



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL
SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA AV. GALO VELA ÁLVAREZ, AV.
ALBERT EINSTEIN, AV. BENJAMÍN FRANKLIN, AV. THOMAS ALVA”**

AUTOR: María Cristina Chico Alvarado

TUTOR: Ing. Byron Genaro Cañizares Proaño Mg.

AMBATO- ECUADOR

Septiembre - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: “**EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA AV. GALO VELA ÁLVAREZ, AV. ALBERT EINSTEIN, AV. BENJAMÍN FRANKLIN, AV. THOMAS ALVA**”, elaborado por la Srta. María Cristina Chico Alvarado, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 0201977048, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



Ing. Byron Genaro Cañizares Proaño, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Cristina Chico Alvarado con C.I. 0201977048 , declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA AV. GALO VELA ÁLVAREZ, AV. ALBERT EINSTEIN, AV. BENJAMÍN FRANKLIN, AV. THOMAS ALVA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



María Cristina Chico Alvarado

C.I. 0201977048

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, septiembre 2023



María Cristina Chico Alvarado

C.I. 0201977048

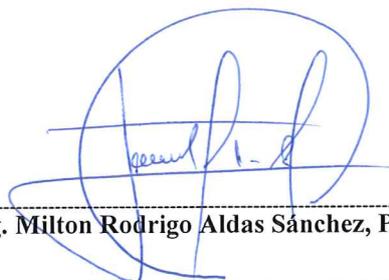
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante María Cristina Chico Alvarado de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA AV. GALO VELA ÁLVAREZ, AV. ALBERT EINSTEIN, AV. BENJAMÍN FRANKLIN, AV. THOMAS ALVA”**.

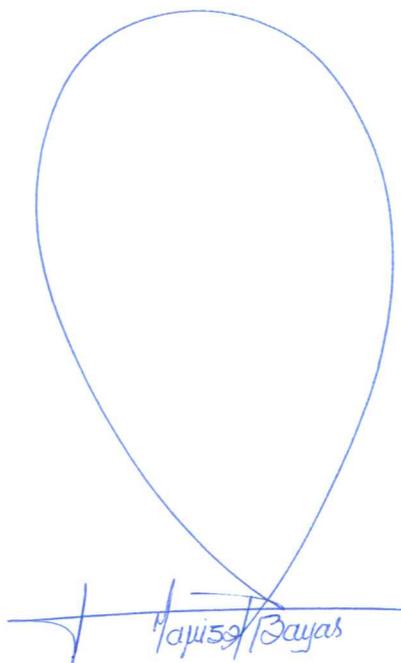
Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Milton Rodrigo Aldas Sánchez, Ph.D.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo principalmente a Dios quién me ha guiado y me ha dado fortaleza, sabiduría e inteligencia para seguir adelante y poder alcanzar mis metas, logros y sueños.

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles a pesar que no la tengo presente físicamente sé que desde el cielo me ilumina para seguir adelante en mis proyectos.

A mis hermanos, por su apoyo y comprensión que me han ofrecido, siendo el pilar fundamental en este tiempo de educación, qué enseñándome valores como el respeto, la puntualidad, la humildad y la sencillez he logrado ser la persona que soy ahora.

A mis familiares y amistades cercanas por haberme apoyado en todo momento, por la paciencia, consejos y voz de aliento que me ha impulsado a salir siempre adelante, además que han estado en constante apoyo en el transcurso de este objetivo.

Gracias.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que han permitido realizar mis estudios y ser un profesional.

A mi familia y amistades, quienes me apoyaron de principio a fin en toda mi etapa universitaria, dándome sus consejos y poniendo su granito de arena en cada peldaño alcanzado.

A todos los docentes que formaron parte de mi educación académica de inicio a fin, por impartir sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de la carrera.

A mi tutor por apoyarme y guiarme en cada paso de mi proyecto final.

A mis compañeros de clase, quienes fueron mi compañía durante toda esta etapa en la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	1
1.2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2.1. Antecedentes	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.4.1. Topografía.....	3
1.4.2. Ubicación Geográfica	4
1.4.3. Levantamiento Topográfico	4
1.4.4. Sistema de Coordenadas WG84.....	5
1.4.5. Planimetría.....	5
1.4.6. Altimetría.....	5
1.4.7. G.P.S.....	6
1.4.8. Pavimento	6
1.4.9. Conservación Vial.....	7
1.4.10. Ciclo de vida de los pavimentos.....	7
1.4.11. Tipos de pavimentos	8
1.4.11.1. Pavimento Flexible.....	8
1.4.11.2. Pavimento Rígido.....	8
1.4.11.3. Pavimentos Articulado.....	8

1.4.12.	Anomalías en el Pavimento	8
1.4.12.1.	Anomalías en Pavimentos Flexibles	8
1.4.13.	Normativa	25
1.4.13.1.	ASTM D6433	25
1.4.14.	Mantenimiento y Rehabilitación	37
1.4.14.1.	Tipos de Mantenimiento Vial	37
1.4.15.	Precios Unitarios	37
1.4.16.	ArcGis	37
1.5.	HIPÓTESIS	38
1.5.1.	Identificación de Variables:	38
1.5.1.1.	Variable Independiente	38
1.5.1.2.	Variable Dependiente	38
1.6.	OBJETIVOS	39
1.6.1.	General:	39
1.6.2.	Específicos:	39
CAPÍTULO II		40
2.	METODOLOGÍA:	40
2.1.	MATERIALES Y EQUIPOS	40
2.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
2.3.	MÉTODOS	43
2.3.1.	Plan de Recolección de Datos	43
2.3.2.	Plan de Procesamiento y Análisis de Información	44
2.3.3.	Recopilación de Datos	44
2.3.3.1.	Recolección de Abscisas	44
2.3.3.2.	Evaluación de Pavimentos Flexibles	45
2.3.3.3.	Evaluación del Método PCI	46
CAPÍTULO III		47
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
3.1.1.	Ubicación del Proyecto	47
3.1.2.	Georreferenciación de las vías urbanas del sector	48
3.1.3.	Evaluación Visual de las Vías	49
3.1.3.1.	Fallas en Pavimento Flexible	49

3.1.4.	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	51
3.1.5.	Análisis de Precios Unitarios	59
3.1.6.	Base de Datos	61
3.1.7.	Verificación de Hipótesis	61
	CAPÍTULO IV	62
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1.	CONCLUSIONES:	62
4.2.	RECOMENDACIONES:	63
	Bibliografía:	64
	ANEXOS	66

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Sistema Tridimensional de Puntos	4
Gráfica 2. Sección típica de pavimento	6
Gráfica 3 Ilustración Conceptual del Ciclo de Vida de la Condición del Pavimento. 7	
Gráfica 4 Falla tipo Piel de Cocodrilo	9
Gráfica 5 Tipo de Falla tipo Exudación.....	10
Gráfica 6. Agrietamiento en Bloque	11
Gráfica 7 Falla tipo abultamientos y hundimientos.....	12
Gráfica 8 Falla tipo Corrugación.....	12
Gráfica 9 Falla Tipo Depresión	13
Gráfica 10. Grieta de Borde	14
Gráfica 11. Grieta de reflexión de junta.....	15
Gráfica 12 Falla tipo Desnivel carril.....	16
Gráfica 13 Falla Tipo Grieta Longitudinal y Transversal.....	17
Gráfica 14 Falla tipo Parcheo.....	18
Gráfica 15 Falla tipo Pulimiento de Agregados	18
Gráfica 16. Hueco.....	19
Gráfica 17. Cruce de vía férrea.....	20
Gráfica 18. Ahuellamiento	21
Gráfica 19. Desplazamiento d severidad alta	22
Gráfica 20. Grieta Parabólica	23
Gráfica 21. Hinchamiento	24
Gráfica 22 Falla tipo Desprendimiento de Agregados.....	24
Gráfica 23. Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido.....	27
Gráfica 24 Gráfica Densidad - Porcentaje para Piel de Cocodrilo	28
Gráfica 25 Gráfica Densidad - Porcentaje para Exudación	28
Gráfica 26 Gráfica Densidad - Porcentaje para Agrietamiento en Bloque.....	28
Gráfica 27 Gráfica Densidad - Porcentaje para Bombeo y Hundimiento.....	29
Gráfica 28 Densidad - Porcentaje para Bombeo y Hundimiento (unidades métricas)	29
Gráfica 29 Gráfica Densidad - Porcentaje para Corrugación.....	29
Gráfica 30 Gráfica Densidad - Porcentaje para Depresiones.....	30

Gráfica 31	Gráfica Densidad - Porcentaje para Agrietamiento de Borde.....	30
Gráfica 32	Gráfica Densidad – Agrietamiento de borde (unidades métricas)	30
Gráfica 33	Gráfica Densidad - Porcentaje para Grieta Reflejo de Juntas.....	31
Gráfica 34	Gráfica Densidad - Porcentaje para Grieta Reflejo de Juntas (unidades métricas).....	31
Gráfica 35	Densidad - Porcentaje para Caída externa de vía.....	31
Gráfica 36	Densidad - Porcentaje para Caída externa de vía (unidades métricas)....	32
Gráfica 37	Densidad - Porcentaje para Grietas Longitudinales y Transversales	32
Gráfica 38	Densidad - Porcentaje para Grietas Longitudinales y Transversales (Unidades métricas)	32
Gráfica 39	Densidad - Porcentaje para Parcheo.....	33
Gráfica 40	Densidad – Agregado de Pulidos	33
Gráfica 41	Densidad – Baches	33
Gráfica 42	Densidad – Cruce de Ferrocarril	34
Gráfica 43	Densidad – Ruteo	34
Gráfica 44	Densidad – Empellones	34
Gráfica 45	Densidad – Agrietamiento de Medio Luna.....	35
Gráfica 46	Densidad – Protuberancia	35
Gráfica 47	Densidad – Intemperismo	35
Gráfica 48	GPSMAP Garmin 64s	40
Gráfica 49	Odómetro	40
Gráfica 50	Flexómetro	41
Gráfica 51	Pintura en aerosol	41
Gráfica 52	Cámara Fotográfica	41
Gráfica 53	Pie de Rey	41
Gráfica 54	Computador.....	42
Gráfica 55	Libreta de Campo	42
Gráfica 57	Ubicación del Proyecto.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de severidad para Huecos.....	19
Tabla 2 Plan de Recolección de Información	43
Tabla 3 Recolección de Abscisas.....	44
Tabla 4 Registro de Fallas en Pavimento Flexible	45
Tabla 5 Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	46
Tabla 6 Vías a ser evaluadas	48
Tabla 7 Coordenadas límites de la zona de estudio	48
Tabla 8 Tipos de fallas encontradas dentro de la zona de estudio.....	49
Tabla 9 Datos Av. Galo Vera	52
Tabla 10 Unidades a ser intervenidas	54
Tabla 11 Índice de Condición de Pavimentos	55
Tabla 12 Resultados del Método PCI – Av. Galo Vera	56
Tabla 13 Resultados del Método PCI – Av. Benjamín Franklin.....	57
Tabla 14 Resultados del Método PCI – Av. Galo Vera	58
Tabla 15 Presupuesto Referencial de vías estudiadas	59
Tabla 16 Presupuesto Referencial de vías estudiadas incluyendo PCI.....	60

RESUMEN EJECUTIVO

Dentro del proyecto de titulación se presenta la necesidad de evaluar el estado actual de las vías urbanas del cantón Ambato, puesto que su infraestructura se ve visiblemente afectada debido a la carga de tránsito existente en la zona.

En primer lugar, se realizó una evaluación visual de las vías con el objetivo de poder determinar los diferentes tipos de fallas presentes en la capa de rodadura. Para el análisis de las patologías en el pavimento se procedió con el levantamiento de información donde se registró las coordenadas geográficas, el nombre de la vía, el área afectada y el nivel de deterioro. Además, se empleó el método PCI dentro de las vías más extensas para poder determinar el tipo de mantenimiento y el estado de estas.

Dentro de la zona de estudio se identificó fallas en pavimento flexible, donde se evidenció que las fallas predominantes son de tipo grietas longitudinales como transversales y agrietamiento en bloque.

Una vez concluida la recolección de datos se procedió a ingresar la información en una base de datos a través del programa ArcGIS el cual permite identificar los tipos de fallas según su geolocalización y respectivas características.

Palabras Clave: Evaluación Vial, Geolocalización, PCI, Norma ASTM, Pavimento Flexible.

ABSTRACT

Within the titling project, there is a need to evaluate the current state of urban roads in the Ambato canton, since its infrastructure is visibly affected due to the existing traffic load in the area.

In the first place, a visual evaluation of the roads was carried out in order to determine the different types of faults present in the wearing course. For the analysis of the pathologies in the pavement, we proceeded with the collection of information where the geographical coordinates, the name of the road, the affected area and the level of deterioration were recorded. In addition, the PCI method was used within the most extensive roads to be able to determine the type of maintenance and their status.

Within the study area, failures in flexible pavement were identified, where it was evidenced that the predominant failures are longitudinal and transverse cracks and block cracking.

Once the data collection was completed, the information was entered into a database through the ArcGIS program, which allows the types of faults to be identified according to their geolocation and respective characteristics.

Keywords: Road Evaluation, Geolocation, PCI, ASTM Standard, Flexible Pavement

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de Investigación:

“EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA AV. GALO VELA ÁLVAREZ, AV. ALBERT EINSTEIN, AV. BENJAMÍN FRANKLIN, AV. THOMAS ALVA”

1.2. Antecedentes Investigativos

1.2.1. Antecedentes

En el Ecuador la infraestructura vial es el resultado de un proceso lento procedido de oportunidades de inversión en la construcción, el mejoramiento lento de rutas incásicas y coloniales, en la sierra se consideraba un relieve complicado, mientras que en la costa y oriente se caracterizaba por tener superficies pantanosas con suelos blandos. [1]

En los últimos años se enfatiza la inversión de los entes territoriales del país, la cual se establece como un diseño de política social y económica que impulsa el crecimiento y desarrollo económico, según García (2007), la inversión en la infraestructura vial tiene una relación directa en el crecimiento económico, por tanto, la mejorabilidad de las vías genera una participación en el producto interno del país. [2]

La zona a desarrollarse ubicada en la cona urbana de la ciudad de Ambato, perteneciente a la provincia de Tungurahua, es sistema vial urbano se encuentra en una manera deficiente, y de forma inadecuada, esto debido que al no contar estudios previos en las vías que permita establecer el nivel de servicialidad y acciones que posibiliten el buen funcionamiento del sistema vial precautelando seguridad y bienestar. [3]

El sistema de Gestión de Pavimentos y su evaluación visual vinculan una base de datos que incrementan la eficiencia y promueven la retroalimentación en las decisiones tomadas en cuanto al desarrollo de mantenimiento vial, destacando varios aspectos

positivos como licitación y contratación en obras de mantenimiento preventivo que estimule el desarrollo de pavimentación existentes en la ciudad y el estímulo a la implantación en la gestión de infraestructura urbana , el diagnóstico de componente de vías, define mejoras y aporta futuros estudios que permite la mitigación o disminución en esta problemática actual, donde se destacan peculiaridades en vías urbanas donde se influye actividades necesarias y primordiales dentro del mantenimiento, donde las vías presentan un gran porcentual destinado a intersecciones e interferencia de infraestructura. Las actividades de mantenimiento de vías urbanas han sido realizadas sin planeamiento adecuado, es decir, de manera incorrecta por lo que incrementa la tasa de deterioro y como consecuencia el costo a usuarios y gestión pública. De este modo, se da la importancia del desarrollo en procedimientos sencillos, eficientes y confiables los cuales ofrecen el control de calidad concernientes a mantenimientos y rehabilitación de los pavimentos. [4]

1.3. Justificación

La ciudad de Ambato se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, siendo está una ciudad céntrica en el país lo que la hace ideal para el comercio, además de ya ser una de las ciudades más importantes dentro de la comunicación vial por lo que hay una gran cantidad de vehículos que transcurre por su afluencia de comercio.

El desarrollo económico y social dentro de una ciudad se encuentra relacionado con la condición en la que se encuentran las carreteras. Las ciudades por lo general tienden a crecer dentro del ámbito cultural, social y económico en medida que existe una mayor posibilidad de traslado y comunicación. Por lo general se ve el deterioro de la infraestructura y no siempre se genera debido a malas prácticas de diseño o de construcción sino más bien se origina por el uso y daños que se presentan durante el transcurso de los años.

El deterioro de un pavimento puede ser por factores como el clima, condiciones del suelo, tránsito de vehículos entre otros. Por esto se ve la necesidad de la implementación de un proyecto en el que se permita conocer el estado actual de las vías urbanas, como así también del estado de aceras y bordillos de la ciudad de Ambato, lo que permitirá al GAD Municipalidad de Ambato poder tener una base de datos que contenga los daños generados en la capa de rodadura por el paso de los años. [5]

La identificación de fallas será de gran ayuda para poder realizar una intervención óptima rigiéndose a normativa vigente y así poder dar un mejor servicio al usuario. Además de la elaboración de un presupuesto referencial asignado para cada tipo de falla encontrada, para que de esta forma la entidad encargada pueda tomar las decisiones más convenientes y así brindar mejores condiciones de viabilidad y beneficiar al sector comercial y también mejorar el ámbito social y cultural.

1.4. Fundamentación Teórica

1.4.1. Topografía

La palabra topografía viene el griego topo – topos (lugar / sitio) y -grafía graphe (descripción), por lo tanto, es la técnica que describe de forma detallada la superficie del terreno determinada en un lugar, por tanto, se define topografía como una ciencia aplicada la cual se encarga de posicionar puntos relativos sobre la Tierra y así mismo, su representación en un plano en una porción de la superficie terrestre.

En un sentido general es una disciplina, que abarca métodos los cuales reúne información de partes físicas de la Tierra, como son: Relieves, litorales, cauces en las corrientes hídricas, etc., empleando la medición de terrenos, fotogrametría o sensores remotos. Además, es el medio donde se establecen la posición de puntos encima o debajo de la superficie terrestre. [5]

1.4.2. Ubicación Geográfica

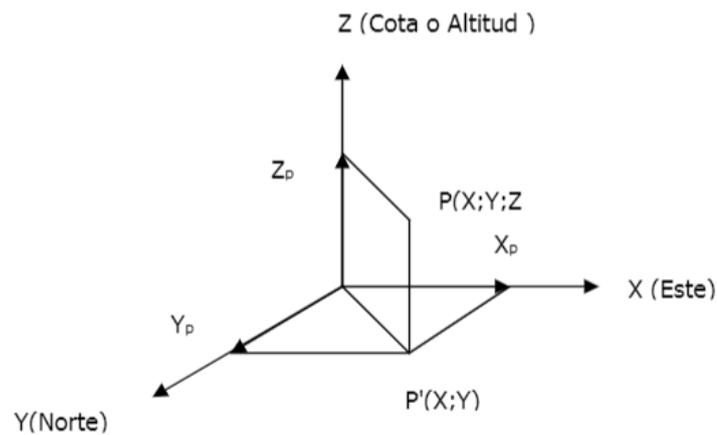
El punto en el espacio se representa en 3D y 2D, por medio de un sistema cartesiano tridimensional y bidireccional.

En 3D, o sistema cartesiano tridimensional se representa [6]

X_p : Proyección Este

Y_p : Proyección Norte

Z_p : Cota o Altitud



Gráfica 1. Sistema Tridimensional de Puntos

Fuente: R.v Mario Arturo, Topografía – Conceptos y Aplicaciones (2010)

1.4.3. Levantamiento Topográfico

Está definido como el conjunto de operaciones que determina la posición de puntos en el espacio, realizando una operación en el plano, para ello se incluye las siguientes operaciones:

- Método de levantamiento
- Utilización del equipo destinado
- Ubicaciones de los posibles vértices de apoyo
- Medición de terreno

- Procesamiento y cálculo de datos
- Elaboración de planos

1.4.4. Sistema de Coordenadas WG84

Las coordenadas WGS84 (*world Geodetic System 1984*), es un sistema de coordenadas geodésico, cuya finalidad principal es el posicionamiento global para cualquier punto situado en la Tierra por medio de unidades dadas (x,y,z) sin tener que recurrir a otro punto georreferenciado. Este sistema fue inventado en 1984 y hasta la fecha actual se considera valido, por tanto, se basa en un patrón matemático que emplea un elipsoide de tres dimensiones distintas.

Este sistema de coordenadas WGS84, utiliza el centro de la tierra como centro de origen y a diferencia del sistema Datum Norteamericano (NAD83) tiene un margen de error de 2cm. [7]

1.4.5. Planimetría

Se define como la representación horizontal de datos de un terreno cuyo objetivo es la determinación de dimensiones, estudia los procedimientos de que fijan las posiciones de puntos proyectados en el plano horizontal. De otra manera, representa la vista del terreno desde un punto arriba o en planta. Para este tipo de representación se emplea cintas, teodolitos, teniendo en cuenta las distancias con las que se trabaja, debido a que se marcan planos horizontales convirtiéndose en datos auxiliares como son: ángulo vertical o pendiente. [8]

1.4.6. Altimetría

Denominada también nivelación, se define como el conjunto de operaciones las cuales determinan la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal. Su objetivo primordial es la nivelación de una serie de puntos a un plano de comparación con la finalidad de deducir desniveles entre puntos. Si dos o más puntos están en la misma cota o elevación se encuentran nivelados, caso contrario existen un desnivel.[9]

La nivelación es de suma importancia, puesto que se necesita de las siguientes aplicaciones:

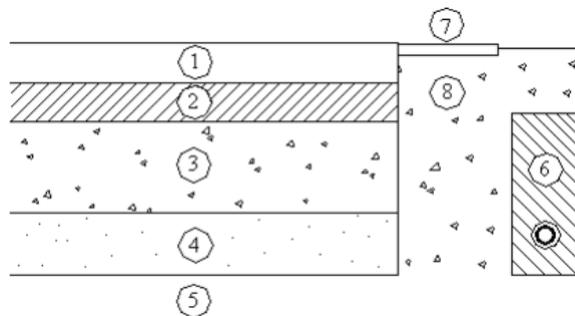
- Proyecto de canales con pendientes determinadas
- Construcciones de acuerdo a elevaciones planeadas
- Cálculos de volúmenes de tierra
- Caracterizaciones de drenaje y escurrimiento
- Punto de control a través de una cota.

1.4.7. G.P.S.

El GPS viene a ser un sistema el cual se encuentra basado en satélites artificiales, compuestos en una constelación de 24 de ellos, para así brindar al usuario una posición o ubicación con más precisión. Este tipo de instrumento comúnmente es utilizado en aplicaciones civiles como navegación o topografía.[10]

1.4.8. Pavimento

Un pavimento tiene como finalidad proporcionar una superficie que permita el paso de tráfico seguro y confortable de vehículos, se conceptualiza por ser una estructura constituida por series de capas superpuestas considerando ciertos criterios como normas, especificaciones técnicas y materiales apropiados, su estructura está formada por una fundación a través de un estudio geotécnico adecuado. [11]



Gráfica 2. Sección típica de pavimento

Fuente: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Ingeniería de Pavimentos, Brasil, 2000.

1.4.9. Conservación Vial

Las carreteras son un patrimonio nacional enorme y su conservación debe ser una de las principales prioridades, ya que estas deben estar en condiciones buenas y satisfactorias para que así los usuarios puedan transitar de manera segura, además de que la conservación o mantenimiento a tiempo de estas será una gran ayuda para menorar el costo de reparación.[12]

1.4.10. Ciclo de vida de los pavimentos

Existen varios factores que alteran el ciclo de vida de un pavimento por lo que se ve la necesidad de la implementación de distintos tipos de mantenimientos o procesos que ayuden a su conservación y así poder garantizar una mejor calidad de condición de las vías.[13]



Gráfica 3 Ilustración Conceptual del Ciclo de Vida de la Condición del Pavimento

Fuente: UMSS -Diseño de Pavimentos -2010

1.4.11. Tipos de pavimentos

1.4.11.1. Pavimento Flexible

Un pavimento flexible es aquello que se encuentra conformado por una carpeta bituminosa la cual se encuentra apoyada en dos capas no rígidas, la base y subbase. Lo cual en complemento está apoyado en la subrasante o terreno natural donde llega una parte de la carga de tránsito.[14], [15]

1.4.11.2. Pavimento Rígido

Un pavimento Rígido se encuentra constituido por una losa de concreto hidráulico el cual se encuentra apoyada sobre una subrasante o una capa de material denominado subbase.[13]

1.4.11.3. Pavimentos Articulado

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura por medio de piezas de concreto prefabricadas, suelen tener una resistencia adecuada a las cargas de tránsito, donde las juntas deben llenarse con arena y un material granular seleccionado. [16]

1.4.12. Anomalías en el Pavimento

1.4.12.1. Anomalías en Pavimentos Flexibles

- Piel de Cocodrilo:

Este tipo de falla es aquella que se caracteriza por ser una serie de grietas que se encuentran interconectadas y se generan debido a que la fatiga de la capa de rodadura asfáltica que se encuentran bajo acción de repetidas cargas de tránsito.[17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas.

Medio (M): Desarrollo posterior de grietas en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

Alto (A): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes.



Gráfica 4 Falla tipo Piel de Cocodrilo

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Exudación:**

Este tipo de falla se caracteriza por presentar una película de material bituminoso en la capa de rodadura, el cual se presenta en la superficie brillante, cristalina y reflectora, puede que en casos sea pegajosa. Se genera por exceso de asfalto en la mezcla.[17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): La exudación se encuentra en un grado de nivel bajo y se caracterizó porque en este nivel el asfalto no se pega a los zapatos.

Medio (M): En este grado se caracteriza porque en el asfalto se pega a los zapatos y vehículos.

Alto (A): En este grado se caracteriza porque una gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos.



Gráfica 5 Tipo de Falla tipo Exudación

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Agrietamiento en bloque:**

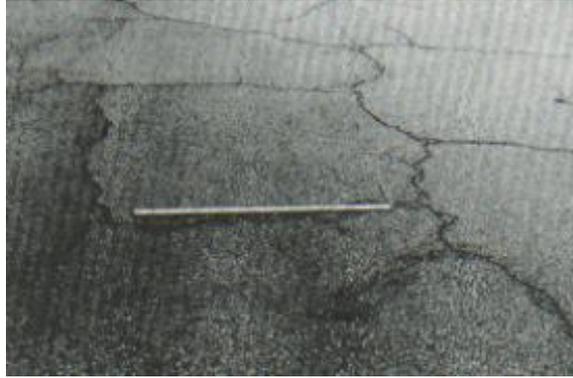
Este tipo de anomalía se representa por grietas interconectadas que dividen el pavimento flexible en pedazos de forma rectangular. Por lo general varían de 0.30m x 0.3m x 3.0m. Las grietas en bloque se originan por una contracción en el concreto donde los ciclos de temperatura originan ciclos de esfuerzo/deformación, este tipo de falla no está asociada a cargas, normalmente inician en una gran porción de pavimento. [18]

Niveles de severidad:

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad

M: Bloques definidos por grietas de media severidad

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad



Gráfica 6. Agrietamiento en Bloque

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Abultamientos y hundimientos:**

Los abultamientos son aquellos pequeños desplazamientos hacia arriba los cuales se encuentran localizados en la superficie del pavimento. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pueden ser pequeños y abruptos localizados en a superficie del pavimento.[17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

Medio (M): Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media

Alto (A): Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.



Gráfica 7 Falla tipo abultamientos y hundimientos

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Corrugación:**

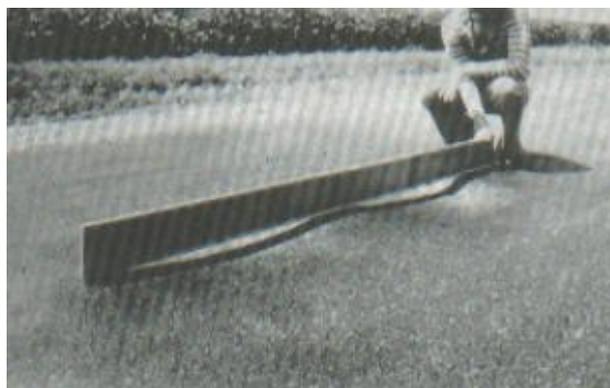
Esta falla es una serie de depresiones muy cercanas y ocurren en intervalos regulares, por lo general a menos de tres metros. Las cimas pueden ser perpendiculares a la dirección de tránsito. Se genera debido a la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base que no es estable.[17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): Genera una calidad de tránsito de baja severidad

Medio (M): Genera una calidad de tránsito de severidad media

Alto (A): Genera una calidad de tránsito de alta severidad



Gráfica 8 Falla tipo Corrugación

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Depresión o Hundimiento:**

Este tipo de falla son áreas que se localizan en la superficie del pavimento, son visibles después de la lluvia. Se generan debido a al asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. [17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): 13-25 mm

Medio (M): 25-51 mm

Alto (A): Más de 51 mm



Gráfica 9 Falla Tipo Depresión

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Grieta de borde:**

Las grietas de borde se definen como una falla representada de forma paralela en distancias de 0.30 y 0.60 m del borde del pavimento. Por lo general este daño se muestra como una aceleración de cargas de tránsito y el origen por debilitamiento ocasionados en condiciones climáticas, a veces los pedazos pueden removerse. [18]

Niveles de severidad:

L: Agrietamiento bajo sin fragmentación o desprendimiento

M: Grietas medias con algo de fragmentación o desprendimiento

H: Fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde



Gráfica 10. Grieta de Borde

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Grieta de reflexión de junta:**

Este daño ocurre en pavimentos con superficie asfáltico que se encuentran contruidos sobre una superficie de concreto, debido a esto no se incluyen a grietas de reflexión en tipos de base causadas por el movimiento de losas de concreto, no se relación el daño a las cargas, sin embargo, pueden causar roturas y originar la aparición de grietas. [18]

Nivel de severidad:

L: - Grieta sin relleno menos a 10.0 mm

- Grieta rellena con cualquier ancho

M: - Grieta sin relleno con ancho de 10.0 mm y 76.0 mm

- Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm

- Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero aleatorio

H: - Cualquier grieta rellena con agrietamiento medio o alta severidad

- grietas sin relleno de más 76.0 mm

- Grieta de cualquier ancho con fracturaciones alrededor



Gráfica 11. Grieta de reflexión de junta

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Desnivel carril / berma:**

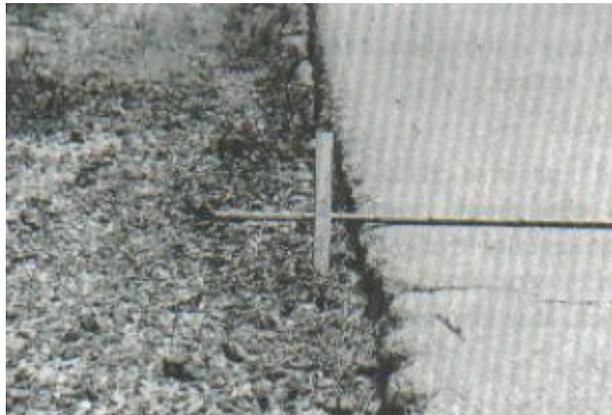
Esta falla hace referencia a una diferencia de niveles entre el borde de la capa de rodadura y la berma. Se origina debido a la erosión de la berma o también debido a la colocación de las sobrecarpetas en la calzada.

Nivel de severidad:

Bajo (B): La diferencia en elevación del borde del pavimento y la berma está 25-51 mm.

Medio (M): La diferencia en elevación 51 -102 mm.

Alto (A): La diferencia en elevaciones más de 102 mm.



Gráfica 12 Falla tipo Desnivel carril

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Grietas longitudinal y transversal:**

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o también a la dirección, puede ser generado por diversas causas como por ejemplo la contracción de la superficie de concreto que se encuentra a bajas temperaturas. Las grietas transversales son aquellas que se extienden a través del pavimento en ángulos casi rectos al eje de la dirección de construcción y no están asociadas con cargas.[17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): Grietas con un ancho menor a 10 mm

Medio (M): Grietas con un ancho que va de 10-76 mm

Alto (A): Grietas de un ancho mayor a 76 mm



Gráfica 13 Falla Tipo Grieta Longitudinal y Transversal

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Parcheo:**

Este tipo de falla viene a ser un parche en un área determinada del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento ya existente. Además de ser considerada un defecto dependiendo del comportamiento del mismo, sin embargo, no tiene el mismo comportamiento a diferencia de la sección original del pavimento.[17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): El parche se encuentra en condición óptima.

Medio (M): El parche está moderadamente deteriorado

Alto (A): El parche se encuentra en malas condiciones.

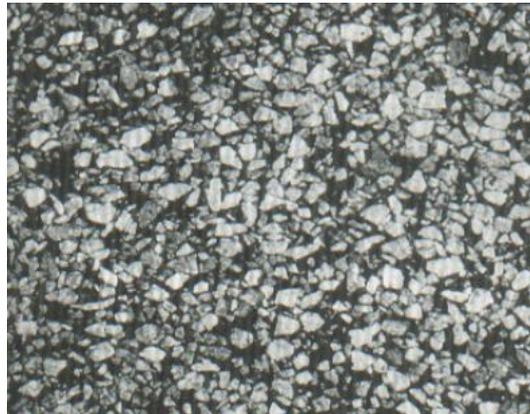


Gráfica 14 Falla tipo Parcheo

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Pulimento de agregados:**

Este daño se genera debido a la repetitiva acción de las cargas de tránsito, por lo que el agregado se vuelve suave al tacto, además de que la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. No se define ningún tipo de nivel de severidad.



Gráfica 15 Falla tipo Pulimento de Agregados

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras - 2002

- **Huecos:**

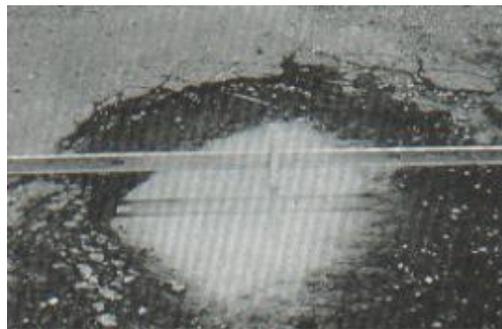
Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, con diámetros menores de 0.90 m y en forma de tazón, se incrementan debido a la acumulación de agua y son producidos cuando el tráfico arranca pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración progresa debido a puntos débiles en la base, subrasante o después de una falla por piel de cocodrilo de alta severidad. [18]

Niveles de severidad:

Tabla 1. Niveles de severidad para Huecos

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

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002



Gráfica 16. Hueco

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Cruce de vía férrea:**

El cruce de vía férrea está asociado a depresiones o abultamientos alrededor de los rieles. [18]

Niveles de severidad:

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad

M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de media severidad

H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad



Gráfica 17. Cruce de vía férrea

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Ahuellamiento:**

Este tipo de falla se representa por una depresión en las huellas de las ruedas, puede visualizarse como el levantamiento a los lados del ahuellamiento y en algunos casos es visible después de lluvias, derivándose de una deformación permanente. [18]

Niveles de severidad:

L: 6.0 a 13.0 mm

M: > 13.0 mm a 25.0 mm

H: > 25.0 mm



Gráfica 18. Ahuellamiento

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Desplazamiento:**

La falla por desplazamiento es un corrimiento longitudinal de un área localizada en la superficie debido a las cargas de tránsito, esto se debe cuando el tránsito empuja al pavimento producida como una onda corta y abrupta, ocurre normalmente en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestable. [18]

Niveles de severidad:

L: El desplazamiento causa calidad baja en el tránsito

M: El desplazamiento causa calidad media en el tránsito

H: El desplazamiento causa calidad alta en el tránsito



Gráfica 19. Desplazamiento d severidad alta

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- **Grieta parabólica:**

Se representan como grietas en forma de media luna creciente, se producen debido a las llantas de vehículos cuando frenan o giran produciendo un deslizamiento o deformación. Usualmente ocurren en presencia de la mezcla asfáltica con baja resistencia o e capa ligera. [18]

Niveles de severidad:

L: - Ancho promedio de grieta menor a 10.0 mm

M: - Ancho promedio de grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm

- Área alrededor de la grieta fracturada

H: - Ancho promedio de grieta mayor a 38.0 mm

- Área alrededor de grieta fracturada en pedazos



Gráfica 20. Grieta Parabólica

Fuente: *L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002*

- **Hinchamiento:**

Este tipo de falla se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento con una onda gradual de longitud mayor a 3.0 m. El hinchamiento es causado por congelamiento en la subrasante potencialmente expansivo. [18]

Niveles de severidad:

L: Causa calidad de tránsito de baja severidad, y puede ser detectado conduciendo a un límite de velocidad

M: Causa calidad de tránsito de severidad media

H: Causa calidad de tránsito de alta severidad.



Gráfica 21. Hinchamiento

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

- Desprendimiento de agregados:

Este tipo de falla es aquella en la que se evidencia el desprendimiento o pérdida del agregado en la superficie de la capa de rodadura, y se genera debido a que se ha perdido el ligante asfáltico y de las partículas sueltas del agregado. [17]

Nivel de severidad:

Bajo (B): Se evidencia la pérdida de agregados o del ligante.

Medio (M): La textura superficial tiene un aspecto rugoso y ahuecada.

Alto (A): La textura superficial tiene un aspecto rugoso y severamente ahuecada.



Gráfica 22 Falla tipo Desprendimiento de Agregados

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

1.4.13. Normativa

1.4.13.1. ASTM D6433

Se entiende por ASTM D6433 al procedimiento comprendido para la determinación del pavimento de caminos y estacionamientos por medio de una inspección visual empleando el método PCI, los valores establecidos se establecen en unidades de pulgada – libra considerándose como valores estándar, esta normativa no pretende solucionar aspectos de seguridad y determina su aplicación de limitaciones en su uso. [19]

1.4.13.1.1. Índice de condición del Pavimento (PCI- Paviment Condition Index)

1.4.13.1.1.1. Definición

El Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index), constituye una metodología de evaluación y calificación en pavimento rígidos y flexibles en la actualidad. Contiene una metodología de fácil aplicación donde se representa daños que se encuentra inducidos en una formulación de PCI, sus observaciones se rigen a patologías consideradas para cada tipo de falla. Al ser el pavimento un deterioro en función de daño, severidad y cantidad por lo que se introducen valores deducidos como un factor de ponderación a fin de poder identificar su grado de afectación. [18], [19]

1.4.13.1.1.2. Procedimiento de Cálculo

- Unidades de prueba

Se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- 2500 ± 1000 pies² (232 ± 93 m²), para pavimentos y caminos recubiertos de asfalto

- 220 ± 8 losas, para vías de concreto con juntas cada ≤ 25 ft, mientras que para juntas > 25 pies, juntas imaginarias ≤ 25 ft, la unidad de muestreo debe ser asumida. [18]

- **Determinación de las Unidades de Muestreo para la Evaluación:**

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

(Ec.1.1)

Donde:

n: Número de unidades de prueba a ser inspeccionadas.

N: Número total de unidades de prueba en la sección de pavimento.

e: error permitido en la estimación de la sección PCI ($e = 5$)

s: desviación estándar del PCI entre las unidades de prueba en la sección

Además, se debe tomar en cuenta que la desviación estándar PCI, se establece un valor de 10 para pavimentos de concreto asfáltico y un valor de 15 en pavimento de cemento portland. [17]

- **Selección de las Unidades de Muestreo para realizar la Inspección**

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

(Ec.1.2)

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo posible

n: Número mínimo de unidades para evaluar

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

1.4.13.1.1.3. Determinación PCI por Unidad de Muestra

Cálculo para Vías con capa de Rodadura Asfáltica:

1. Cálculo de los valores deducidos
2. Cálculo del Número Máximo Admisible de valores deducidos:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV_i)$$

(Ec.1.3)

Donde:

m_i: número aceptable de deducciones, incluyendo fracciones, para la unidad de prueba i.

HDV_i: valor deducido individual más alto para la unidad de prueba i.

3. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido, CDV
4. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido, CDV
5. Cálculo PCI restado de 100 el máximo CDV

No.	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1												
2												
3												
4												

Gráfica 23. Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – 2002

Valores deducidos

- Se procede a totalizar el tipo de daño encontrado, nivel de severidad, las cuales pueden estar sujetas a medidas de área, longitud o volumen.
- La cantidad se procede a dividir entre el área total y posterior se representa en porcentaje.
-
- El valor deducido se determina mediante las siguientes curvas establecidas:

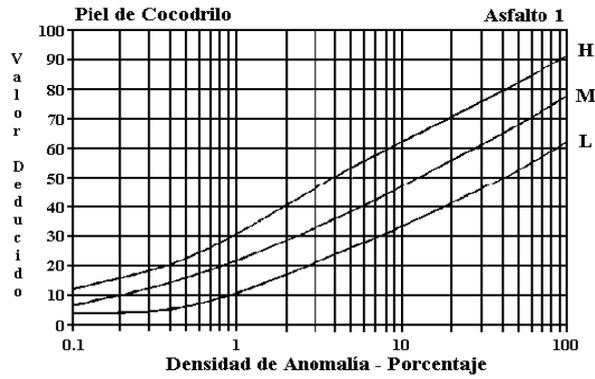


Figura B-20. Piel de Cocodrilo.

Gráfica 24 Gráfica Densidad - Porcentaje para Piel de Cocodrilo

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

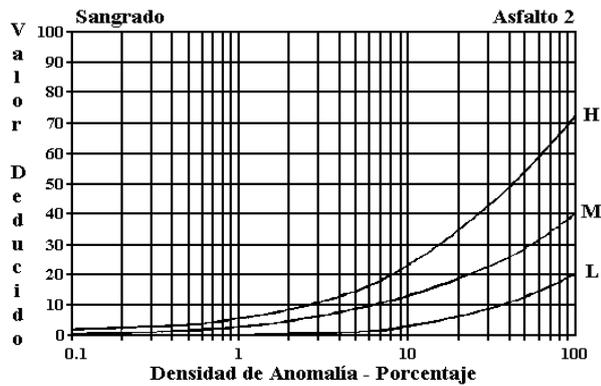


Figura B-21. Exudación ó Sangrado.

Gráfica 25 Gráfica Densidad - Porcentaje para Exudación

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

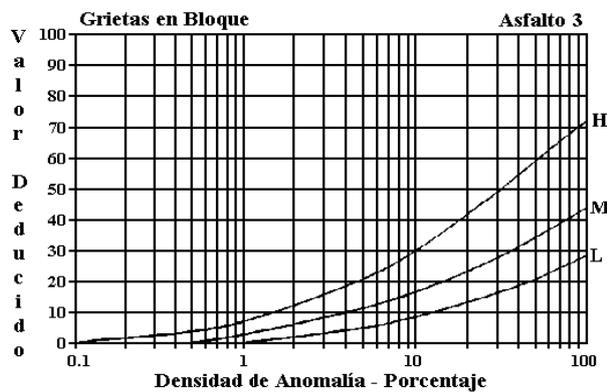


Figura B-22. Agrietamiento en Bloque.

Gráfica 26 Gráfica Densidad - Porcentaje para Agrietamiento en Bloque

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

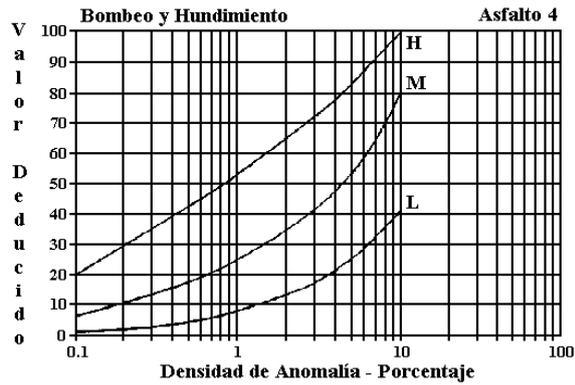


Figura B-23. Bombeo y Hundimiento.

Gráfica 27 Gráfica Densidad - Porcentaje para Bombeo y Hundimiento
 Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

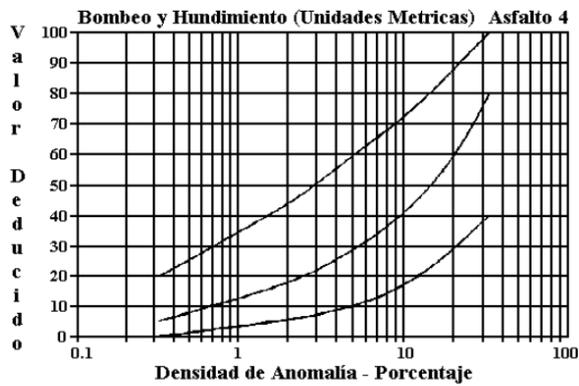


Figura B-24. Bombeo y Hundimiento (Unidades Métricas).

Gráfica 28 Densidad - Porcentaje para Bombeo y Hundimiento (unidades métricas)
 Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

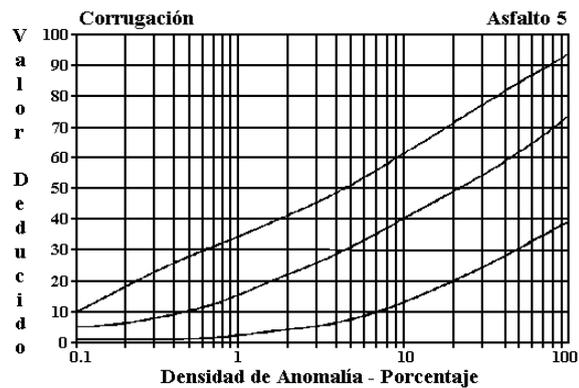


Figura B-25. Corrugación.

Gráfica 29 Gráfica Densidad - Porcentaje para Corrugación
 Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

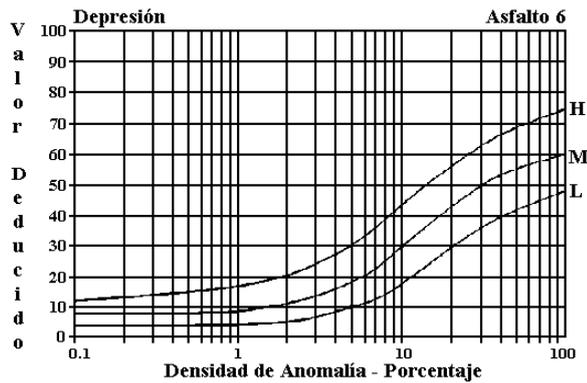


Figura B-26. Depresiones.

Gráfica 30 Gráfica Densidad - Porcentaje para Depresiones

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

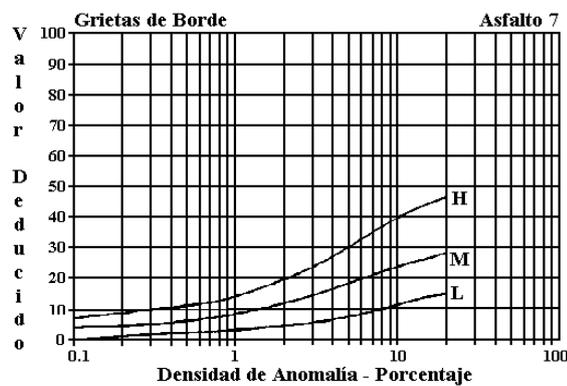


Figura B-27. Agrietamiento de Borde.

Gráfica 31 Gráfica Densidad - Porcentaje para Agrietamiento de Borde

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

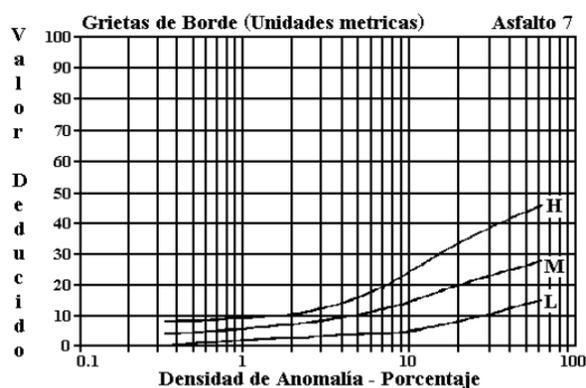


Figura B-28. Agrietamiento de Borde (Unidades Métricas).

Gráfica 32 Gráfica Densidad – Agrietamiento de borde (unidades métricas)

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

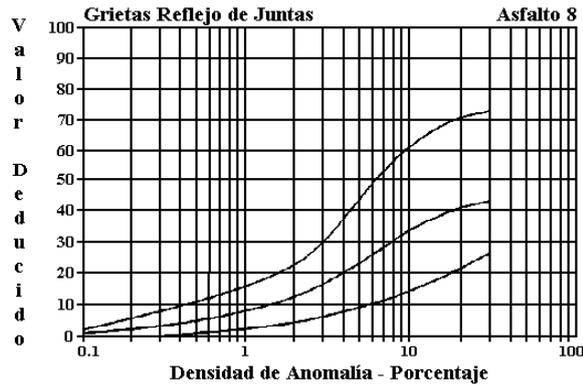


Figura B-29. Agrietamiento Reflejo de Juntas.

Gráfica 33 Gráfica Densidad - Porcentaje para Grieta Reflejo de Juntas

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

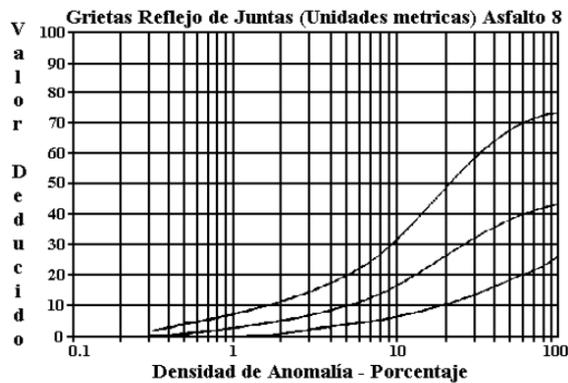


Figura B-30. Agrietamiento Reflejo de Juntas (Unidades Métricas).

Gráfica 34 Gráfica Densidad - Porcentaje para Grieta Reflejo de Juntas (unidades métricas)

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

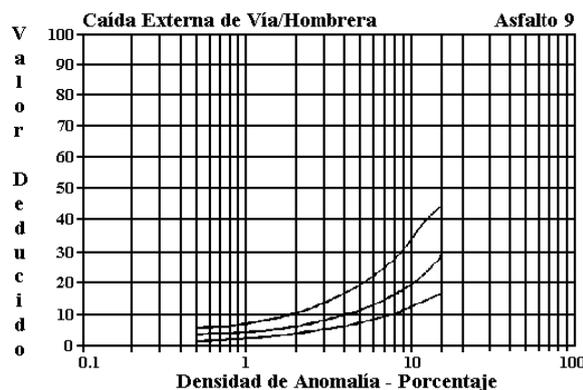


Figura B-31. Caída Externa de Vía / Hombrera.

Gráfica 35 Densidad - Porcentaje para Caída externa de vía

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

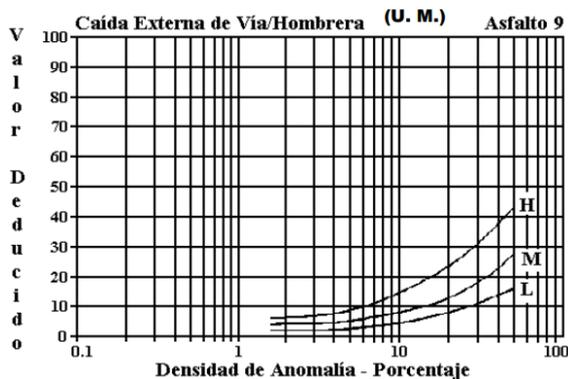


Figura B-32. Caída Externa de Vía / Hombarrera (Unidades Métricas).

Gráfica 36 Densidad - Porcentaje para Caída externa de vía (unidades métricas)
 Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

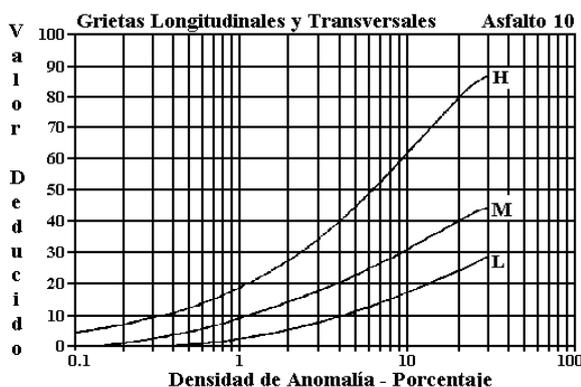


Figura B-33. Agrietamiento Longitudinal y Transversal.

Gráfica 37 Densidad - Porcentaje para Grietas Longitudinales y Transversales
 Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

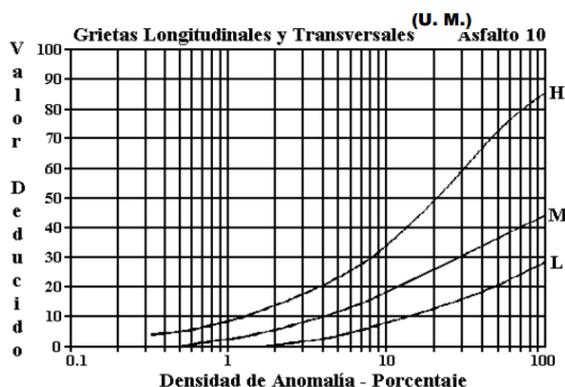


Figura B-34. Agrietamiento Longitudinal y Transversal (Unidades Métricas).

Gráfica 38 Densidad - Porcentaje para Grietas Longitudinales y Transversales (Unidades métricas)
 Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

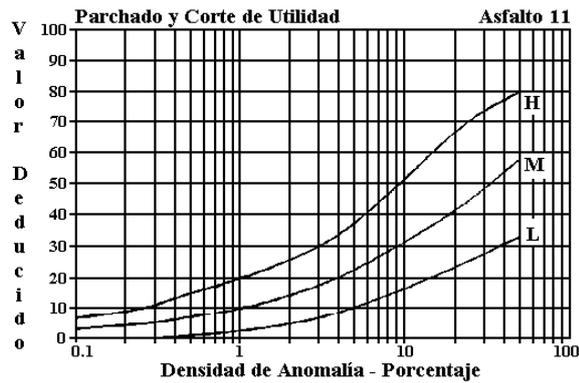


Figura B-35. Parchados.

Gráfica 39 Densidad - Porcentaje para Parcheo

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

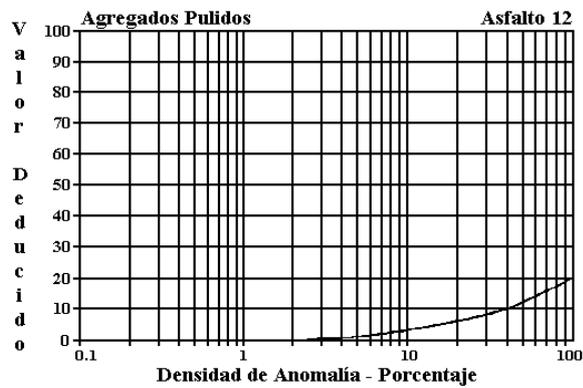


Figura B-36. Agregados Pulidos.

Gráfica 40 Densidad – Agregado de Pulidos

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

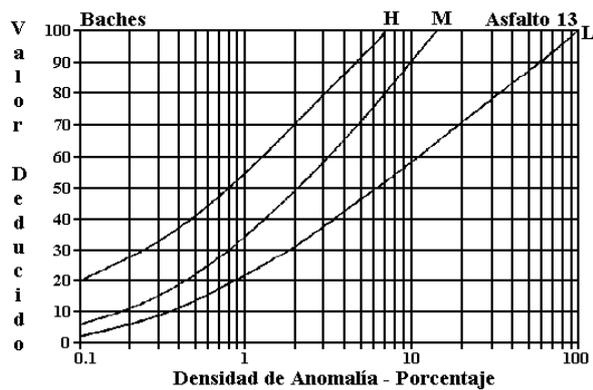


Figura B-37. Baches.

Gráfica 41 Densidad – Baches

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

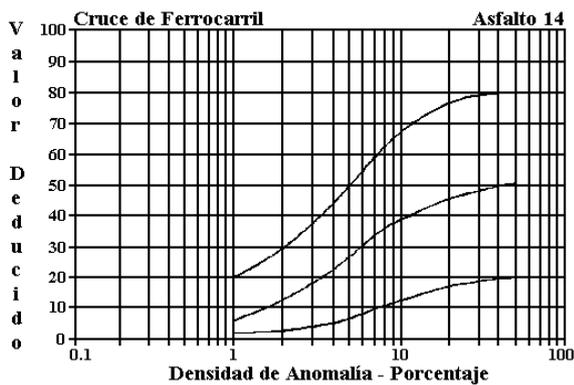


Figura B-39. Cruce de Ferrocarril.

Gráfica 42 Densidad – Cruce de Ferrocarril

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

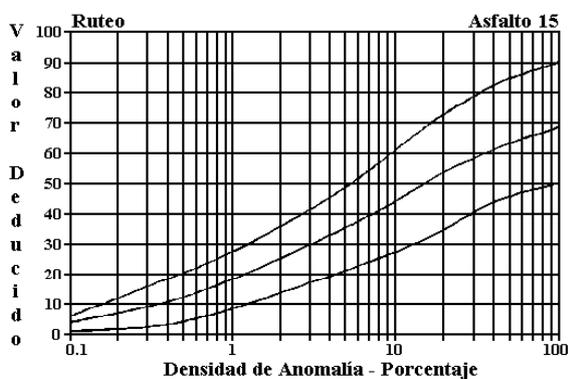


Figura B-40. Ruteo.

Gráfica 43 Densidad – Ruteo

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

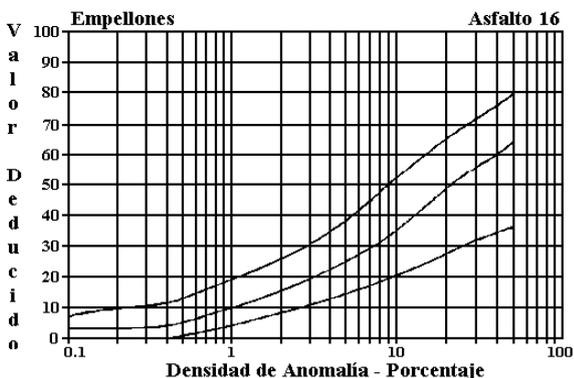


Figura B-41. Empellones.

Gráfica 44 Densidad – Empellones

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

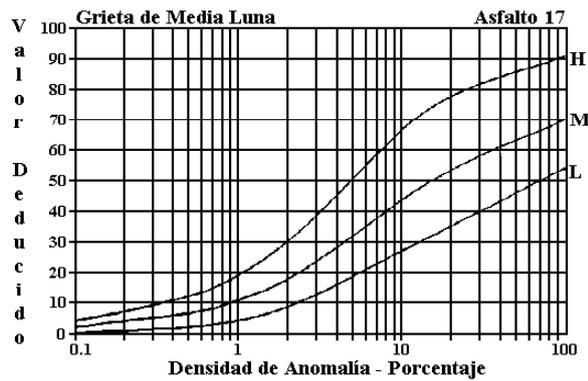


Figura B-42. Agrietamiento Medio Luna.

Gráfica 45 Densidad – Agrietamiento de Medio Luna

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

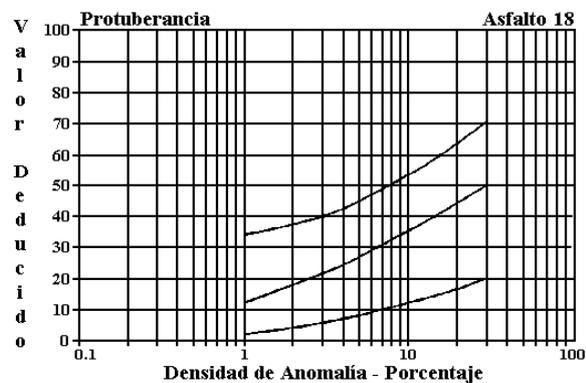


Figura B-43. Protuberancia.

Gráfica 46 Densidad – Protuberancia

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

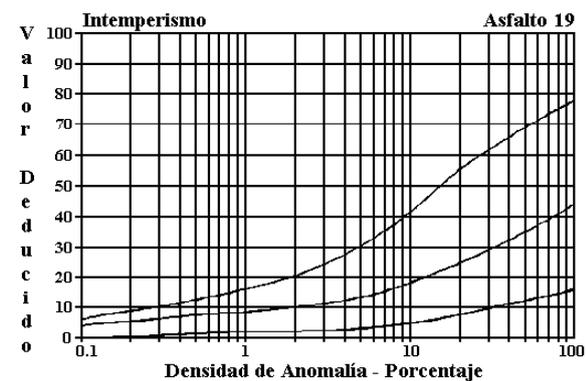


Figura B-44. Intemperismo.

Gráfica 47 Densidad – Intemperismo

Fuente: L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras-2002

1.4.13.1.1.4. Determinación PCI de la sección

Si es que todas las unidades de prueba en la sección son evaluadas, el PCI de la sección calculada como la media de los PCI de todas las unidades de prueba.

En caso de utilizarse la técnica de muestreo se procede con el empleo de otro procedimiento. En caso de que la selección de unidades de muestreo para la inspección haya sido por la técnica aleatoria sistemática el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Al usarse unidades de muestreo adicionales se utiliza el promedio ponderado calculado de la siguiente forma:[17]

$$PCI_s = \frac{(N - A) * PCI_r + A * PCI_a}{N}$$

(Ec.1.4)

Nomenclatura:

PCIs: PCI de la sección pavimentada

PCIr : PCI medio de las muestras aleatorias (o representativas)

PCIA: PCI medio de las muestras adicionales

N: Número total de muestras en la sección

A : número total de muestras adicionales inspeccionadas

1.4.14. Mantenimiento y Rehabilitación

1.4.14.1. Tipos de Mantenimiento Vial

1.4.14.1.1. Mantenimiento Rutinario

Este mantenimiento es aquel que se realiza con la finalidad de poder dar una mejor vida útil al pavimento mediante con una serie de estrategias que reducirían un deterioro progresivo con la aplicación de tratamientos superficiales. La aplicación de este tipo de mantenimiento es de suma importancia puesto que al aplicarse un procedimiento adecuado a un tiempo determinado se podría menorar los costos de reparación. [20]

1.4.14.1.2. Mantenimiento Periódico

Este tipo de mantenimiento permite que se realicen prácticas dentro del pavimento que ayude a prolongar la vida útil de las vías, se lo emplea de forma periódica siempre tomando en cuenta una previa programación, los cuales pueden ser en periodos mayores a un año.[20]

1.4.15. Precios Unitarios

Los precios unitarios conformados para la ejecución de una obra tanto pública como privada siempre tomando en cuenta los salarios y presupuestos vigentes dentro del año. Para así de esta forma haya una concordancia con los procedimientos constructivos.[21]

1.4.16. ArcGis

Es un sistema de información geográfica SIG, que posee un conglomerado de varias herramientas que permiten almacenar, capturar, administrar y analizar información de manera digital, tales como la representación de gráficos, mapas o datos que pueden ser alfanuméricos.[22]

1.5. Hipótesis

Evaluación de la infraestructura vial de los distintos tipos de pavimentos existentes dará como dato el estado en el que se encuentra la capa de rodadura de las vías en el sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva

1.5.1. Identificación de Variables:

De la Tesis, “Evaluación de las vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva” Se ha podido identificar las variables tanto dependiente como independiente de la siguiente manera:

1.5.1.1.Variable Independiente

Evaluación de la infraestructura vial

1.5.1.2.Variable Dependiente

Dar a conocer el estado en el que se encuentra la capa de rodadura de las vías en el sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva

1.6. Objetivos

1.6.1. General:

Evaluar el estado de las vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva

1.6.2. Específicos:

- Realizar una georreferencia de las vías urbanas del sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva
- Evaluar las condiciones actuales que tienen las calles, avenidas, aceras y bordillos en el área urbana primera etapa.
- Definir las especificaciones, precios unitarios y presupuesto para realizar trabajos de mantenimiento vial.
- Entregar una base de datos que permita retroalimentar evaluaciones futuras de las calles, avenidas, aceras y bordillos de la zona de estudio.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA:

2.1. Materiales y Equipos

- **Equipos:**

- ✓ Sistema de posicionamiento global (GPS)



Gráfica 48 GPSMAP Garmin 64s
Fuente: Página Web Garmin

- **Materiales:**

- ✓ Odómetro



Gráfica 49 Odómetro
Fuente: Página Web Tecnofast

- ✓ Flexómetro



Gráfica 50 Flexómetro
Fuente: Página Web Tecnofast

- ✓ Pintura en aerosol



Gráfica 51 Pintura en aerosol
Fuente: Página web Abrodesivos

- ✓ Cámara Fotográfica



Gráfica 52 Cámara Fotográfica
Fuente: Página Web Xataka

- ✓ Pie de Rey



Gráfica 53 Pie de Rey
Fuente: Kywi

de falla existente, el nivel de severidad, la ubicación geográfica, la longitud o el parámetro de la falla encontrada.

2.3. Métodos

2.3.1. Plan de Recolección de Datos

Preguntas Básicas		Explicaciones
1.	¿Para qué?	- Para la identificación de las fallas dentro de las vías urbanas del cantón Ambato y de esta forma poder proponer un método de mantenimiento y conservación.
2.	¿De qué personas u objetos?	- Dentro del sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva
3.	¿Sobre qué aspectos?	- Sobre el estado actual de las vías y también de las fallas existentes en la zona a evaluar.
4.	¿Quién?	- Autora: María Cristina Chico Alvarado - Tutor: Ing. Byron Cañizares Mg.
5.	¿Dónde?	- Vías urbanas del sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva
6.	¿Cómo?	- Investigación Bibliográfica - Investigación de Campo

Tabla 2 Plan de Recolección de Información
Fuente: Cristina Chico -2023

2.3.3.3. Evaluación del Método PCI

Par la ficha del método PCI se toma en cuenta datos como el tipo de falla encontrada dentro de los tramos a ser evaluados donde se las clasifica según su nivel de severidad, la unidad de medida. De tal modo que se ha definido de la siguiente forma:

Tabla 5 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
 													
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON													
MÉTODO PCI													
Nombre de vía:				Sector:									
Sección:				Fecha:									
Unidad de muestreo:				Realizado por:									
Área de unidad:													
Nº	Tipos de Fallas			Esquema									
1	Piel de Cocodrilo (m2)												
2	Exudación (m2)												
3	Agrietamiento en bloque (m2)												
4	Abultamientos y hundimientos (m)												
5	Corrugación (m2)												
6	Depresión o Hundimiento (m2)												
7	Grieta de borde (m)												
8	Grieta de reflexión de junta (m)												
9	Desnivel carril / berma (m)												
10	Grietas longitudinal y transversal (m)												
11	Parcheo (m2)												
12	Pulimento de agregados (m2)												
13	Huecos (unidad)												
14	Cruce de vía férrea (m2)												
15	Ahuellamiento (m2)												
16	Desplazamiento (m2)												
17	Grieta parabólica (m2)												
18	Hinchamiento (m2)												
19	Desprendimiento de agregados (m2)												
Niveles de Severidad		FALLA TIPO											
Bajo	B	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
Medio	M												
Alto	A												
TOTAL	BAJO												
	MEDIO												
	ALTO												
CÁLCULO DEL PCI													
Número de valores deducidos >2 (q)		Valor deducido más alto =				0		Número máximo de VD (m) =		10.18			
Tipo de daño	Severidad	Total				Densidad (%)				Valor Deducido			
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)												0	
Nº	VALORES DEDUCIDOS						Total	q	VDC				
1													
2													
3													
MÁXIMO (CDV)=												0	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - Máx.(VDC)$					
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								MUY POBRE					

Fuente: Elaboración propia adaptada a L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras

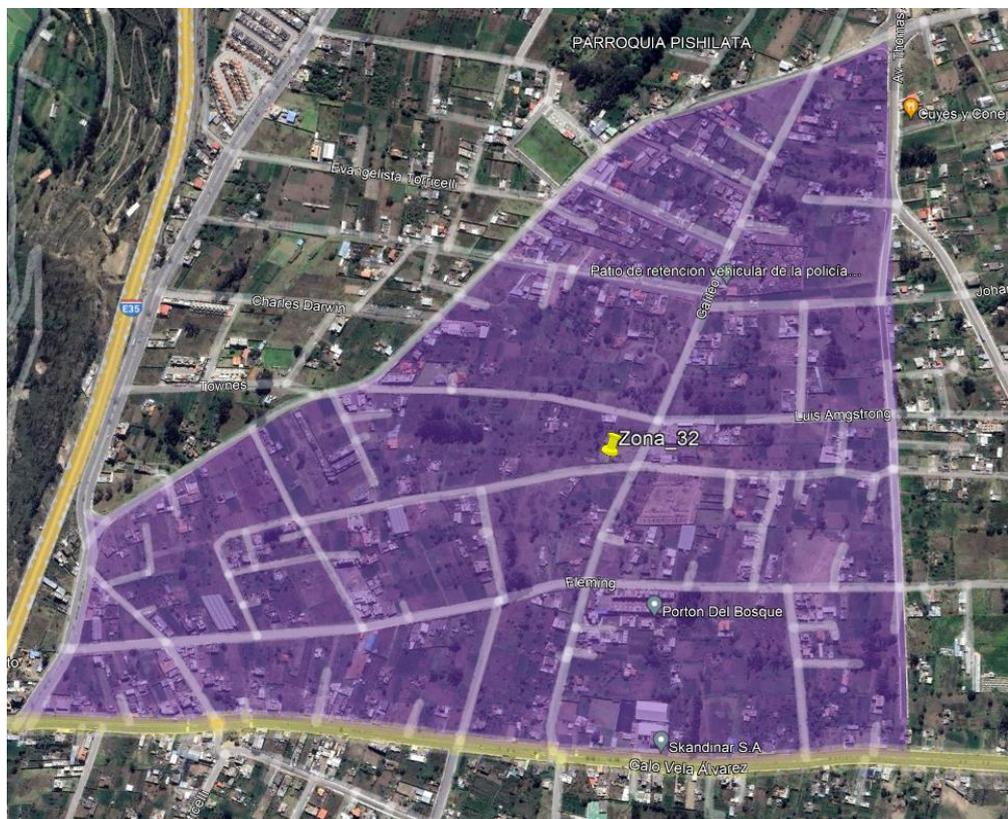
CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Ubicación del Proyecto

La zona a ser evaluada se encuentra dentro de la provincia de Tungurahua del cantón Ambato en el sector comprendido entre las calles Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva. Dentro del presente trabajo experimental se analizarán todas las vías internas encontradas dentro de la zona de estudio como también las vías de su perímetro.



Gráfica 56 Ubicación del Proyecto

Fuente: Google Earth Pro, 2023

3.1.2. Georreferenciación de las vías urbanas del sector

Se procedió con la georreferenciación en la zona de estudio mediante la utilización de un GPS (Garmin 64s) para así poder determinar las coordenadas UTM WGS 84 de las vías existentes dentro del perímetro, para de esta forma dar paso a la evaluación visual y obtener una base de datos en la que consten las fallas, el área afectada y el nivel de severidad de cada una de ellas, a continuación, se presenta las vías a ser evaluadas:

Tabla 6 Vías a ser evaluadas

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil 				
Georreferenciación de Vías				
Nº Via	Nombre	Ancho	Longitud	Tipo
1	Av. Galo Vera	7.80	1595	Pavimento Flexible
2	Fleming	7.00	1494	Calle de Tierra
3	Av. Albert Einstein	7.98	303	Pavimento Flexible
4	Gauss	7.00	277	Calle de Tierra
5	Benjamín Franklin	7.98	1258	Pavimento Flexible
6	Cristian Bamard	9.50	1365	Calle de Tierra
7	Luis Amgstrong	9.70	962	Calle de Tierra
8	Johanes Gutenberg	9.90	702	Calle de Tierra
9	Henry Cavendish	6.75	236	Calle de Tierra
10	Isac Newton	7.10	194	Calle de Tierra
11	Galileo	11.00	1079	Calle de Tierra
12	Oppenheimer	9.80	320	Calle de Tierra
13	S/N	7.98	373	Calle de Tierra
14	Lloyd Wright	7.00	396	Calle de Tierra
15	Av. Thomas Alva Edison	7.00	1170	Pavimento Flexible
LONGITUD TOTAL			11724	

Fuente: Cristina Chico (2023)

Tabla 7 Coordenadas límites de la zona de estudio

Av. Thomas Alva Edison		
	X	Y
INICIO	767904	9859474
FIN	768010	9860604
Av. Galo Vera		
	X	Y
INICIO	766465	9860155
FIN	767897	9859468
Av. Albert Einstein		
	X	Y
INICIO	766457	9860168
FIN	766649	9860369
Benjamín Franklin		
	X	Y
INICIO	766673	9860385
FIN	768008	9860608

Fuente: Cristina Chico (2023)

3.1.3. Evaluación Visual de las Vías

La evaluación visual se la realizó mediante un registro de datos de todas las fallas localizadas dentro de la zona, en donde se pudo obtener anomalías en pavimento flexible puesto que las demás vías internas eran calles lastradas o de tierra.

3.1.3.1. Fallas en Pavimento Flexible

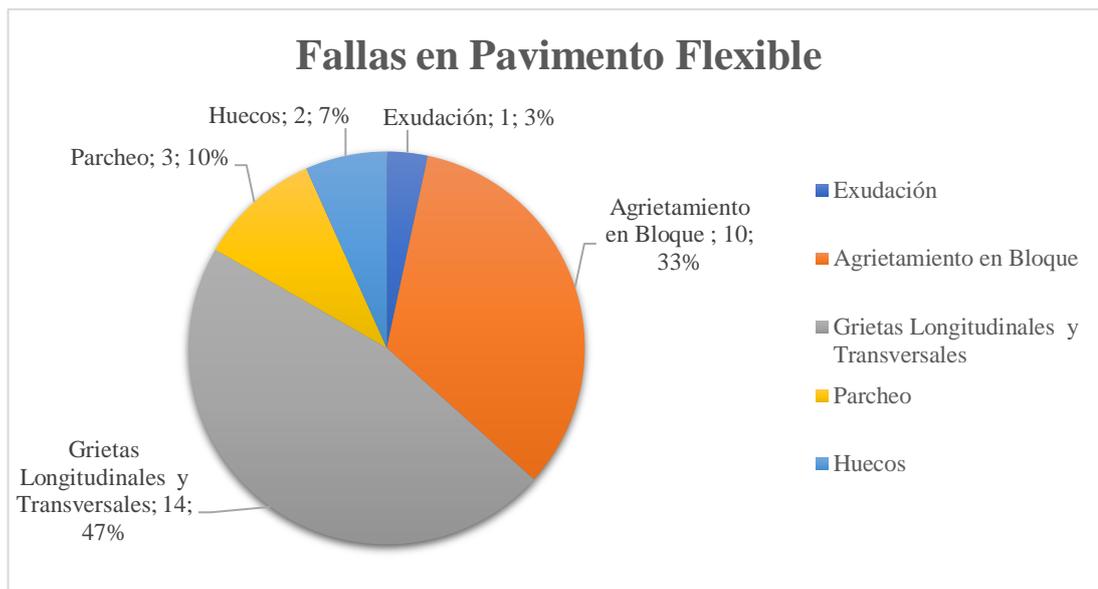
Dentro de la Zona de estudio se ha encontrado un total de 30 fallas en pavimento flexible, las cuales han sido en base a la norma ASTM D 6433. Del total de fallas encontradas existen 5 tipos de fallas diferentes, las cuales se indican a continuación:

Tabla 8 Tipos de fallas encontradas dentro de la zona de estudio

Fallas Pavimento Flexible		
Simbología	Tipo de Falla	Cantidad
B	Exudación	1
C	Agrietamiento en Bloque	10
J	Grietas Longitudinales y Transversales	14
K	Parcheo	3
M	Huecos	2
TOTAL:		30

Fuente: Cristina Chico (2023)

En la siguiente gráfica se indica los 5 tipos de fallas encontradas en la capa de rodadura, donde se ha podido evidenciar que existe un mayor número de fallas tipo Grietas longitudinales y transversales con un total del 14 fallas correspondientes a un 47%, en segundo lugar la falla tipo Agrietamiento en bloque con un total de 10 fallas correspondientes al 25%, la falla tipo parcheo con un total de 3 fallas correspondientes al 10%, la falla tipo huecos con un total de 2 fallas correspondientes al 7% y finalmente la falla tipo exudación con un total de 1 falla correspondiente al 3%.



Gráfica 57 Fallas existentes en Pavimento Flexible

Fuente: Cristina Chico (2023)

- **Grietas Longitudinales y Transversales**

Se encontró un total de 14 fallas de este tipo las cuales presentaban un nivel de severidad bajo, para lo cual una forma de reparación viene a ser la aplicación de un sellado de grietas tanto longitudinales como transversales en la superficie afectada. Además, que este tipo de falla viene a generarse por la contracción de la capa asfáltica ocasionado por las bajas temperaturas produciendo el endurecimiento del pavimento.

- **Agrietamiento en Bloque**

Se encontró un total de 10 fallas de este tipo las cuales presentaban un nivel de severidad bajo, para lo cual una forma de reparación viene a ser la ejecución de un sellado dentro de la superficie afectada. Además, se debe de considerar que este tipo de falla se genera debido a la contracción del hormigón asfáltico ocasionado por los cambios de temperatura.

- **Parqueo**

Se encontró un total de 3 fallas de este tipo las cuales presentaban un nivel de severidad bajo, para lo cual una forma de reparación viene a ser un bacheo cuando se encuentra en un nivel de deterioro alto. Además, se debe de considerar que este tipo de falla viene a ser fragmentos del pavimento que han sido removidos y vueltos a colocar, sin embargo, el paso del tiempo hace que presenten rugosidad o fisuras en sus extremos.

- **Huecos**

Se encontró un total de 2 fallas de este tipo las cuales presentaban un nivel de severidad bajo, para lo cual una forma de reparación viene a ser un bacheo. Además, se debe de considerar que este tipo de falla se origina debido al desprendimiento de fragmentos del pavimento que permite el paso de infiltración de agua haciendo que siga creciendo en diámetro.

- **Exudación**

Se encontró 1 fallas de este el cual presenta un nivel de severidad bajo, para lo cual una forma de reparación viene a ser la aplicación de slurry o arena. Además, se debe de considerar que este tipo de falla se origina debido a exceso de ligante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire.

3.1.4. Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Dentro del método PCI, se estableció 3 vías principales como son las avenidas Galo Vera, Benjamín Franklin y Av. Thomas Alva Edison, para ello es indispensable establecer cálculos que determinen la condición del pavimento:

Los cálculos a realizar son los siguientes:

AV. GALO VERA

Tabla 9 Datos Av. Galo Vera

Nombre de Vía:	Galo Vera
Longitud de la Vía:	1595
Ancho de la Vía:	7.80 m
Longitud de unidad de muestra:	21.00 m

Fuente: Chico Cristina (2023)

- **Área de Unidad de Muestra**

ASTM D6433, inciso (2.1.7) menciona que el área de muestreo es: $225 \pm 90 \text{ m}^2$

$$A_{\text{Muestra}} = \text{Ancho de vía} * \text{Long. de unidad de muestra} \quad (\text{Ec.3.1})$$

$$A_{\text{Muestra}} = 7.80 \text{ m} * 21.00 \text{ m}$$

$$A_{\text{Muestra}} = 163.80 \text{ m}^2 \therefore \text{Cumple}$$

- **Número Total de la Muestra (N)**

$$N = \frac{\text{Long. Vía}}{\text{Long. Unidad de Muestra}} \quad (\text{Ec.3.2})$$

$$N = \frac{1595 \text{ m}}{21 \text{ m}}$$

$$N = 76 \text{ unidades}$$

- **Número Mínimo de Unidades a Evaluar (n)**

Según la Norma ASTM D6433, inciso (7.5.2) menciona que desviación estándar es $s=10$

Según la Norma ASTM D6433, inciso (7.5.2) menciona que el error aceptable es $e=5\%$

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

(Ec.3.3)

$$n = \frac{76 * 10^2}{\left(\frac{5^2}{4}\right) * (36 - 1) + 10^2}$$

$$n = 13.36 \rightarrow 13 \text{ unidades}$$

- **Intervalo de Muestreo (i):**

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

(Ec.3.4)

$$i = \frac{76}{13}$$

$$i = 6.00$$

Dentro del cálculo se establece, 13 unidades a evaluar con intervalos de 6 unidades para toda la longitud total:

Tabla 10 Unidades a ser intervenidas

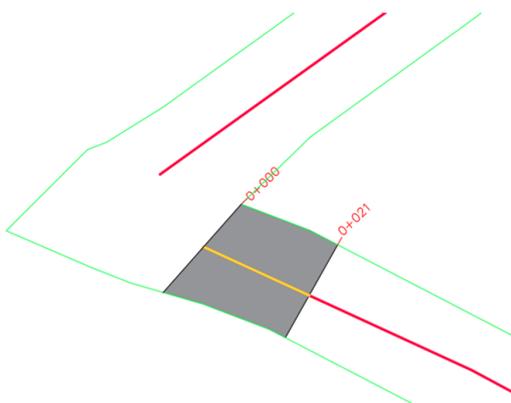
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON					
TRAMOS PARA UNIDADES DE MEDIDA PCI					
Nombre de Vía:	Av. Galo Vera	Sector:		Pishilata	
Abscisa Inicial:	0+000	Elaborado por:		Chico Cristina	
Abscisa Final:	1+595				
UNIDADES DE MUESTRA Y MUESTREO					
Según la Norma ASTM D6433, inciso (2.1.7) menciona que el área de muestreo es: 230 ± 93 m ² .				Máximo	315
				Mínimo	135
Longitud de Medida:	1595.00	m	Ancho de la Vía:		7.80
Longitud de unidad de muestra:	21.00	m			
CÁLCULO					
Área de Muestra:	163.80			CUMPLE	
Número Total de Muestra (N):	75.95		⇒	76.00	
Número Mínimo de unidades a evaluar (n):					
Según la Norma ASTM D6433, inciso (7.5.2) menciona que desviación estándar es s=10				13.36	
Según la Norma ASTM D6433, inciso (7.5.2) menciona que el error aceptable es e=5%				⇒	13.00
Intervalo de Muestreo (i):			5.85	⇒	6.00
UNIDADES A SER INTERVENIDAS					
N° Tramo	Abscisa		N° Tramo	Abscisa	
	Inicial	Final		Inicial	Final
1	0+000	0+021	43	0+882	0+903
7	0+126	0+147	49	1+008	1+029
13	0+252	0+273	55	1+134	1+155
19	0+378	0+399	61	1+260	1+281
25	0+504	0+525	67	1+386	1+407
31	0+630	0+651	73	1+512	1+533
37	0+756	0+777			

Fuente: Chico Cristina (2023)

- **Ficha empleada en el Método PCI**

Dentro de la evaluación de cada tramo, se considera el cálculo del valor PCI, donde se establece la siguiente tabla:

Tabla 11 Índice de Condición de Pavimentos

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO											
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON													
MÉTODO PCI													
Nombre de vía:		Av. Galo Vera		Sector:		Pishilata							
Sección:		0+000 a 0+021		Fecha:		08 de Marzo del 2023							
Unidad de muestreo:		Tramo 1		Realizado por:		Chico Cristina							
Área de unidad:		163.80											
Nº		Tipos de Fallas			Esquema								
A		Piel de Cocodrilo (m2)											
B		Exudación (m2)											
C		Agrietamiento en bloque (m2)											
D		Abultamientos y hundimientos (m)											
E		Corrugación (m2)											
F		Depresión o Hundimiento (m2)											
J		Grieta de borde (m)											
H		Grieta de reflexión de junta (m)											
I		Desnivel carril / berma (m)											
J		Grietas longitudinal y transversal (m)											
K		Parcheo (m2)											
L		Pulimento de agregados (m2)											
M		Huecos (unidad)											
N		Cruce de vía férrea (m2)											
O		Ahuellamiento (m2)											
P		Desplazamiento (m2)											
Q		Grieta parabólica (m2)											
R		Hincharamiento (m2)											
S		Desprendimiento de agregados (m2)											
FALLA TIPO													
Niveles de Severidad		J		M		S							
Bajo	B	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
Medio	M	64.74	B	7.82	B	158.73	B						
Alto	A												
TOTAL	BAJO	64.74		7.82		158.73							
	MEDIO												
	ALTO												
CÁLCULO DEL PCI													
Número de valores deducidos >2 (q)		Valor deducido más alto =		44		Número máximo de VD (m) =		6.14					
Tipo de daño	Severidad	Total				Densidad (%)		Valor Deducido					
J	B	64.74				39.52%		18					
M	B	7.82				4.77%		44					
S	B	158.73				96.90%		15					
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)								77					
Nº	VALORES DEDUCIDOS						Total	q	VDC				
1	44	18	2.1				64.1	3	41				
2	44	18	2				64	2	46				
3	44	2	2				48	1	48				
MÁXIMO (CDV)=								48					
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)						$PCI = 100 - Máx.(VDC)$		52					
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						REGULAR							

Fuente: Chico Cristina (2023)

- **Resultados obtenidos dentro del Método PCI**

AV. GALO VERA

Según los cálculos determinados en los tramos de unidades de medida del método PCI, se determinaron 13 tramos de muestra, donde los resultados PCI son los siguientes:

Tabla 12 Resultados del Método PCI – Av. Galo Vera

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON						
NOMBRE DE VÍA :			Av. Galo Vera			
Nro. Muestra	Área (m2)	Abscisas		PCI	Clasificación	Intervención
		Inicial	Final			
Muestra 1	163.80	0+000	0+021	52	Regular	Mantenimiento
Muestra 2	163.80	0+126	0+147	75	Muy Bueno	Mantenimiento
Muestra 3	163.80	0+252	0+273	74	Muy Bueno	Mantenimiento
Muestra 4	163.80	0+378	0+399	98	Fallado	Reconstrucción
Muestra 5	163.80	0+504	0+525	76	Muy Bueno	Mantenimiento
Muestra 6	163.80	0+630	0+651	48	Regular	Mantenimiento
Muestra 7	163.80	0+756	0+777	8	Fallado	Reconstrucción
Muestra 8	163.80	0+882	0+903	16	Muy Pobre	Reconstrucción
Muestra 9	163.80	1+008	1+029	47	Regular	Mantenimiento
Muestra 10	163.80	1+134	1+155	64	Bueno	Mantenimiento
Muestra 11	163.80	1+260	1+281	71	Muy Bueno	Mantenimiento
Muestra 12	163.80	1+386	1+407	48	Regular	Mantenimiento
Muestra 13	163.80	1+512	1+533	72	Muy Bueno	Mantenimiento
Promedio PCI				56.42	Regular	Mantenimiento

Fuente: Chico Cristina (2023)

Se obtiene un promedio de 56.42, donde se determina que el estado del pavimento se encuentra en una clasificación Regular, donde se necesitará un mantenimiento periódico en la vía.

AV. BENJAMÍN FRANKLIN

Según los cálculos determinados en los tramos de unidades de medida del método PCI, se determinaron 12 tramos de muestra, donde los resultados PCI son los siguientes:

Tabla 13 Resultados del Método PCI – Av. Benjamín Franklin

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON						
NOMBRE DE VÍA :			Av. Benjamín Franklin			
Nro. Muestra	Área (m2)	Abscisas		PCI	Clasificación	Intervención
		Inicial	Final			
Muestra 1	223.44	0+000	0+028	49	Regular	Mantenimiento
Muestra 2	223.44	0+112	0+140	49	Regular	Mantenimiento
Muestra 3	223.44	0+224	0+252	53	Regular	Mantenimiento
Muestra 4	223.44	0+336	0+364	58	Bueno	Mantenimiento
Muestra 5	223.44	0+448	0+476	62	Bueno	Mantenimiento
Muestra 6	223.44	0+560	0+588	46	Regular	Mantenimiento
Muestra 7	223.44	0+672	0+700	54	Regular	Mantenimiento
Muestra 8	223.44	0+784	0+812	57	Bueno	Mantenimiento
Muestra 9	223.44	0+896	0+924	40	Pobre	Rehabilitación
Muestra 10	223.44	1+008	1+036	52	Regular	Mantenimiento
Muestra 11	223.44	1+120	1+148	52	Regular	Mantenimiento
Muestra 12	223.44	1+232	1+258	56	Bueno	Mantenimiento
Promedio PCI				52.33	Regular	Mantenimiento

Fuente: Chico Cristina (2023)

Se obtiene un promedio de 52.33, donde se determina que el estado del pavimento se encuentra en una clasificación Regular, donde se necesitará un mantenimiento periódico en la vía.

AV. THOMAS ALVA EDISON

Según los cálculos determinados en los tramos de unidades de medida del método PCI, se determinaron 13 tramos de muestra, donde los resultados PCI son los siguientes:

Tabla 14 Resultados del Método PCI – Av. Galo Vera

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON						
NOMBRE DE VÍA :			Av. Thomas Alva Edison			
Nro. Muestra	Área (m2)	Abscisas		PCI	Clasificación	Intervención
		Inicial	Final			
Muestra 1	161.00	0+000	0+023	87	Excelente	Mantenimiento
Muestra 2	161.00	0+092	0+115	87	Excelente	Mantenimiento
Muestra 3	161.00	0+184	0+207	93.7	Excelente	Mantenimiento
Muestra 4	161.00	0+276	0+299	93.7	Excelente	Mantenimiento
Muestra 5	161.00	0+368	0+391	99	Excelente	Mantenimiento
Muestra 6	161.00	0+460	0+483	87	Excelente	Mantenimiento
Muestra 7	161.00	0+552	0+575	99	Excelente	Mantenimiento
Muestra 8	161.00	0+644	0+667	87	Excelente	Mantenimiento
Muestra 9	161.00	0+736	0+759	87	Excelente	Mantenimiento
Muestra 10	161.00	0+828	0+851	99	Excelente	Mantenimiento
Muestra 11	161.00	0+920	0+943	99	Excelente	Mantenimiento
Muestra 12	161.00	1+012	1+035	99	Excelente	Mantenimiento
Muestra 13	162.00	1+104	1+127	99	Excelente	Mantenimiento
Promedio PCI				93.12	Excelente	Mantenimiento

Fuente: Chico Cristina (2023)

Se obtiene un promedio de 92.12, donde se determina que el estado del pavimento se encuentra en una clasificación Excelente, donde se necesitará un mantenimiento rutinario en la vía.

3.1.5. Análisis de Precios Unitarios

Tabla 15 Presupuesto Referencial de vías estudiadas

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON					
PRESUPUESTO REFERENCIAL					
Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE					
1	Sellado de fisuras longitudinales y transversales	m	19.50	1.74	33.93
<i>TOTAL</i>					33.93
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					
1	Sellado de fisuras longitudinales y transversales	m	51.50	1.74	89.61
<i>TOTAL</i>					89.61
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS					
2	Capa de mortero asfáltico - slurry	m ²	152.00	2.51	381.52
3	Transporte de agregados para micropavimento y/o slurry	m ³ -km	50.00	0.28	14.00
<i>TOTAL</i>					395.52
TOTAL					519.06
Elaborado por: Chico Cristina				Ambato, Marzo 2023	

Fuente: Chico Cristina (2023)

De acuerdo con las fallas identificadas en la zona estudiada, se realizó un análisis de presupuestos referenciales, sin contar el Método PCI, donde se establece la siguiente tabla:

Donde se puede identificar un valor de 519.06\$.

- Presupuesto Referencial incluyendo Método PCI

Tabla 16 Presupuesto Referencial de vías estudiadas incluyendo PCI

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS EN EL CANTÓN AMBATO DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE AVENIDA GALO VERA, AVENIDA ALBERT EINSTEIN, CALLE BENJAMÍN FRANKLIN, AVENIDA THOMAS ALVA EDISON					
PRESUPUESTO REFERENCIAL					
MÉTODO PCI					
Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Av. Galo Vela					
2	Capa de mortero asfáltico - slurry	m2	12441.00	2.51	31226.91
3	Transporte de agregados para micropavimento y/o slurry	m3-km	310.00	0.28	86.80
1	Sellado de fisuras longitudinales y transversales	m	1595.00	1.74	2775.30
<i>TOTAL</i>					34089.01
Av. Benjamín Franklin					
4	Fresado de pavimento asfáltico (sin desalajo)	m3	501.94	7.03	3528.65
5	Transporte de material de fresado	m3-km	410.00	0.28	114.80
6	Asfalto RC-250 para riego de adherencia	l	25097.10	0.68	17066.03
7	Capa de rodadura de hormigón asfáltico en caliente mezclado en planta (5cm)	m2	10038.84	7.73	77600.23
8	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	410.00	0.31	127.10
<i>TOTAL</i>					98436.81
Av. Thomas Alva Edison					
2	Capa de mortero asfáltico - slurry	m2	8190.00	2.51	20556.90
3	Transporte de agregados para micropavimento y/o slurry	m3-km	210.00	0.28	58.80
1	Sellado de fisuras longitudinales y transversales	m	1170.00	1.74	2035.80
<i>TOTAL</i>					2035.80
TOTAL					134561.62
Elaborado por: Chico Cristina				Ambato, Marzo 2023	

Fuente: Chico Cristina (2023)

La siguiente tabla, explica el presupuesto referencial con respecto a las vías que se tomaron en cuenta para el método PCI, como son: Av. Galo Vela, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva Edison, donde se establece un monto de 134561.62\$, tomando en cuenta las vías totales se obtiene un valor presupuestario de 13508068\$, como monto que será entregado para retroalimentación al GAD Municipalidad de Ambato.

3.1.6. Base de Datos

Con la finalidad de procesar los datos de zona de estudio, se estableció una base de datos por medio de un Sistema de información (SIG), a través del programa ArgGIS, mismo que permitió la identificación de las fallas con los siguientes parámetros:

- Ubicación exacta de la falla, con sus coordenadas geográficas
- Nombre de la vía donde se encuentra el punto GPS de falla
- Tipo de capa de rodadura
- Tipo de falla con su respectiva simbología
- Severidad y dimensiones
- Fotografía exacta de la falla identificada

3.1.7. Verificación de Hipótesis

De acuerdo con la evaluación de la infraestructura vial, se afirma la hipótesis planteada, donde se realizó la evaluación de las vías urbanas comprendido entre Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva Edison, donde se evidencia la existencia de fallas en la capa de rodadura del Pavimento Flexible, a fin de dar métodos de solución que servirán de retroalimentación al GAD Municipalidad de Ambato.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones:

- Se evaluó el estado actual de las vías urbanas del sector comprendido entre la Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva, donde se encontraron un total de 30 fallas existentes en 12 km los cuales fueron inspeccionados de forma visual. Todo esto permitirá que GAD Municipal de Ambato pueda intervenir de la manera más oportuna aplicando un mantenimiento vial para las fallas encontradas.
- Se realizó una georreferenciación de un total de 15 vías urbanas encontradas considerando el sistema WGS-84 dentro del sector comprendido entre la Av. Galo Vela Álvarez, Av. Albert Einstein, Av. Benjamín Franklin, Av. Thomas Alva, donde se identificó un total de 4 vías con pavimento flexible, 10 calles de tierra y una de tipo empedrado.
- Se evaluó la condición actual de las calles por medio de una inspección visual donde se identificó un total de 30 fallas en el pavimento flexible, 10 correspondientes a la falla tipo agrietamiento en bloque, 14 correspondientes a fallas tipo grietas longitudinales y transversales, 1 correspondiente a la falla tipo exudación, 3 correspondientes a la falla tipo parcheo y 2 correspondiente a la falla tipo huecos.
- Se definió un presupuesto referencial para las fallas encontradas dentro de la zona de estudio dándonos un monto total de 13508068\$, el cual será entregado para retroalimentación al GAD Municipalidad de Ambato.

- Se entregó una base de datos mediante el software ArcGIS donde se puede encontrar información acerca del tipo de capa de rodadura encontrada dentro de la zona, como así también datos del tipo de falla encontrada, área de afectación, nivel de severidad y coordenadas de estas.

4.2. Recomendaciones:

- Se recomienda a la Municipalidad de Ambato realizar las intervenciones necesarias dentro de la zona de estudio para que de esta forma se pueda minorar a futuro el presupuesto de mantenimiento vial.
- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico dentro de las vías para así poder brindar un mejor servicio a los usuarios de la localidad.
- Se recomienda realizar una inspección previa a las vías a ser evaluadas para conocer el tipo de capa de rodadura existente.

Bibliografía:

- [1] A. Jiménez, “Historia Vial del Ecuador,” 1918.
- [2] E. Andrea, D. Agudelo, J. Jairo, G. Rendón, and H. V. Ceballos, “Relación entre Infraestructura Vial y Desarrollo Económico en los Municipios de Antioquia: Aplicación espacial,” 2016.
- [3] I. R. Almeida, “Estudio De Pre Factibilidad, Factibilidad Y Diseño Definitivo Para La Construcción De Vías Arteriales Y Colectoras De La Ciudad De Ambato,” 2018.
- [4] L. A. Pereira, C. A. P. Silva Júnior, and H. B. Fontenele, “Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: Una validación en oficina Visual,” Brasil. [Online]. Available: www.ricuc.cl
- [5] C. de Carreteras, “Conservación de Carreteras”.
- [6] M. A. Rincón, V. Wilson, E. Vargas, V. Carlos, and J. G. Vergara, “Topografía - Conceptos y Aplicaciones,” 2010.
- [7] ARL López, “Coordenadas WGS84,” 2008.
- [8] I. Sergio and J. N. Hudiel, “Manual de Topografía-Planimetría,” 2008.
- [9] I. Sergio and J. N. Hudiel, “Manual de Topografía-Altimetría,” 2008.
- [10] “Versión 1.0 Español Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global)”.
- [11] UMSS, “Pavimentos,” 2004.
- [12] I. Luis *et al.*, “Mantenimiento Y Conservación De Carreteras”.
- [13] UMSS, *Diseño De Pavimentos*.
- [14] Federico León Castaño Martínez and Jorge Mario Herrera Betín, “Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una

- estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C.,” pp. 4–6, 2009, Accessed: Mar. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13581/1730-2666-2-PB.pdf?sequence=1>
- [15] A. Manuela Garzón Reina Leicy Yaimir Hernández Méndez, “CARTILLA-GUIA ILUSTRATIVA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA BAJOS VOLUMENES DE TRANSITO”.
- [16] R. R. Sergio Iván, “Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento Articulado En Un Tramo De Vía Urbana Del Municipio De La Calera Cundinamarca,” 2007.
- [17] Vásquez Varela Luis Ricardo, “PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS,” pp. 10–90, Feb. 2002.
- [18] Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela, “Índice de Condición de Pavimentos para pavimentos Asfálticos y Concreto,” 2002.
- [19] ASTM Internacional, “Manual PCI ASTM D 6433,” 2002.
- [20] M. de Transporte, Y. Ministerio, and D. E. Transporte, “Conservación por niveles de Servicio ,” 2012.
- [21] Mendoza Sánchez Ernesto René, “Costos y Precios Unitarios”, Accessed: Mar. 04, 2023. [Online]. Available: <http://dicyg.fi-c.unam.mx:8080/construccion/alumnos/licenciatura/COSTOSYPRECIOSUNITARIOS2021ErnestoMendoza.pdf>
- [22] I. E. Elar, C. Osorio, and E. Sig, “Manual de ArcGIS”.

ANEXOS