempo sirven al tráfico en la zona comercial. Las calles comerciales están frecuentemente congestionadas y las velocidades son bajas debido a los elevados volúmenes de tráfico, los volúmenes de tráfico promedio varían de 11 000 a 17 000 vpd, con cargas máximas similares a las de las calles colectoras. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

4. Industriales:

Las calles industriales proporcionan acceso a áreas o parques industriales. Los volúmenes totales de (vpd) pueden ser bajos, pero el porcentaje de Tráfico diario promedio de camiones es alto. Los valores típicos de vehículos por día (vpd), están alrededor de 2000 a 4000, con un promedio de 300 a 800 del Tráfico diario promedio de camiones (ADTT). Los volúmenes de camiones no son muy diferentes que los de la clase comercial, (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

6.7 Factores causantes de las fallas en los pavimentos flexibles.

1. Medio Ambiente:

El comportamiento de los pavimentos está significativamente influenciado por dos factores medio ambientales principales, la humedad y la temperatura. En este procedimiento de diseño, los efectos medioambientales se incluyen en la caracterización de la resistencia de la Capa de Sub-rasante y de los materiales de la estructura del pavimento. Las descripciones de la calidad del drenaje y de las condiciones de humedad ayudan a determinar los valores de resistencia de diseño para las Capas de Sub-rasante y de los materiales granulares. Si la acción de congelamiento-deshielo es una consideración, el valor de soporte de la Capa de Sub-rasante se reduce de acuerdo con su categoría de susceptibilidad al congelamiento. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

2. Drenaje:

Las vías y accesos asfálticos deben tener un buen drenaje longitudinal y transversal. El drenaje longitudinal depende del diseño geométrico de la vía. El drenaje transversal se resuelve con un bombeo no menor de 1,5%. De ser necesario, las aguas recolectadas deben conducirse mediante tuberías, cunetas o su drenaje fuera de las vías y accesos. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

3. Volumen de tráfico.

Es el Incremento del Tránsito (IT), debido al aumento normal en el uso de los vehículos, tanto ligeros como pesados, en lo cual se extiende a más de lo esperado, siendo el crecimiento normal del tránsito (CNT), un gran volumen de vehículos en la vía, aumente el grado de deterioro del pavimento, generando mal estado de circulación normal de del tránsito.

7 Definición de términos básicos.

- **ALTERNATIVA:** Posibilidad de elegir entre dos o más cosas, opciones o soluciones diferentes. (Real Academia Española, 2018).
- **FLEXIBLE:** Que tiene disposición para doblarse fácilmente según las circunstancias o necesidades. (Real Academia Española, 2018).
- **FALLAS:** Defecto material de una cosa que disminuye su resistencia. (Real Academia Española, 2018).
- **PAVIMENTOS:** Estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función de permitir el tránsito de vehículos: (Real Academia Española, 2018).
- **SOLUCIÓN:** Acción y efecto de resolver una duda, dificultad o problema, razón con que se desata la dificultad de un argumento. Cada una de las funciones que satisfacen las condiciones de un problema. (Real Academia Española, 2018).
- **SUPERFICIALES:** Pertenecientes a la parte superficial que se quedan en la superficie o relativo a la superficie. (Real Academia Española, 2018).

8 Formalización de Hipótesis.

La situación actual de la Vía, Prolongación Francisco de Zela – Trujillo – la Libertad, se encuentra en un estado apropiado, sin mostrar fallas por su tramo permitiendo buenas condiciones y sirviendo adecuadamente a los usuarios.

Hipótesis General	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	VARIABLES	Unidad de análisis	Dimensiones	El espacio	El tiempo
El estado de los pavimentos flexibles en Prolongación Francisco de Zela – Trujillo – la Libertad, son los más adecuados para el tránsito vehicular, con óptimas condiciones y serviciales.	Alternativas de solución a fallas del pavimento flexible superficial	Superficie del Pavimento flexible	Fallas	Prolongación Francisco de Zela – Trujillo – La Libertad.	2018

9 Línea de Investigación:

La propuesta de investigación se da con la finalidad de mejorar las condiciones de la vía, dando solución a fallas superficiales del pavimento flexible en la Prolongación Francisco de Zela, Distrito de Trujillo, mediante alternativas existentes para solucionar problemas actuales con eficacia innovación, aplicando los principios científicos de ingeniería y cálculo, con materiales tradicionales o tecnológicos que están al alcance de la humanidad.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

1 Material.

- **Hoja de datos de campo:**

Documento donde se registrará toda la información obtenida durante la inspección visual.

- **Odómetro Manual:**

Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, otros.



Fig. 1 Odómetro Manual Fuente: (Varela, 2002)

- **Regla o Cordel.**

Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.



Fig. 2 Regla Métrica Fuente: (Sánchez, 2012)

- **Conos de seguridad vial.**

Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento.



Fig. 3 Conos Fuente: (Pajares, 2014).

- **Wincha métrica.**

Material milimetrado con sistema métrico e inglés, su utilidad se adecua para medir distancias, longitudes pequeñas, entre otros.



- **Plano de Distribución.**

Plano donde se esquematiza la red de pavimento que será evaluada.

- **Pintura.**

Para delimitar la unidad de muestreo.

- **GPS.**

Para determinar las coordenadas de los puntos inicial y final del tramo de estudio.



- **Google Earth.**

Programa satelital para identificar imágenes de mapas del lugar.



- **Cámara fotográfica:**

Con este dispositivo se obtendrán las evidencias necesarias para el desarrollo de la tesis.

- **Material de oficina.**

Una vez recolectado los datos de campo, es llevado a una oficina para continuar con su desarrollo, utilizando una computadora, software de Microsoft office, internet, USB, CD, anillados, entre otros.

2 Material de estudio.

2.1 Población.

Todo el tramo del pavimento asfáltico flexible, desde la cuadra uno hasta la cuadra seis de la vía, para llegar a una conclusión, recomendando las mejores alternativas de solución al problema percibido en la Prolongación Francisco de Zela – Trujillo – la Libertad, 2018.

2.2 Muestra.

La presente investigación utiliza muestras no probabilísticas porque todas las muestras no tienen las mismas operaciones de ser elegidas y es por conveniencia propia, ya que quiero mejorar las condiciones de todo los (7,000 m²) de superficie del pavimento de la prolongación Francisco de Zela del distrito de Trujillo, y así la calidad de vida de la población que habita en su entorno.

1. Localización y Ubicación de la Muestra:

El lugar de estudio es la cuadra 01 – 06, de la Prolongación Francisco de Zela, de la ciudad de Trujillo. Tiene una longitud de Km 1 + 000 m, con un área total de 7000 m², toda la vía consta de dos carriles sin separación central de un solo sentido de tráfico, y un ancho total de 9 metros incluyendo Bermas laterales.

2. Ubicación Política.

Departamento : La Libertad.

Provincia : Trujillo.

Distrito : Trujillo.

Zona : Urbana.

Ubicación : Prolongación Francisco de Zela, Cuadras 01 al 06, Distrito de Trujillo.

Código ubigeo : 1301010001.

Imagen: 11 Mapa Político



Fuente: IGP

Ubicación Geográfica.

Superficie : 39,36 km².

Latitud sur : 8°6'57.56"

Longitud oeste : 79°1'47.93"

Densidad demográfica : 56 hab. /km².

Población Total : 970000 hab. Con una tasa de Crecimiento Anual de: 1,8%.

Altura : 34 msnm.

Imagen: 12 Ubicación de la Muestra



Fuente: Google Earth

3. Datos de la Vía.

Coordenadas UTM.

Coord. UTM.	NORTE	ESTE	COTA
INICIO	9102788.94	717883.36	38.00
FINAL	9102284.91	718546.95	34.00

Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Garmin, Sistemas de coordenadas Geográficas WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984), Huso 17 y Zona L.

4. Características de la vía

Resumen de características de la vía del Jirón Francisco de Zela – Trujillo.	
Numero de Calzadas	02
Ancho de calzada	3.50 m
Ancho de Vereda	1.00 m
Longitud del sector	1000 m.
Velocidad directriz	40km/h

5. Clasificación de la vía.

De acuerdo *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018*, la vía se clasifico en base a la demanda y condiciones orográficas:

De acuerdo a la demanda se puede clasificar como vías urbanas locales residencial ya que tiene un IMDA mayor de 200 veh/día. Según la norma CE. 010: Pavimentos Urbanos.

Por su orografía se clasifica como vía de tipo I (plana), ya que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

Imagen: 13 Ubicación de la vía



Fuente: Google Earth

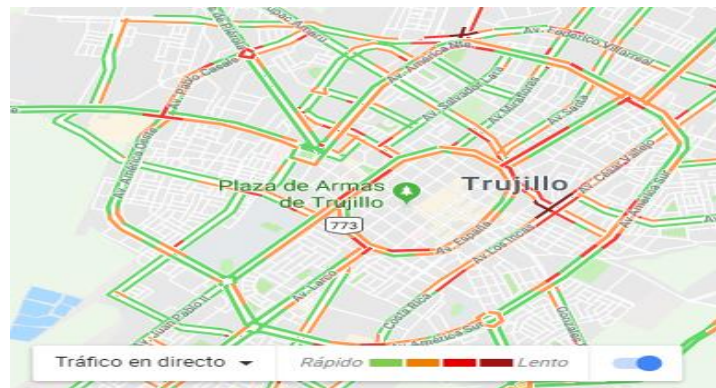
6. Clasificación de la vía, dentro del casco urbano:

La prolongación Francisco de Zela del Distrito y Provincia de Trujillo, se clasifica dentro de las **Vías Locales**, debido a que por ella se circula con el objeto del acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas”. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

7. Tránsito de la Vía local

La información obtenida con relación al conteo vehicular durante la recolección de datos en el lugar fue de 850 vehículos por día, identificando el tipo de vehículo que circulan por la vía en el sector.

Imagen: 14 Trafico del Distrito

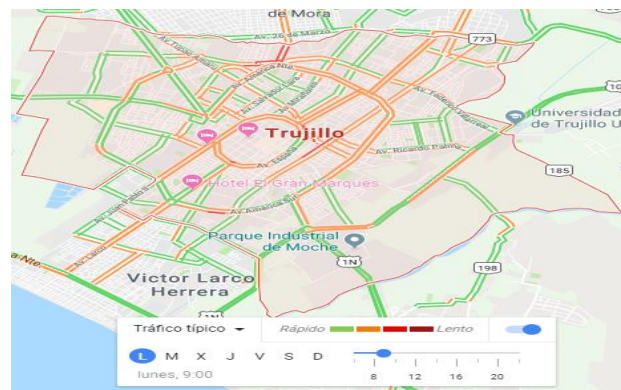


Fuente: Google Earth

- Los volúmenes de vehículos combis presentan el 15 % del Tráfico promedio diario aproximadamente.
- Los volúmenes de autos representan el 50% del tráfico promedio diario.
- Los volúmenes de buses solo representan el 12% del tráfico promedio diario.
- El volumen vehicular de camionetas, su participación es más elevada que el de los buses y representan el 15% del tráfico promedio diario.
- En cuanto a los vehículos pesados camiones, solamente representan el 8 % del tráfico promedio diario.

Finalmente se concluye que el tráfico de la zona residencial tiene mayor proporción de vehículos livianos, la participación de buses y combis refleja la presencia de asentamientos urbanos a sus alrededores, cuya localización y tamaño están asociados al carácter del sector.

Imagen: 15 Trafico Diario

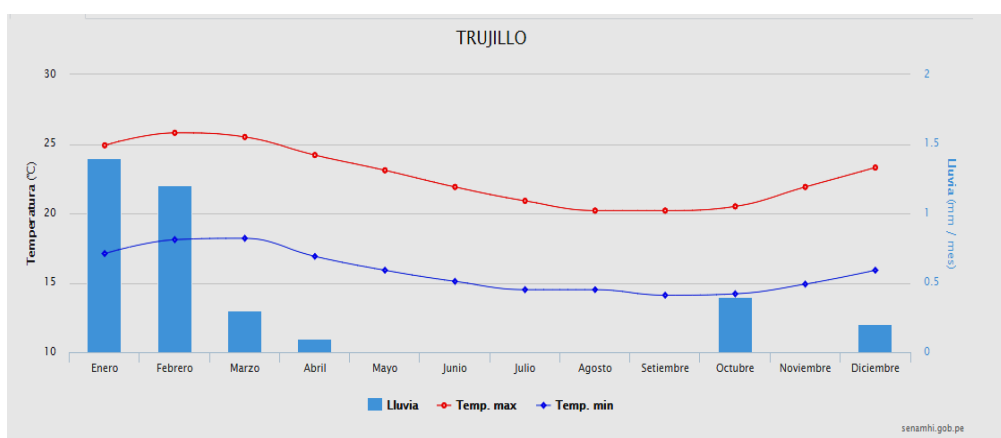


Fuente: Google Earth.

8. Condiciones climáticas:

La zona presenta un clima templado entre los 14°C y los 26°C. De otro lado, la precipitación pluvial es casi nula, el mes con temperatura más alta es febrero (25.8°C); la temperatura más baja se da en el mes de setiembre (14.1°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de enero (1.4 mm/mes), precipitando finas garúas debido a la conocida influencia de las aguas frías marinas que bordean la costa peruana.

Imagen: 16 Clima de Trujillo



Fuente: SENAMI

9. Clasificación de las calles urbanas

En la prolongación Francisco de Zela, las calles se clasifican como **Residenciales**, Estas calles soportan tráficos similares a las residenciales ligeras, más algún camión pesado ocasional. Estas calles soportan tráficos que sirven hasta 300 casas, así como para recolectar todo el tráfico residencial ligero dentro del área y distribuirlo en el sistema principal de calles. Los volúmenes de tráfico van de 200 a 1000 vehículos por día. Las cargas máximas para estas calles son de 98 kN para ejes simples y 160 kN para ejes tandem. (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

3 Técnicas, Procedimientos e Instrumentos.

3.1 Para Recolectar Datos.

Según: (Norma ASTM D 5340, 1998), La técnica utilizada en este trabajo de investigación es la observación, porque es el método fundamental de la obtención de datos de la realidad, es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificado y consignando los datos de acuerdo con algún esquema previsto y de acuerdo al problema que se estudia.

El estudio descriptivo exploratorio para la elaboración del proyecto de investigación se realizará a partir de la recolección de información tanto de fuentes primarias como de fuentes secundarias. Las fuentes primarias utilizadas serán: La observación directa para visualizar el fenómeno y su contexto actual, vía internet. La información suministrada será manejada bajo los parámetros normativos y de carácter científico ingenieril. La información de fuentes secundarias se obtendrá a través de la revisión de textos, artículos y documentos publicados.

Los instrumentos utilizados para la investigación son: el registro de observación, la guía de observación y el diario de campo. Con estos instrumentos ayudarán a identificar las alternativas para dar solución al problema del pavimento flexible.

1. Procedimiento de inspección.

- Se inspeccionó individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
- El registrar del tramo y número de sección así como el número y tipo de unidad de muestra, se elige al azar.
- Se registró el tamaño de unidad de muestra.
- La inspección de las fallas, se realizó midiendo cada nivel de severidad y registrando la información obtenida.
- El método de medición se encuentra detallado en la descripción de cada falla.
- Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

Guía de observación de pavimentos, cuadra n° 1 hasta la cuadra n°6 en la Prolongación Francisco de Zela, Distrito de Trujillo, la Libertad, 2018.

DATOS INFORMATIVOS:

Nombre del investigador: Salinas Ullilen Melqui

Ubicación : Prolongación Francisco de Zela –Trujillo - La Libertad

Fecha de la Observación : Setiembre - 2018

Hora de la observación : 10 – 12 am, 2 – 6 pm

DATOS ESPECÍFICOS DEL DIAGNÓSTICO DE LA VÍA:

1. Tipo de pavimento:

a) Flexible

b) Rígido

2. Tipo de tránsito vehicular:

a) Liviano

b) Pesado

c) Muy pesado

3. Tipo de deterioro:

a) Grietas

b) hundimientos

c) Deformaciones

d) Pérdida de Agregado

e) otros deterioros

4. Nivel de deterioro:

a) Ligero

b) Medio

c) Fuerte

5. Condición del pavimento:

a) Bueno

b) Regular

c) Malo

6. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

a) Enfermedades respiratorias

b) Pérdida de tiempo

c) Accidentes

d) Otros

7. ¿Cuánto afecta los deterioros al tránsito vehicular?:

a) Mucho

b) Medio

c) Poco

8. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

a) Falta de mantenimiento

b) Circulación de vehículos no permitidos

c) Otro

9. Levantamiento de fallas:

Según: (Norma ASTM D 5340, 1998), Para el levantamiento de fallas adecuado, todo el tramo de la vía existente de evaluación, es dividido en secciones o por cuadras. Cada sección debe ser dividida en unidades de muestras, las cuales deben tener áreas de 230 ± 93 m². El área total de la prolongación Francisco de Zela es 7,000 m². De los cuales 1,204 m² corresponden a la sección uno, 1,204 m² corresponden a la sección dos, 1,204 m² corresponden a la sección tres, 1,204 m² corresponde a la sección cuatro, 903 m² corresponden a la sección cinco, y 1,351 m² corresponden a la sección seis. Las secciones se dividen en unidades de muestras con unas áreas iguales.

Se ha realizado el levantamiento de fallas de las unidades de muestreo, por lo cual no tendremos que hacer uso de las fórmulas para hallar el número mínimo de unidades de muestreo, ni el intervalo de muestro, ni desviación estándar, ni muestras adicionales según la teoría descrita anteriormente. Para el levantamiento de fallas se usó todas las indicaciones descritas, llenándose las hojas de registro con los datos recolectados en campo, de todas las unidades de muestreo, en el anexo se encuentran los formatos de hojas de registro con los cuales se realiza el levantamiento de fallas, ya que nos permite de manera ordenada y didáctica registrar la información. Los datos de la hoja de registro fueron realizados en un inicio a mano alzada para luego ser traspasada a un software de Excel.

10. Fallas encontradas en la recolección de datos.

1. Piel de cocodrilo:

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m. (Varela, 2002)

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga). La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento. (Varela, 2002)

Niveles de severidad

Según: (Varela, 2002).

- L (Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas, las grietas no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.
- M (Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.
- H (Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

Medida: Se miden en metros cuadrados de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente, de lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente. (Varela, 2002)

Imagen: 18 Piel de Cocodrilo



2. Peladuras por intemperie y desprendimiento de agregados:

La peladura se da cuando se revela una porción de agregado que se extiende por encima del asfalto. Esto causa déficit en la circulación normal de los vehículos ya que cuando la superficie no es considerablemente lisa la adherencia de los neumáticos es considerablemente reducido. Cuando la porción de agregado que se extiende por encima de la superficie es pequeña no existe gran afectación en la performance de la circulación. (Choque & Soto, 2015).

Imagen: 19 Desprendimiento de Agregados



3. Ahuellamiento:

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento. (Varela, 2002)

Niveles de severidad y Profundidad media del ahuellamiento:

- L: 6.0 a 13.0 mm.
- M: >13.0 mm a 25.0 mm.
- H: > 25.0 mm.

Medida: El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media. (Varela, 2002)

Imagen: 20 Ahuellamiento



4. Grietas longitudinales y transversales:

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga. (Varela, 2002)

Niveles de Severidad

- L: Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, con condición satisfactoria del material llenante.
- M: Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.
- H: Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta, grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.

Medida: Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse. (Varela, 2002).

5. Fisura en bloque:

Serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de unos 30 x 30 cm. a 3 x3 metros. Las posibles causas son la contracción del concreto asfáltico y los ciclos diarios de temperatura (Ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Cabe mencionar que este tipo de fallas no está asociado a las cargas de tránsito que afectan las capas de rodadura. También asociado al envejecimiento del asfalto. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento. Su nivel de severidad puede ser:

- Baja: Definidos por fisuras de baja severidad. Fisuras de ancho menor a 10 mm, espaciadas entre sí pero interconectadas.
- Medio: Definidos por fisuras de mediada severidad. Las grietas interconectadas con anchos entre 10 y 25 mm.
- Alta: Definidos por fisuras de alta severidad. Grietas múltiples interconectadas de anchos mayores a 25 mm.

Medida: El agrietamiento en bloque se mide en metros cuadrados de área afectada. Sin en cualquier área de la sección de pavimento se identifican distintos niveles de severidad de este tipo de falla deberán delimitarse para poder medirse por separado (Palacios & Puma, 2015).

Imagen: 21 Fisura de Bloque



6. Fisuras de flexión:

Son grietas transversales y longitudinales producidas por la reflexión de las juntas del pavimento rígido a la superficie del pavimento asfáltico. Las fisuras por reflexión de juntas son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto por debajo de la superficie asfáltica, ante los cambios térmicos y de humedad, sin relacionarse con las carga de tránsito a la que son sometidos. Sus niveles de severidad se clasifican en:

- Baja: Fisuras sin sellar, ancho promedio menor a 10mm, fisuras selladas, de cualquier ancho, con sello satisfactorio. No provocan golpeteo cuando se circula en vehículo.
- Medio: Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm; b) fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras de baja severidad; c) fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras de baja severidad.
- Alto: Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura con o sin relleno rodeada de fisuras de mediana o alta severidad; b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75 mm; c) fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado.

Medida: Se mide en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Las opciones de reparación para el nivel de severidad leve es el sellado, para el nivel moderado es sellado de grietas y parche. Por ultimo para el nivel severo es realizar parche o reconstrucción de la junta. (Palacios & Puma, 2015).

7. Grieta de borde:

Según (Palacios & Puma, 2015), Las grietas de borde son paralelas y están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde del pavimento. Se acelera por las cargas de tránsito y se puede originar por debilitamiento de la base o sub-rasante próxima al borde del pavimento (Falta de confinamiento o compactación de las capas inferiores a la de rodadura) y por condiciones climáticas (Drenaje inadecuado). Su severidad se clasifica:

- Baja: Se da un bajo o mediano agrietamiento sin fragmentación o desprendimiento
- Medio: Se da un bajo o mediano agrietamiento sin fragmentación o desprendimiento
- Alto: Existe una desintegración considerable a lo largo del borde

Medida: La grieta de borde se mide en metros lineales En nivel de severidad leve no se hace nada o se aplica sellado de grietas. Para el nivel moderado se realiza sellado de grietas y parche. Para el nivel severo se realiza parche.

Imagen: 22 Grietas



8. Fisura parabólica:

Según (Palacios & Puma, 2015), Son grietas en forma de media luna creciente. Producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento, con Nivel de severidad:

- Baja: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.
- Medio: Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 40.0 mm. O el área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.
- Alto: Ancho promedio de la grieta mayor que 40.0 mm. O el área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida: El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados y se califica según la severidad más alta presente en la misma Este tipo de falla se puede reparar realizando parches. En el caso del nivel de severidad leve se pueden dejar tal como están.

Imagen: 23 Fisuras Parabólicas



9. Abultamientos y hundimientos:

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, como la Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” hinchamiento. (Varela, 2002)

Niveles de severidad

- L: Originan una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Originan una calidad de tránsito de severidad media.
- H: Originan una calidad de tránsito de severidad alta.

Medida: Se miden metros lineales. Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra. (Varela, 2002).

Imagen: 24 Hundimientos



10. Corrugación:

Según (Palacios & Puma, 2015), La corrugación o lavadero es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito zonas de aceleración y frenado, combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación. Niveles de severidad:

- Baja: Producen una calidad de tránsito de baja severidad
- Medio: Producen una calidad de tránsito de media severidad
- Alto: Producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Como medidas de reparación se realiza reconstrucción para el caso moderado y severo. El nivel de severidad leve se puede dejar sin hacer nada.

Imagen: 25 Corrugación



11. Parches y cortes utilitarios:

Según (Palacios & Puma, 2015), Es un área del pavimento, que por encontrarse en mal estado, ha sido reemplazada con material nuevo. Los parches también se generan por cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares. Es importante mencionar que la utilización de parches disminuye el nivel de servicio de la vía; niveles de severidad:

- Leve: El parche está en buena condición severidad baja.
- Medio: El parche está moderadamente deteriorado
- Alto: El parche está muy deteriorado o tránsito severo, requiere sustitución.

Se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada, ningún otro daño se registra dentro de un parche y si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento. Básicamente el método de reparación de parches es el reemplazo. Para el caso de nivel de severidad leve se puede obviar.

Imagen: 26 Parches



12. Desplazamiento:

Según (Palacios & Puma, 2015), Corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada producido por las cargas del tránsito. El tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Sólo ocurre en mezclas de asfalto líquido inestables. También ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento portland. Con severidad

- Leve: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.
- Medio: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- Alto: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches. Las opciones de reparación son el fresado, parches. Para el caso de nivel de severidad se puede dejar sin hacer nada.

13. Hinchamiento:

Según (Palacios & Puma, 2015), Se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la sub-rasante o por suelos potencialmente expansivos. Con severidad:

- Leve: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.
- Medio: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- Alto: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada. Se puede dejar sin hacer nada para el nivel de severidad leve y moderada. Asimismo para este último nivel y el severo se puede aplicar reconstrucción.

14. Desprendimientos huecos o baches:

Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. También porque la estructura es insuficiente para las sollicitaciones de cargas de tránsito. (Palacios & Puma, 2015).

La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la sub-rasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en metros cuadrados y dividirla entre (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta. Se miden contándolos según la severidad y registrándolos separadamente. También se puede medir por metro cuadrado, separándolos nivel de severidad. Para reparar los huecos utilizan en su mayoría los parche parcial o profundo, los considerados en nivel de severidad leve se puede dejar sin hacer nada, aunque lo ideal es repararlo para evitar que los huecos incrementen su severidad generando mayores costos de reparación. Los huecos son unas de las fallas que deben ser atendidas rápidamente. (Varela, 2002)

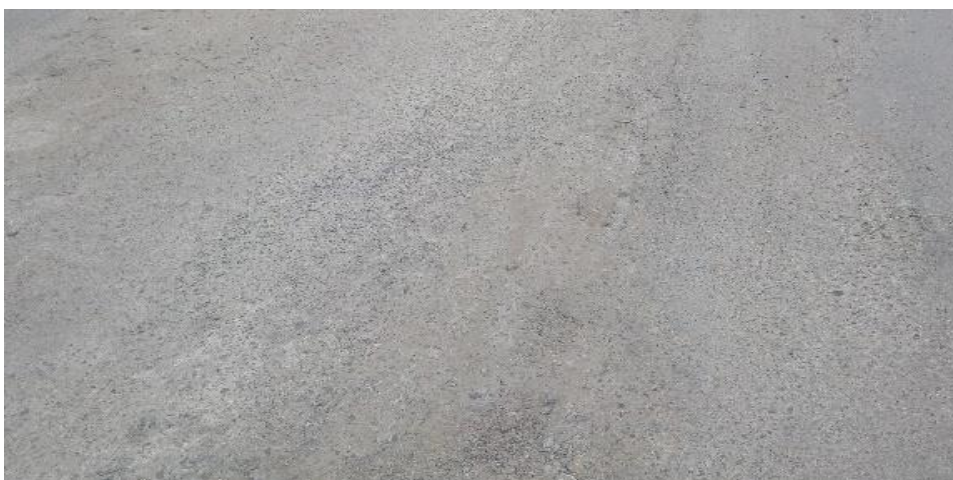
Tabla 3 Nivel de Severidad de Baches

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

15. Agregados Pulidos:

El agregado pulido es la pérdida de resistencia al deslizamiento del pavimento, que ocurre cuando los agregados en la superficie se desgastan. Generalmente se produce por repeticiones de cargas de tránsito e insuficiente porción de agregado extendida sobre el asfalto, medida en Metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta las siguientes opciones de reparación, tratamiento superficial, sobre-carpeta, fresado. (Palacios & Puma, 2015).

Imagen: 27 Agregados



16. Desprendimiento de agregados.

EL desprendimiento es la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento. (Varela, 2002)

Niveles de severidad

Según: (Varela, 2002).

- L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.
- M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.
- H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Medida: La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.

Imagen: 28 Desprendimiento de agregados



Tabla 4 Resumen de fallas identificadas. Campo

NOMBRE DE LA VIA: PROLONGACION FRANCISCO DE ZELA				L: LEVE	
EJECUTOR: MELQUI SALINAS ULLILEN				M: MODERADO	
AREA (m2) 7,000.00 m2				S: SEVERO	
FECHA				oct-18	
TOMA DE MUESTRAS - CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 06 - TODO EL TRAMO					
TIPOS DE FALLAS	Cantidad m2			TOTAL (m2)	N° Fallas
	Leve	Moderado	Severo		
Piel de cocodrillo	254.00	183.00	75.00		33
Fisuras en bloque	60.00	48.00	45.00		24
Abultamiento y hundimiento.	80.00	62.00	48.00		21
Fisura de borde	180.00	132.00	82.00		18
Huecos	157.00	123.00	70.00		35
Desnivel carril - berma	85.00	67.00	53.00		10
Fisuras longitudinales y transversales.	124.00	81.00	64.00		27
Parches y cortes utilitarios	128.00	112.00	73.00		45
Agregado pulido Baches	80.00	71.00	49.00		32
Ahuellamiento	90.00	87.00	55.00		14
Desplazamiento	30.00	20.00	12.00		12
Hinchamiento	35.00	26.00	16.00		10
Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados	246.00	207.00	126.00		46
Total					

3.2 Para Procesar Datos.

Para este proyecto se va utilizar el método de la estadística descriptiva, porque podemos:

Según: (Varela, 2002).

- Organizar la información
- Sintetizar la información
- Ver sus características más relevantes
- Recolección de datos en el terreno que son llevados al gabinete para un manejo más fácil de los datos y así resumir en términos generales la información que se busca.
- Graficas de distribución y frecuencias
- Medidas de variabilidad (Varianza, Desviación Estándar)

Tabla 5 Hoja de Excel, Diseño de Calculo

METODO PCI							SEVERIDAD : L: BAJA M: MEDIA H: ALTA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD					Est. Inicial:	0+000	Est.final:	1+000	Unidad de muestra: U-01 - U-23		
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 01 - 06	Area:	7000.00		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabolica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos				10. Fisuras longitudinales ytransversales					
3. Fisuras en bloque	14. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo					
13. Baches	15. Desplazamiento	8. Fisura de reflexion de junta				desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
N°	Valor Deducido					m=	Total	q	CDV		
1								6		Max CDV =	
2								5		PCI =	
3								4		Rating =	
4								3			
5								2			
6								1			

1. Procedimiento del Cálculo del PCI de la unidad de muestra y sección:

Primera etapa:

Según: (Varela, 2002).

- 1.- Se tomó medidas de las secciones de todo el tramo en estudio y de acuerdo a las características de la vía, se obtuvo un promedio de 7.00 m. para que las áreas de las muestras estén dentro de los 230 +/- 90 m², como recomienda la norma.
- 2.- La longitud de la unidad de la muestra con la que se trabajó fue de 31 m, pero se optó por 43 metros lineales, con la finalidad de no acercarme más al máximo de 230 +/- 90 m².
- 3.- En campo esta longitud de unidad nos determinó el número total de unidades de muestreo de todo el tramo de pavimento flexible. Obtuvimos 23 unidades de muestreo como se muestra en la fórmula.
- 4.- Se determinó las unidades de muestreo para la evaluación con la siguiente fórmula:

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

Reemplazando datos, Tenemos; asumimos una desviación Estándar de 10.

$$n = \frac{23 \times 10^2}{\frac{0.05^2}{4} \times (23 - 1) + 10^2} = 22.99$$

- 5.- Selección de las unidades de muestreo para inspección, se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas y que la primera de ellas se elija al azar. Esta técnica se la conoce como “sistema aleatorio” descrito en los siguientes tres pasos:

a. El intervalo de muestreo (i), es determinado por:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Entonces} \quad i = \frac{23}{22.99} = 1$$

i = 1, entonces nuestra unidad de muestreo será la primera.

b. Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como “s”, “s + i”, “s + 2 i”, etc. Por lo tanto, se inspeccionarán las **23** unidades de muestreo.

Segunda Etapa:

Se inspeccionó cada una de las unidades de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños. Luego se procesó la información en tablas de Excel con el siguiente procedimiento: Según (Varela, 2002).

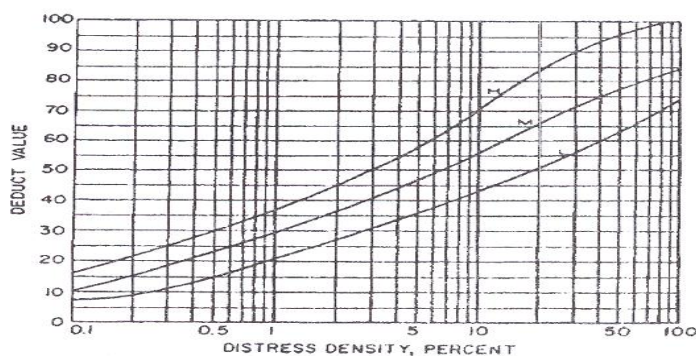
- Totalizamos las fallas según su tipo y severidad, luego se suman los metrados de cada falla ubicados en el área de **Cantidad** y denominamos el **TOTAL**.

Tabla 6 *Calculo de muestra*

METODO PCI				SEVERIDAD : L: BAJA M: MEDIA H: ALTA		ESQUEMA	
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							
HOJA DE REGISTRO							
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD		Est. Inicial:	0+00	Est.final:	0+043	Unidad de muestra: U-01	
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen		Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 01		Area:	301.27
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por desplazamiento				
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos	17. Fisuras longitudinales y transversales				
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos	18. Peladura por intemperismo				
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexion de junta	desprendimiento de agregados				
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Alta		1.2		1.2	0.40%	21
3	Alta		191.9		191.9	63.7%	62.61
11	Media	2.9	1.6		4.5	1.49%	12.21

- Para calcular la **Densidad**, dividiendo el **total del metrado de fallas** entre el **área de la muestra**, y multiplicando por **100** para su expresión en porcentaje: $(1.2 / 301.27) \times 100 = 0.40 \%$, así para cada falla.
- Usando las tablas de gráficos según **falla** y **severidad**, realizamos la interpolación para hallar el valor deducido de cada **densidad**: con 0.40 % de **densidad** y la línea de severidad **Alta (H)**, tendremos un valor deducido de 21 aprox. Así para cada falla.

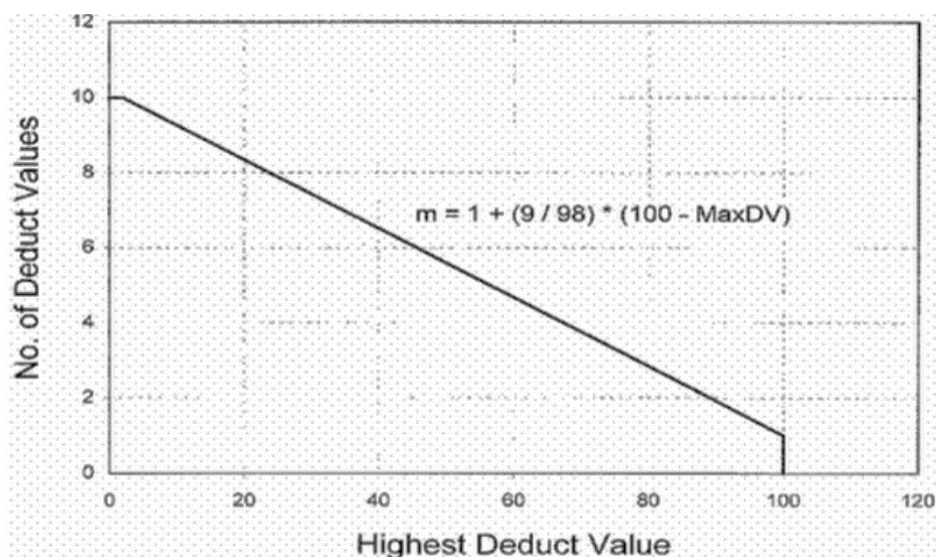
Fig. 4 *Grafico de Falla Piel de Cocodrilo*



Fuente: Manual PCI NORMA ASTM D 5340.

- Calculamos el valor de: $mi = 1 + \frac{9}{98}(100 - HVDi)$; donde HVDi es el **valor máximo deducido** de toda la unidad de muestra. Siendo, $mi = 1 + \frac{9}{98}(100 - 62.61) = 4.43$

Tabla 7 Cálculo del Valor Máximo Deducido.



Fuente: Manual PCI Norma ASTM D 5340

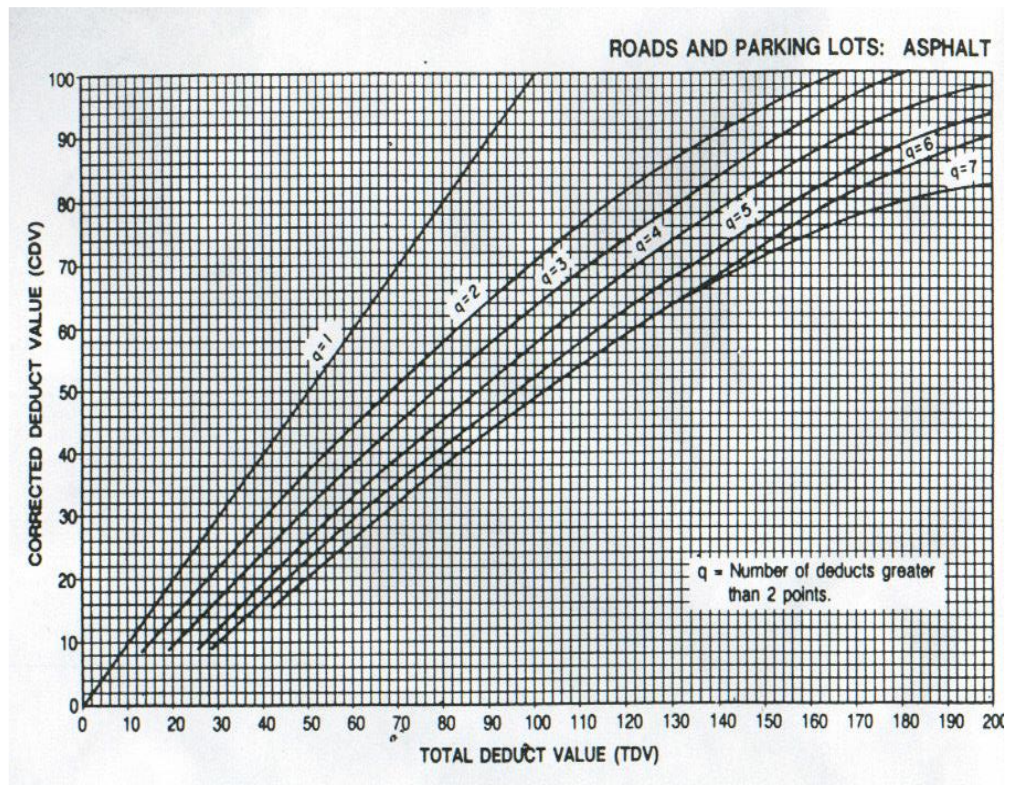
- En tablas ordenamos los valores deducidos de mayor a menor, totalizamos cada fila y determinamos el valor “q” correspondiente.

Tabla 8 Cálculo de CDV

N°	Valor Deducido	m= 4.43	Total	q	CDV
1	62.61	21	12.21	3	61
2	62.61	21	2	2	62
3	62.61	2	2	1	67

- Calculamos el valor deducido corregido (CDV) usando la gráfica de valores deducidos corregidos intersectando el **total** con el valor “q”. así para cada uno.

Fig. 5 Cálculos de Valores Deducidos de q



Fuente: Manual PCI Norma ASTM D 5340

- Finalmente calculamos el PCI de la muestra restando el máximo valor deducido corregido de 100: entonces $100 - 67 = 33$. PCI **Malo**, según la tabla.

Tabla 9 Rango de Clasificación PCI

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

2. Proceso de datos obtenidos de campo.

Unidad de muestra U-01, Sección Cuadra 01

La unidad de muestra U-01 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra son:

- Piel de cocodrilo con severidad **Alta**,
- Fisuras de bloques con una severidad **Alta**.
- Parches de cortes utilitarios con una severidad **Media**,

Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido** de **67**, dándonos un valor de PCI de **33**, lo cual indica que existe un pavimento **Malo**.

METODO PCI				SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES				M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO				H: ALTA				
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD			Est. Inicial:	0+00	Est. final:	0+043	Unidad de muestra: U-01	
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen			Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 01	Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos	17. Fisuras longitudinales ytransversales					
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos	18. Peladura por intemperismo					
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexion de junta	desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Alta		1.2			1.2	0.40%	21
3	Alta		191.9			191.9	63.7%	62.61
11	Media	2.9	1.6			4.5	1.49%	12.21
N°	Valor Deducido	m= 4.43	Total	q	CDV			
1	62.61	21	12.21	95.82	3	61	Max CDV =	67
2	62.61	21	2	85.61	2	62	PCI =	33
3	62.61	2	2	66.61	1	67	Rating =	Malo

Unidad de muestra U-02, Sección Cuadra 01

La unidad de muestra U-02 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra son: Piel de cocodrilo con severidad **Alta**, Fisuras de bloques con una severidad **Alta y Media**, Parches de cortes utilitarios con una severidad **Media**, y Peladuras desprendimiento de agregados en severidad **Baja y Media**. Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 75**, dándonos un valor de PCI de **25**, lo cual indica que existe un pavimento **Muy Malo**.

METODO PCI						SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES						M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO						H: ALTA				
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD				Est. Inicial: 0+043	Est.final: 0+086	Unidad de muestra: U-02				
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen				Fecha: Oct. 2018	Seccion: cuadra 01	Area:	301.27			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabolica o por desplazamiento						
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregados de pulidos		17. Fisuras longitudinales y transversales						
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos		18. Peladura por intemperismo						
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexion de junta		desprendimiento de agregados						
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
3	Alta	32.2				32.20	10.69%	30.20		
3	Media	255.41				255.41	84.78%	40.60		
1	Alta	1.3	2.1	3.8	3.6	10.80	3.58%	48.11		
11	Media	1.5	0.38			1.88	0.62%	7.50		
18	Baja	0.2				0.20	0.07%	0.00		
18	Media	0.4				0.40	0.13%	4.79		
N°	Valor Deducido m= 5.77					Total	q	CDV		
1	48.11	40.60	30.22	7.50	4.79	131.22	5	68	Max CDV =	75
2	48.00	41.00	30.00	15.20	2.00	136.20	4	75	PCI =	25
3	48.00	41.00	30.00	2.00	2.00	123.00	3	75	Rating =	Muy Malo
4	48.00	41.00	2.00	2.00	2.00	95.00	2	67		
5	48.00	2.00	2.00	2.00	2.00	56.00	1	56		

Unidad de muestra U-03, Sección Cuadra 01

La unidad de muestra U-03 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra son: Piel de cocodrilo con severidad **Alta, Media y Baja**, Fisuras de bloques con una severidad **Alta y Alto**, Parches de cortes utilitarios con una severidad **Media**, y Agregados de Pulidos con una severidad **Media**. Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 68**, dándonos un valor de PCI de **32**, lo cual indica que existe un pavimento **Malo**.

METODO PCI						SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES						M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO						H: ALTA				
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD				Est. Inicial:	0+086	Est.final:	0+129	Unidad de muestra: U-03		
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen				Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 01		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabolica o por desplazamiento						
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregados de pulidos		17. Fisuras longitudinales ytransversales						
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos		18. Peladura por intemperismo						
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexion de junta		desprendimiento de agregados						
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Baja	0.5				0.50	0.17%	4.07		
1	Media	2.1	1.4			3.50	1.16%	22.48		
1	Alto	0.7				0.70	0.23%	16.75		
3	Media	84.37				84.37	28.00%	26.60		
3	Alto	118.8				118.80	39.43%	52.66		
11	Media	4.5	0.38			4.88	1.62%	12.79		
12	Media	0.7				0.70	0.23%	0.00		
N°	Valor Deducido m= 5.35					Total	q	CDV		
1	52.66	26.60	22.48	16.75	12.79	131.28	5	68	Max CDV =	68
2	52.66	26.60	22.48	16.75	2.00	120.49	4	68	PCI =	32
3	52.66	26.60	22.48	2.00	2.00	105.74	3	68	Rating =	Malo
4	52.66	26.60	2.00	2.00	2.00	85.26	2	62		
5	52.66	2.00	2.00	2.00	2.00	60.66	1	62		

Unidad de muestra U-04, Sección Cuadra 01

La unidad de muestra U-04 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra son: Fisuras de bloques con una severidad **Baja y Media** y Parches de cortes utilitarios con una severidad **Media**, Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 41**, dándonos un valor de PCI de **59**, lo cual indica que existe un pavimento **Bueno**.

METODO PCI						SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES						M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO						H: ALTA				
Nombre de la via: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD				Est. Inicial:	0+129	Est.final:	0+172	Unidad de muestra: U-04		
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen				Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 01		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por desplazamiento						
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos		17. Fisuras longitudinales y transversales						
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos		18. Peladura por intemperismo						
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexión de junta		desprendimiento de agregados						
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
3	Baja	175.59					175.59	58.28%	21.66	
3	Media	121.95					121.95	40.48%	30.47	
11	Media	1.7	0.38	0.38	0.38	0.38	3.22	1.07%	10.36	
N°	Valor Deducido m= 7.39				Total	q	CDV			
1	30.47	21.66	10.36		62.49	3	41	Max CDV =	41	
2	30.47	21.66	2.00		54.13	2	41	PCI =	59	
3	30.47	2.00	2.00		34.47	1	34	Rating =	Bueno	

Unidad de muestra U-05, Sección Cuadra 02

La unidad de muestra U-05 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra son: Piel de cocodrilo con severidad **Alta y Baja**, Fisuras de bloques con una severidad **Media**, Parches de cortes utilitarios con una severidad **Media**, y fisuras longitudinales y transversales con severidad **Baja y Media**. Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 48**, dándonos un valor de PCI de **52**, lo cual indica que existe un pavimento **Regular**.

METODO PCI						SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES						M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO						H: ALTA				
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD				Est. Inicial:	0+172	Est.final:	0+215	Unidad de muestra: U-05		
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen				Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 02		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabolica o por desplazamiento						
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos		17. Fisuras longitudinales y transversales						
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos		18. Peladura por intemperismo						
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexion de junta		desprendimiento de agregados						
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Baja	0.1				0.10	0.03%	0.00		
1	Alta	2.4				2.40	0.80%	27.40		
3	Media	51.83	70.87			122.70	40.73%	30.54		
17	Baja	12				12.00	3.98%	2.97		
17	Media	12				12.00	3.98%	9.96		
11	Media	0.38				0.38	0.13%	3.30		
N°	Valor Deducido m= 7.38					Total	q	CDV		
1	30.54	27.40	9.96	3.20	2.97	74.07	5	38	Max CDV =	48
2	30.54	27.40	9.96	3.20	2.00	73.10	4	40	PCI =	52
3	30.54	27.40	9.96	2.00	2.00	71.90	3	47	Rating =	Regular
4	30.54	27.40	2.00	2.00	2.00	63.94	2	48		
5	30.54	2.00	2.00	2.00	2.00	38.54	1	39		

Unidad de muestra U-07, Sección Cuadra 02

La unidad de muestra U-07 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra se registran en el cuadro siguiente, Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 32**, dándonos un valor de PCI de **68**, lo cual indica que existe un pavimento **Bueno**.

METODO PCI							SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO							H: ALTA				
Nombre de la vía:					Est. Inicial:		Est. final:		Unidad de muestra:		
PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD					0+258		0+301		U-07		
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 02		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabolica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos				17. Fisuras longitudinales y transversales					
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo					
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexión de junta				desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Baja	1.6	1.9				3.50	#DIV/0!	11.20		
1	Media	1.1					1.10	0.37%	13.68		
3	Baja	14.32					14.32	4.75%	4.96		
17	Media	4.5	1..5				4.50	1.49%	13.45		
11	Baja	2.1	1.6	0.6			4.30	1.43%	3.20		
11	Media	3.2	3.84				7.04	2.34%	15.69		
N°	Valor Deducido m= 8.74						Total	q	CDV		
1	15.69	13.68	13.45	11.20	4.96	3.20	58.98	6	27	Max CDV =	32
2	15.69	13.68	13.45	11.20	4.96	2.00	58.98	5	30	PCI =	68
3	15.69	13.68	13.45	11.20	2.00	2.00	56.02	4	31	Rating =	Bueno
4	15.69	13.68	13.45	2.00	2.00	2.00	46.82	3	32		
5	15.69	13.68	2.00	2.00	2.00	2.00	35.37	2	28		
6	15.69	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	23.69	1	26		

Unidad de muestra U-10, Sección Cuadra 03

La unidad de muestra U-10 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra se registran en el cuadro siguiente, Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 64**, dándonos un valor de PCI de **36**, lo cual indica que existe un pavimento **Malo**.

METODO PCI							SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO							H: ALTA				
Nombre de la via:					Est. Inicial:	Est. final:	Unidad de muestra:				
PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD					0+387	0+430	U-10				
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 03		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabolica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos				17. Fisuras longitudinales y transversales					
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo					
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexión de junta				desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
3	Baja	170.45					170.45	56.58%	21.32		
3	Media	54.62					54.62	18.13%	21.84		
17	Baja	2.1					2.10	0.70%	0.00		
11	Media	5.4	0.38				5.78	1.92%	14.14		
8	Baja	1.4					1.40	0.46%	10.50		
8	Alta	3.2					3.20	1.06%	52.90		
18	Baja	2.69	2.8				5.49	1.82%	2.25		
N°	Valor Deducido m= 5.33						Total	q	CDV		
1	52.90	21.84	21.32	14.14	10.50	0.74	120.70	5	63	Max CDV =	64
2	52.90	21.84	21.32	14.14	2.00	0.74	112.20	4	63	PCI =	36
3	52.90	21.84	21.32	2.00	2.00	0.74	100.06	3	64	Rating =	Malo
4	52.90	21.84	2.00	2.00	2.00	0.74	80.74	2	59		
5	52.90	2.00	2.00	2.00	2.00	0.74	60.90	1	62		

Unidad de muestra U-11, Sección Cuadra 03

La unidad de muestra U-11 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra se registran en el cuadro siguiente, Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 45**, dándonos un valor de PCI de **55**, lo cual indica que existe un pavimento **Regular**.

METODO PCI							SEVERIDAD: L: BAJA		ESQUEMA	
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							M: MEDIA			
HOJA DE REGISTRO							H: ALTA			
Nombre de la vía:					Est. Inicial:	Est. final:	Unidad de muestra:			
PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD					0+430	0+473	U-11			
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 03		Area:	301.27
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabolica o por desplazamiento				
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregados de pulidos				17. Fisuras longitudinales y transversales				
3. Fisuras en bloque	8. Ahuellamiento	13. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo				
4. Baches	9. Desplazamiento	14. Fisura de reflexión de junta				desprendimiento de agregados				
5. Corrugacion	10. Hinchamiento	15. Desnivel carril-berma								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
3	Media	298.4					298.40	99.05%	42.38	
8	Baja	0.4					0.40	0.13%	0.80	
18	Media	4	0.6	1			5.60	1.86%	9.85	
N°	Valor Deducido m= 6.29					Total	q	CDV		
1	42.38	9.85	0.80			53.03	2	40	Max CDV =	45
2	42.38	2.00	0.80			45.18	1	45	PCI =	55
									Rating =	Regular

Unidad de muestra U-13, Sección Cuadra 04

La unidad de muestra U-13 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra se registran en el cuadro siguiente, Siguiendo el procedimiento y los pasos de calculo del indice de condicion del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 68**, dándonos un valor de PCI de **32**, lo cual indica que existe un pavimento **Malo**.

METODO PCI							SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO							H: ALTA				
Nombre de la via: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO - LA LIBERTAD					Est. Inicial:	0+516	Est. final:	0+559	Unidad de muestra: U-13		
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 03		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabolica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos				10. Fisuras longitudinales y transversales					
3. Fisuras en bloque	14. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo					
13. Baches	15. Desplazamiento	8. Fisura de reflexion de junta				desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
3	Media	32.1	17.2	22.1			71.40	23.70%	24.67		
10	Media	6	5	2.37	4.53		17.90	5.94%	12.68		
11	Media	0.38	24.6	3	3.8	2,8	31.78	10.55%	32.48		
13	Baja	9					9.00	2.99%	35.43		
13	Media	1.8					1.80	0.60%	22.50		
14	Media	1.7					1.70	0.56%	13.23		
N°	Valor Deducido m= 6.93						Total	q	CDV		
1	35.42	32.48	24.67	22.50	13.23	12.68	128.30	6	68	Max CDV =	68
2	35.42	32.48	24.67	22.50	13.23	2.00	128.30	5	67	PCI =	32
3	35.42	32.48	24.67	22.50	2.00	2.00	117.07	4	65	Rating =	Malo
4	35.42	32.48	24.67	2.00	2.00	2.00	96.57	3	63		
5	35.42	32.48	2.00	2.00	2.00	2.00	73.90	2	56		
6	35.42	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	43.42	1	45		

Unidad de muestra U-18, Sección Cuadra 05

La unidad de muestra U-18 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra se registran en el cuadro siguiente, Siguiendo el procedimiento y los pasos de cálculo del índice de condición del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 48**, dándonos un valor de PCI de **52**, lo cual indica que existe un pavimento **Regular**.

METODO PCI							SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA	
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							M: MEDIA			
HOJA DE REGISTRO							H: ALTA			
Nombre de la vía:					Est. Inicial:		Est. final:		Unidad de muestra:	
PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD						0+731		0+774	U-18	
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 05		Area:	301.27
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabolica o por desplazamiento				
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos				10. Fisuras longitudinales y transversales				
3. Fisuras en bloque	14. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo				
13. Baches	15. Desplazamiento	8. Fisura de reflexión de junta				desprendimiento de agregados				
5. Corrugacion	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
3	Media	18.2					18.20	6.04%	12.75	
3	Alta	2.1					2.10	0.70%	6.75	
11	Media	15	3.1	2.6	2.6	3.2	2.7	29.20	9.69%	31.50
13	Media	0.3	1.9					2.20	0.73%	25.60
18	Media	12.8						12.80	4.25%	12.58
N°	Valor Deducido m= 7.29					Total	q	CDV		
1	31.50	25.60	12.75	12.58	6.75	89.18	5	47	Max CDV =	48
2	31.50	25.60	12.75	12.58	2.00	84.43	4	47	PCI =	52
3	31.50	25.60	12.75	2.00	2.00	73.85	3	48	Rating =	Regular
4	31.50	25.60	2.00	2.00	2.00	63.10	2	47		
5	31.50	2.00	2.00	2.00	2.00	39.50	1	40		

Unidad de muestra U-19, Sección Cuadra 05

La unidad de muestra U-19 tiene 301.27 m², Las fallas encontradas en esta unidad de muestra se registran en el cuadro siguiente, Siguiendo el procedimiento y los pasos de cálculo del índice de condición del pavimento (PCI), se obtiene como valor **máximo deducido corregido de 60**, dándonos un valor de PCI de **40**, lo cual indica que existe un pavimento **Regular**.

METODO PCI							SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES							M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO							H: ALTA				
Nombre de la vía:					Est. Inicial:	Est. final:	Unidad de muestra:				
PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD					0+774	0+817	U-19				
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen					Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 05		Area:	301.27	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabólica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Aregados de pulidos				10. Fisuras longitudinales y transversales					
3. Fisuras en bloque	14. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos				18. Peladura por intemperismo					
13. Baches	15. Desplazamiento	8. Fisura de reflexión de junta				desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
10	Media	2.13	3.48	5.4			11.01	3.65%	9.30		
11	Baja	2	1.7	10.7			14.40	4.78%	9.73		
11	Media	0.38					0.38	0.13%	3.30		
13	Media	4.8					4.80	1.59%	37.97		
14	Alta	2.6					2.60	0.86%	26.90		
18	Media	47.2	2.8				50.00	16.60%	23.15		
N°	Valor Deducido m= 6.70						Total	q	CDV		
1	37.97	26.90	23.15	9.73	9.30	3.30	107.05	6	53	Max CDV =	60
2	37.97	26.90	23.15	9.73	9.30	2.00	107.05	5	57	PCI =	40
3	37.97	26.90	23.15	9.73	2.00	2.00	99.75	4	57	Rating =	Regular
4	37.97	26.90	23.15	2.00	2.00	2.00	92.02	3	60		
5	37.97	26.90	2.00	2.00	2.00	2.00	70.87	2	54		
6	37.97	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	45.97	1	48		

4 Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Ítems
Fallas de pavimento Flexible.	Se puede definir como acciones que pueden ser elegidas o tomadas en alguna circunstancia, con la finalidad de mejorar o cambiar el estado actual de un determinado lugar u objeto.	La aplicación de estas alternativas se efectuó bajo un enfoque de daños existentes en la vía, el mejoramiento del nivel de servicio de la superficie de rodadura acompañada de actuaciones: así como el tratamiento adecuado de obras de drenaje y aspectos de seguridad vial. la municipalidad provincial de Trujillo, actuara a dar la solución de los problemas existentes en la vía.	Identificación de Fallas.	Método de (PCI)	Trabajo de Campo
					Recolección de Datos
					Organización de Datos
Alternativas de solución para el pavimento flexible.			Análisis de Fallas	Programa de Análisis (PCI)	Análisis de Datos
					Resultados
					Interpretación de Resultados
Análisis de resultados	Programa de Análisis (PCI)	Comparación de Resultados			
		Estudio de Resultado			
		Identificación de Resultado Final			
Elección de alternativa	Resultados finales	Elección de Alternativa Ganadora después de la Investigación			

III. RESULTADOS

Finalmente ya registrados todas las fallas encontradas en la vía, y obtenidos los los procesos de cálculo respectivos para cada unidad de muestra, se logró determinar el valor del PCI promedio de las seis secciones determinadas. Para tener una idea global del actual estado del pavimento flexible de la Prolongación Francisco de Zela, se ha elaborado una tabla donde se muestra a manera de resumen las secciones, las unidades de muestra, el área de cada una de ella, el resultado con el empleo de método del PCI de cada unidad de muestra, el valor del PCI de la secciones identificadas y por ultimo las clasificación correspondiente a los valores obtenidos.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE PAVIMENTOS TRAMO CUADRA N° 1 HASTA LA CUADRA N°6 EN LA PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA, TRUJILLO, LA LIBERTAD – 2018.

DATOS INFORMATIVOS:

Nombre del investigador: Melqui Salinas Ullilen

Ubicación: Prolongación Francisco de Zela, Distrito y Provincia de Trujillo, la Libertad.

Fecha de la Observación: Octubre 2018.

Hora de la observación: 10 – 12 am, 2 – 6 pm.

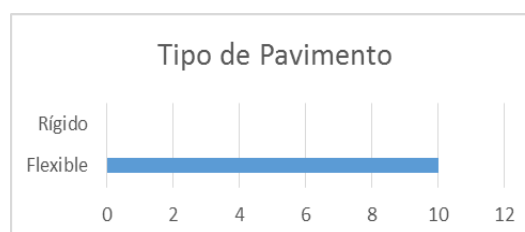
DATOS ESPECÍFICOS DEL DIAGNÓSTICO DE LA VÍA:

1. Tipo de pavimento:

a) Flexible

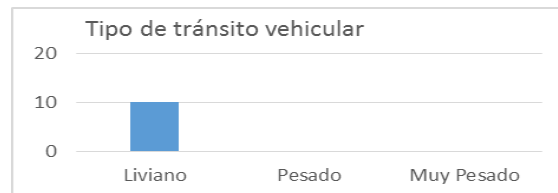
b) Rígido

c) Semirrígido



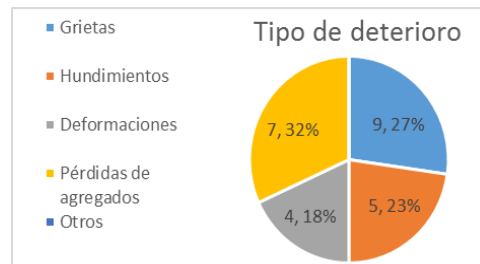
2. Tipo de tránsito vehicular:

- a) Liviano
- b) Pesado
- c) Muy pesado



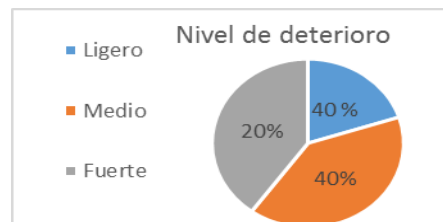
3. Tipo de deterioro:

- a) Grietas
- b) hundimientos
- c) Deformaciones
- d) Pérdida de Agregado
- e) otros deterioros



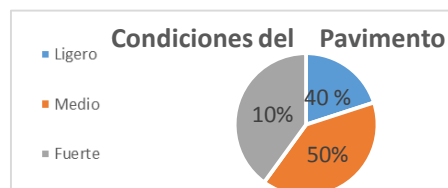
4. Nivel de deterioro:

- a) Ligero
- b) Medio
- c) Fuerte



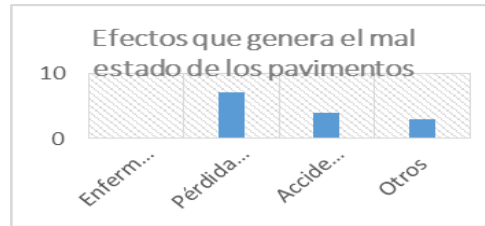
5. Condición del pavimento:

- a) Bueno
- b) Regular
- c) Malo



6. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

- a) Enfermedades respiratorias
- b) Pérdida de tiempo
- c) Accidentes
- d) Otros



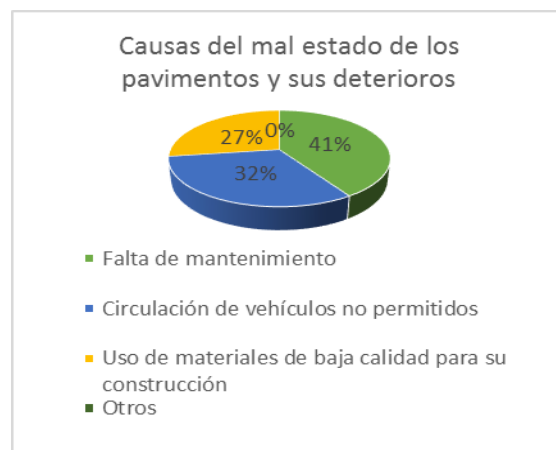
7. ¿Cuánto afecta los deterioros en el tránsito vehicular?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada



8. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

- a) Falta de mantenimiento
- b) Circulación de vehículos no permitidos
- c) Uso de materiales de baja calidad para su construcción
- d) Otros



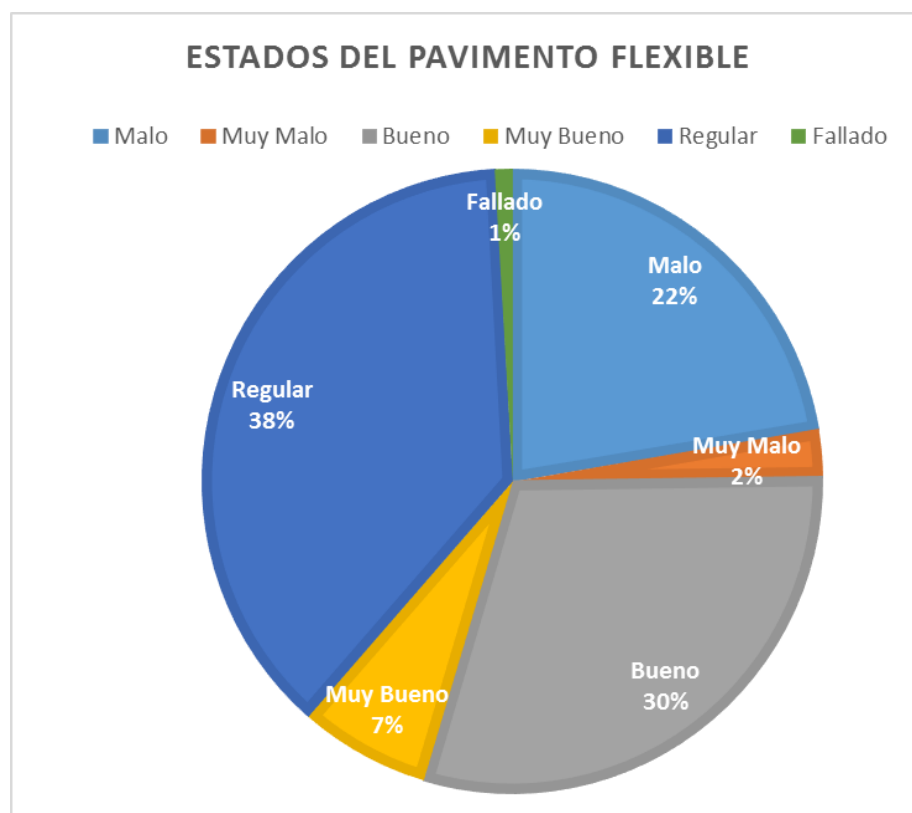
Todas las secciones de muestra se especifican en el siguiente cuadro, partiendo desde el Tramo 01 Hasta el tramo 06, conformado por unidades de muestreo sucesivamente en forma ordenada de acuerdo a la metodología del método PCI, siendo los resultados finales de toda la investigación con su debido cálculo, organizado de forma explicativa y con valores únicos. El cuadro especifica los resultados del estudio de 1 Km de vía pavimentada, con un área de 7000 m² de área superficial, mostrando los niveles de severidad encontradas en la vía de estudio.

Tabla 10 Resumen de Resultados de tramo estudiado Cuadra 01 - 06 de la vía Francisco de Zela

SECCION	Unidad Muestra	PROGRESIVAS		Total m ²	PCI Muestra	Estado	PCI Sección	Estado Sección
Cuadra 01	U-01	0+00	0+043	197.60	33	Malo	37	Malo
	U-02	0+043	0+086	300.89	25	Muy Malo		
	U-03	0+086	0+129	213.45	32	Malo		
	U-04	0+129	0+172	151.09	59	Bueno		
Cuadra 02	U-05	0+172	0+215	149.58	52	Bueno	62	Bueno
	U-06	0+215	0+258	22.80	70	Bueno		
	U-07	0+258	0+301	34.76	68	Bueno		
	U-08	0+301	0+344	220.71	58	Bueno		
Cuadra 03	U-09	0+344	0+387	217.30	32	Malo	43	Regular
	U-10	0+387	0+430	243.04	36	Malo		
	U-11	0+430	0+473	304.40	55	Regular		
	U-12	0+473	0+516	62.30	50	Regular		
Cuadra 04	U-13	0+516	0+559	133.58	32	Malo	38	Malo
	U-14	0+559	0+602	132.60	41	Regular		
	U-15	0+602	0+645	51.96	9	Fallado		
	U-16	0+645	0+688	225.70	70	Muy Bueno		
Cuadra 05	U-17	0+688	0+731	298.50	54	Regular	49	Regular
	U-18	0+731	0+774	64.50	52	Regular		
	U-19	0+774	0+817	83.19	40	Regular		
Cuadra 06	U-20	0+817	0+860	67.30	30	Malo	40	Regular
	U-21	0+860	0+903	135.94	44	Regular		
	U-22	0+903	0+946	116.80	52	Regular		
	U-23	0+946	1+000	301.91	35	Malo		

Con el resumen del cuadro se logra determina que la vía evaluada en ambas secciones presenta una condición de pavimento regular, con lo cual el pavimento brinda una condiciones favorables para los usuarios. La siguiente figura muestra los índices de condición de pavimento que se encuentra presentes y con porcentajes mayores, dentro de la vía evaluada.

Ilustración 1 Condición del Pavimento actual de la vía Francisco de Zela.



De acuerdo al Gráfico, observamos las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en la vía. Siendo la condición **Regular** la de mayor proporción con 38%, seguido el estado **Bueno** con 30 %, el estado **Malo** tiene 22%. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 7%.

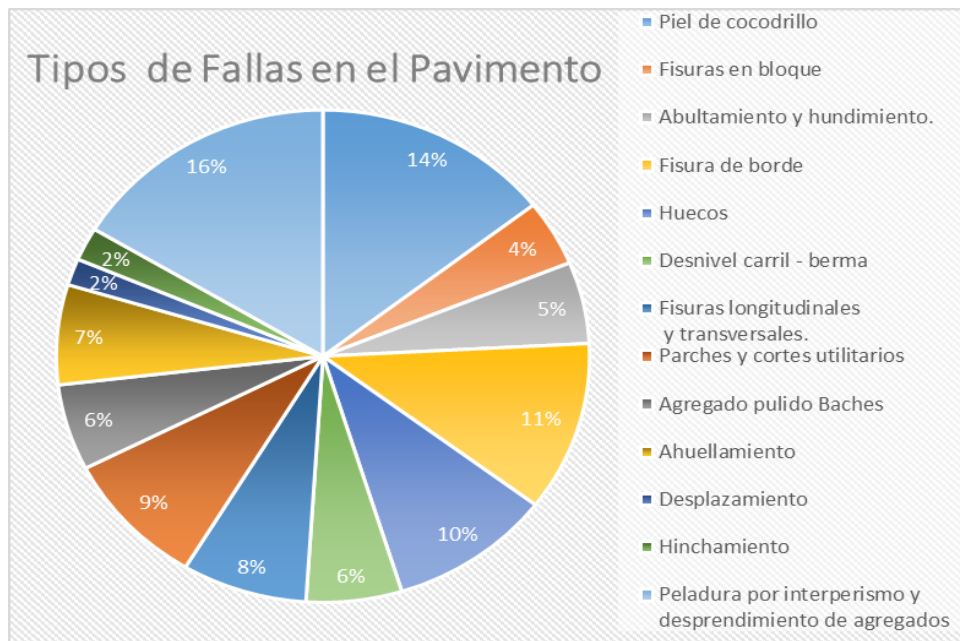
A continuación se presentan tablas que contienen información de manera resumida sobre los tipos de fallas que se identificaron en las dos secciones que conforman la vía evaluada, así como los metrados totales por cada tipo de falla y nivel de severidad, con el fin de poder determinar que fallas se encuentran en mayor cantidad y que tipo de intervención aplicar.

Tabla 11 Tipos de Fallas Vigentes en la vía.

NOMBRE DE LA VIA: PROLONGACION FRANCISCO DE ZELA				L: LEVE	
EJECUTOR: MELQUI SALINAS ULLILEN				M: MODERADO	
AREA (m2)				S: SEVERO	
7,000.00			m2	FECHA	oct-18
TOMA DE MUESTRAS - CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 06 - TODO EL TRAMO					
TIPOS DE FALLAS	Cantidad m2			TOTAL (m2)	N° Fallas
	Leve	Moderado	Severo		
Piel de cocodrillo	254.00	183.00	75.00	512.00	33
Fisuras en bloque	60.00	48.00	45.00	153.00	24
Abultamiento y hundimiento.	80.00	62.00	48.00	190.00	21
Fisura de borde	180.00	132.00	82.00	394.00	18
Huecos	157.00	123.00	70.00	350.00	35
Desnivel carril - berma	85.00	67.00	53.00	205.00	10
Fisuras longitudinales y transversales.	124.00	81.00	64.00	269.00	27
Parches y cortes utilitarios	128.00	112.00	73.00	313.00	45
Agregado pulido Baches	80.00	71.00	49.00	200.00	32
Ahuellamiento	90.00	87.00	55.00	232.00	14
Desplazamiento	30.00	20.00	12.00	62.00	12
Hinchamiento	35.00	26.00	16.00	77.00	10
Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados	246.00	207.00	126.00	579.00	46
Total	1,549.00	1,219.00	768.00		

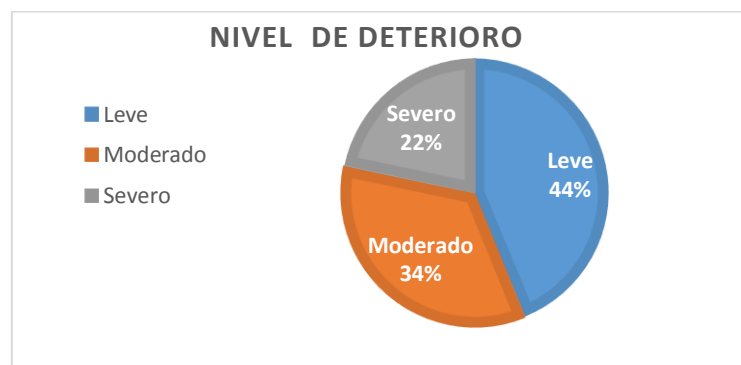
Se puede determinar que la falla de Peladuras por Intemperie y Desprendimiento de Agregados es la que afecta en mayor cantidad a todas las unidades de muestreo todo el tramo, seguido de la falla Identificada como piel de cocodrilo, luego están los Huecos mayormente en las intersecciones con otras vías, las fisuras de borde, finalmente todo los datos del cuadro, pero a baja escala.

Ilustración 2 Porcentajes de los tipos de fallas actuales.



Aquí un gráfico más para identificar su severidad de avance de las fallas identificadas actualmente, de acuerdo a cada falla existe su severidad de desgaste, identificamos que aún no están en severos avances, tienen un deterioro leve en la gran mayoría.

Ilustración 3 Niveles de Deterioro.



IV. DISCUSIÓN

La presente investigación nació de una idea por la problemática y necesidad percibida, el problema fue planteado para el estudio adecuado, se recurrió a amplias literaturas de investigación para el desarrollo del marco teórico, visualizando los alcances de dicha investigación en curso, se prosiguió a la elaboración de hipótesis y las variables existentes para el desarrollo del diseño de investigación, definiendo conceptos necesarios para la selección de muestras de estudio, en el paso de recolección de datos se acudió al lugar de estudio mediante una inspección visual y con ayuda de materiales adecuados se registraron las fallas percibidas, luego se empleó el método de recolección de datos del PCI, en la que consiste en seccionar el pavimento en unidades de muestras con un área determinado para cumplir con el procedimiento del método, después del registro de datos de 1 km de longitud de pavimento con un área de 7000 m², se pasó a analizar y calcular todos los datos de campo, elaborando el reporte de resultados, obteniendo los índices de condición de pavimento respectivos para cada unidad de muestra y calculando el PCI promedio de las 6 secciones consideradas, para tener un resultado general del cuál es el estado del pavimento de la Vía Prolongación Francisco de Zela, con área de 7000 metros cuadrados, y una longitud de un kilómetro de vía, dividida en 23 unidades de muestra y Seis secciones de muestra. Agrupando los resultados en tramos, el tramo de la sección 01, que comprende desde la unidad de muestra U-01 hasta la U-04, presenta un PCI promedio de 37, lo que corresponde a un pavimento Malo, el tramo de la sección 02, tiene a la unidad de muestra U-05 hasta la U-08, presenta un PCI promedio de 62, lo que corresponde a un pavimento bueno, el tramo de la sección 3 está en la U-09 hasta la U-12, presenta un PCI promedio de 43, lo que corresponde a un pavimento regular. El tramo de la sección 4, que contiene las unidades de muestra restantes U-13 hasta U-16, presenta un PCI Promedio de 38, lo que corresponde a un pavimento Malo, el tramo de la sección 05 están las unidades de muestra desde U-17 hasta U-19, presentando un PCI de 49, en lo que corresponde a un pavimento Regular, Finalmente el Tramo de la sección 6 comprende las unidades U-20 hasta la U23, con un PCI de 40, correspondiente a un pavimento Regular. En los 1000 metros lineales analizados, tiene un PCI ponderado igual a 45, que con el fin de estudio se realizó que todo el tramo se encuentra con un pavimento Regular.

V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la guía de observación realizado y estudiada concluyo que la cuadra uno al seis de la vía Francisco de Zela, distrito y provincia de Trujillo, cuenta con fallas más comunes como son: la falla de piel de cocodrilo, las Grietas, los Huecos o Baches, Parcheo, Fisuras, desprendimientos, en pocas partes existe hundimientos, Deformaciones y Pérdida de Agregado.
2. La condición actual del pavimento de acuerdo a los daños encontrados y a los métodos de evaluación utilizados, concluyo que actualmente el pavimento se encuentra en condición Regular, con una serviciabilidad adecuada para los usuarios.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos concluyo que en esta vía el pavimento debe llevar un mantenimiento adecuado rutinario, también se debe dar tratamientos superficiales para las fallas poco severas, agregar impermeabilizante para desacelerar su deterioro.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye con un PCI de 45, que equivale a un pavimento regular, y utilizando los componentes técnicos de rangos sobre categoría de acción, del PCI, se prioriza el mantenimiento correctivo.

VI. RECOMENDACIONES

1. El pavimento evaluado necesita medidas de reparación como: limpieza y sellado de las grietas, reemplazo de parches en mal estado, reparación de huecos. Se debe elaborar un plan de mantenimiento y destinar un presupuesto monitoreo continuo de los pavimentos, para establecer el avance de deterioro y así identificar con la debida anticipación los daños futuros de la vía.
2. Se recomienda aplicar un riego de liga para incrementar el PCI de la unidad de muestra analizada, este riego de liga puede ser una lechada asfáltica o un riego pulverizado. Estos se pueden usar como procedimientos preventivos o correctivos de la superficie del pavimento, para el tratamiento de vías urbanas.
3. De acuerdo al resultado obteniendo un Índice de Condición de Pavimento Regular, se recomienda realizar una rehabilitación integral de la vía en estudio, ya que se necesita hacer que nuestra vía vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil.
4. La solución más adecuada sería generar actividades de mantenimiento correctivo de la vía, consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Así se evitara que esta llegue a daños severos anticipadamente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, W. C., & Pinzón, C. M. (2015). *Evaluación de Alternativas de Pavimentación para vías Bajos Volúmenes de Tránsito*. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2617/1/Evaluaci%C3%B3n-alternativas-pavimentaci%C3%B3n-v%C3%ADas-bajos-vol%C3%BAmenes-de-tr%C3%A1nsito.pdf>
- Agencia Peruana de Noticias - América Economía. (2011). *Perú presenta inventario de 26.000 kilómetros de Rutas de Red Vial Nacional*. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-presenta-inventario-de-26000-kilometros-de-rutas-de-red-vial-nacional>
- Balbontín, P. R., Jaimurzina, A., & Salas, G. P. (Diciembre de 2015). *CEPAL, Políticas de logística y movilidad*. Recuperado el Octubre de 2018, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39711/1/S1501004_es.pdf
- Cañar, F. B., & Yunga, M. L. (2016). *Estudio comparativo del método colombiano y la Nevi-12, para vías de bajo volumen de tránsito, con subrasante de la mina Chocarsi*. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24206>
- Carrion, N. E. (2016). *Análisis de Estado de Conservación del Pavimento Flexible de la Avenida Julián Arce cuadras 1 – 4 y Avenida La Merced cuadra 2-7, del Distrito de Laredo Utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento, 2016*. Recuperado el 2018, de <http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/33/AVILA%20CARRION%20NELSON%20EVEDALDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Central Intelligence Agency. (2012). *Transporte - Carreteras*. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/mx.html>
- Chicchón, K. P. (Diciembre de 2009). Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1351/ICI_181.pdf?sequence=1
- Choque, T. W., & Soto, J. A. (Abril de 2015). *Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima*. Recuperado el 2018, de <http://hdl.handle.net/10757/528141>
- Diario El Peruano. (Mayo de 2018). *91.3% de la Red Vial Nacional estará pavimentada en el 2021*. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://elperuano.pe/noticia-913-de-red-vial-nacional-estara-pavimentada-el-2021-66214.aspx>

- Empresa Cosapi. (2018). *Concesiones en Infraestructura*. Recuperado el 2018, de <https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=1407>
- Grupo Graña y Montero. (2018). *Transporte e infraestructura vial*. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://www.granaymontero.com.pe/nuestros-proyectos/categoria/transportes-y-viales>
- Guerreero, I. N. (2011). *La Deformación Permanente en las Mezclas Asfálticas y el Consecuente Deterioro de los Pavimentos Asfálticos en el Perú*. Recuperado el Octubre de 2018, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman_gn.pdf
- Luis Fajardo - BBC Mundo. (2015). *Los países con las mejores y las peores carreteras en A. Latina*. Recuperado el Octubre de 2018, de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150609_economia_mejores_peores_carreteras>If
- Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”. (s.f.). Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010). Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf
- Municipalidad Provincial de Piura - Provias. (2010). *Plan Vial Provincial Participativo de Piura 2010 - 2019*. Recuperado el 2018, de http://www.proviasdes.gob.pe/planes/piura/pvpp/PVPP_Piura.pdf
- Norma ASTM D 5340. (1998). *Metodo de Evaluación del PCI*.
- Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. (2010). Obtenido de <http://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=182>
- Pajares, J. E. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evita miento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014*. Recuperado el 2018, de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/5511/Rabanal%20Pajares%20Jaime%20Enrique.pdf?sequence=1>
- Palacios, A. M., & Puma, M. D. (Noviembre de 2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI*. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://hdl.handle.net/10757/581505>
- Perú - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Red Vial Nacional por Rutas*. Recuperado el Octubre de 2018, de http://portal.mtc.gob.pe/logros_red_vial.html

Real Academia Española. (2018). Obtenido de <http://www.rae.es/>

Sánchez, A. S. (2012). *Indice de Condicion de Pavimentos*.

Valencia, J. S. (2016). *El diseño de pavimentos flexibles, su comportamiento estructural, e incidencia en el deterioro temprano de la red vial en la provincia de Tungurahua*. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/22518>

Varela, L. R. (Febrero de 2002). Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Velásquez, E. D. (2009). Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf?sequence=1

Vicuña, A. L. (2015). *Evaluación del Estado Funcional y Estructural del Pavimento Flexible Mediante la Metodología PCI Tramo Quichuay - Ingenio del Km 0+00 al Km 1+00, 2014*. Recuperado el 2018, de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/421/TCIV_29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VIII. ANEXOS

1. Grafico para el cálculo del PCI Pavimentos Asfálticos

Ilustración 4 Fisura de Bloque.

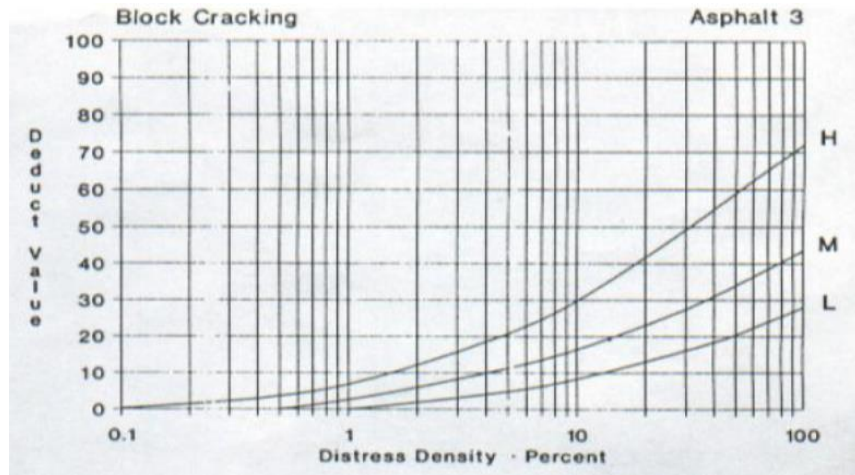


Ilustración 5 Fisuras Longitudinales y transversales.

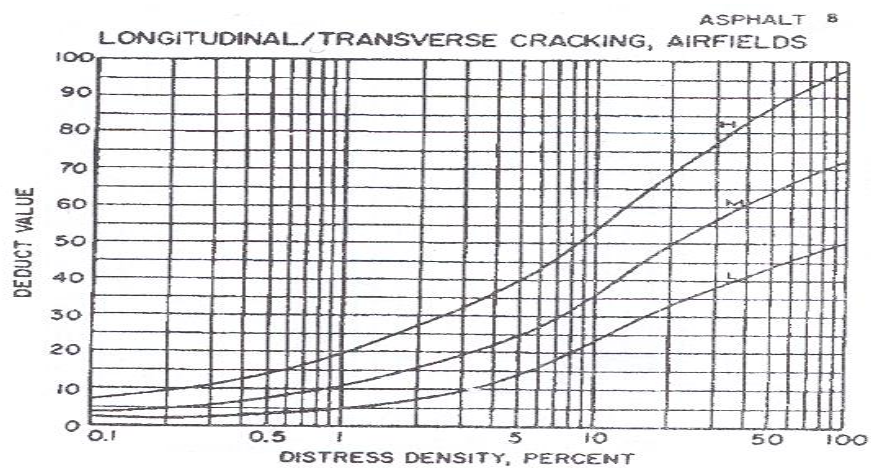


Ilustración 6 Peladuras por intemperie.

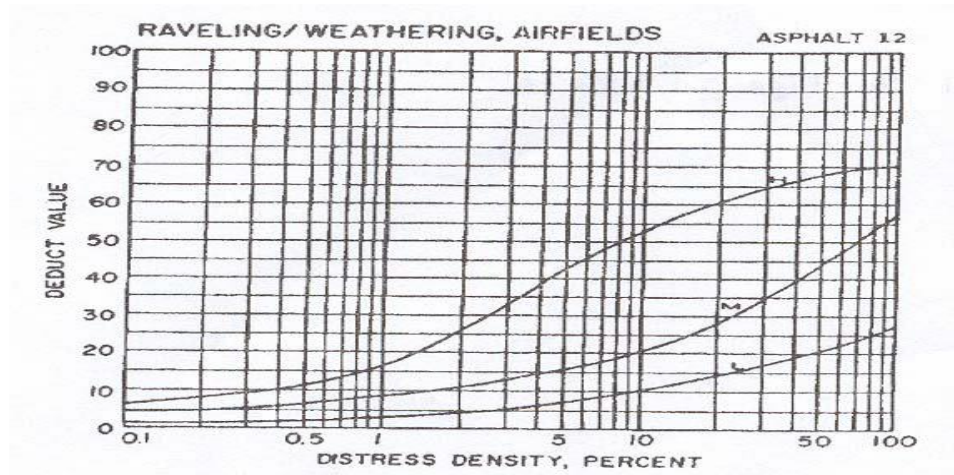


Ilustración 7 Agregado Pulido.

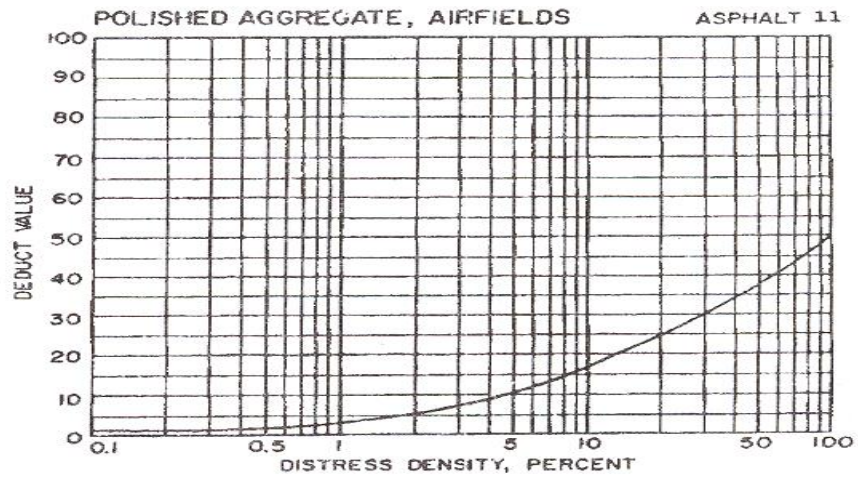


Ilustración 8 Ahuellamiento.

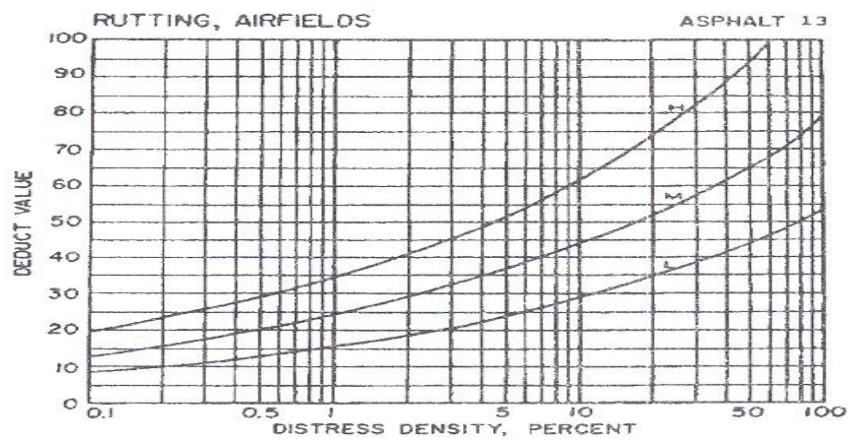


Tabla 12 Tabla de registro de campo

METODO PCI				SEVERIDAD : L: BAJA		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) - PAVIMENTOS FLEXIBLES				M: MEDIA				
HOJA DE REGISTRO				H: ALTA				
Nombre de la vía: PROLONGACIÓN FRANCISCO DE ZELA - TRUJILLO -LA LIBERTAD			Est. Inicial:	0+000	Est. final:	1+000	Unidad de muestra: U-01 - U-23	
Ejecutor: Melqui Salinas Ullilen			Fecha:	Oct. 2018	Seccion: cuadra 01 - 06	Area:	7000.00	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresion	11. Parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por desplazamiento					
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregados de pulidos	10. Fisuras longitudinales y transversales					
3. Fisuras en bloque	14. Ahuellamiento	4. Abultamientos y hundimientos	18. Peladura por intemperismo					
13. Baches	15. Desplazamiento	8. Fisura de reflexión de junta	desprendimiento de agregados					
5. Corrugacion	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Tabla 13 Tipos de Fallas en Pavimentos, dados por el PCI.

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Grieta Piel de Cocodrilo	m ²
2	Exudación de Asfalto	m ²
3	Grietas de Contracción (Bloque)	m ²
4	Elevaciones - Hundimiento	M
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas de Borde	M
8	Grietas de Reflexión de Juntas	M
9	Desnivel Calzada - Hombrillo	M
10	Grietas Longitudinal y/ó Transversal	M
11	Baches y Zanjas Reparadas	m ²
12	Agregado Pulidos	N°
13	Huecos	m ²
14 *	Cruce de Rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por Empuje	m ²
17	Grietas de Deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y Desintegración	m ²

PANEL FOTOGRÁFICO

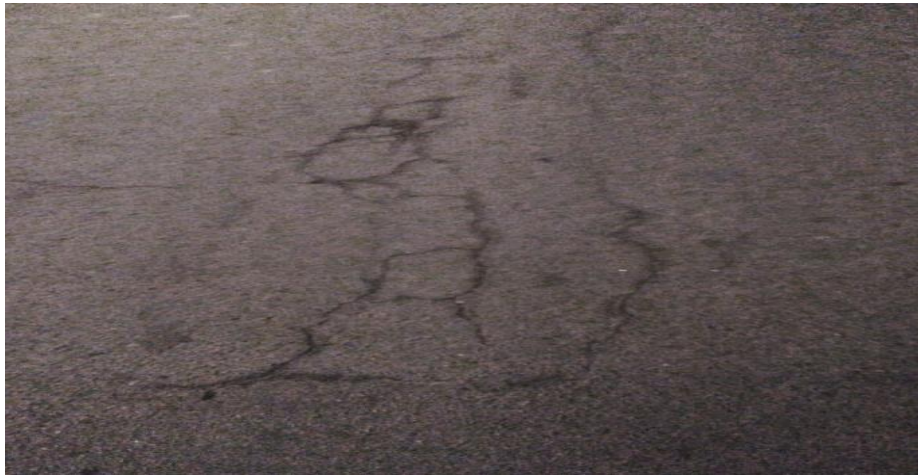
Imagen: 29 Situación actual de la vía*Ilustración 9 Figuraciones.**Ilustración 10 Parcheos*

Ilustración 11 Huecos



Ilustración 12 Baches



Ilustración 13 Desprendimientos de Agregados.

