

**DIAGNOSTICO Y EVALUACION DEL PAVIMENTO
DE LA VIA PRINCIPAL DE LA CALLE 35 ENTRE LA CARRERA 29 Y 23 DEL
SECTOR CENTRO DE LA COMUNA 2 DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO.**

**JULIO ENRIQUE GALAN LOZANO
DIEGO ARMANDO HERNANDEZ MONTILLA**

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
VICERRECTORIA REGIONAL LLANOS
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS
VILLAVICENCIO, 2017**

**DIAGNOSTICO Y EVALUACION DEL PAVIMENTO
DE LA VIA PRINCIPAL DE LA CALLE 35 ENTRE LA CARRERA 29 Y 23 DEL
SECTOR CENTRO DE LA COMUNA 2 DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO.**

**JULIO ENRIQUE GALÁN LOZANO
DIEGO ARMANDO HERNÁNDEZ MONTILLA**

**PROYETO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE PROYECTOS**

ASESOR: JOSE TIBERIO SERRANO

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
VICERRECTORIA REGIONAL LLANOS
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS
VILLAVICENCIO, 2017**

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer, en primer lugar, a la Corporación Universitaria Minuto de Dios Vicerrectoría Regional Llanos, por su acompañamiento, dedicación y apoyo a la investigación desde el concepto del balance social, factor que nos permite una formación integral con capacidad para formular propuestas de innovación empresarial y personal.

A nuestras familias quienes fueron el motor principal de este maravilloso proceso y que hoy día dedicamos este nuevo logro académico y personal como futuros especialistas en gerencia de proyectos.

A nuestros compañeros, quienes ayudaron a construir una amistad y empatía necesaria para trabajar en equipo y lograr consolidar propuestas de reflexión, válidas para la sociedad civil colombiana.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	9
1 RESUMEN	12
2 JUSTIFICACION	13
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
4 OBJETIVOS.....	16
4.1 OBJETIVO GENERAL:	16
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:	16
5 MARCO TEORICO	17
5.1 HISTORIA DE VILLAVICENCIO	22
5.2 HISTORIA DEL PAVIMENTO EN COLOMBIA	23
6 MARCO METODOLOGICO.....	26
6.1 TIPO DE INVESTIGACION	26
6.2 DISEÑO DE INVESTIGACION	27
6.3 POBLACION Y MUESTRA	28
6.3.1 Población	28
6.3.2 Muestra	28
6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
6.5 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	29
6.5.1 Unidades de Muestreo:	30
6.5.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:	32
6.5.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:	33
6.5.4 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:	34
6.6 Evaluación de la Condición:	34
6.6.1 La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:	34
6.7 CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	36
6.7.1 Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:	36
6.8 CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO:	41
6.9 MANUAL DE DAÑOS:	42
6.9.1 CALIDAD DE TRÁNSITO (RIDE QUALITY)	42
7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	43
7.1 Localización:	43
7.2 Registro Fotográfico:	45
8 CONCLUSIONES.....	67
9 RECOMENDACIONES.....	68
10 BIBLIOGRAFÍA	69

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Valores Deducidos.....</i>	58
--	----

LISTA DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23. (Elaboracion propia, 2017)</i>	45
<i>Imagen 2. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23. (Elaboracion propia, 2017)</i>	45
<i>Imagen 3. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23. (Elaboracion propia, 2017).</i>	46
<i>Imagen 4. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23. (Elaboracion propia, 2017).</i>	46
<i>Imagen 5. Medición de Losas de Concreto. (Elaboracion propia, 2017).</i>	48
<i>imagen 6. Medición .de Losas de Concreto. (Elaboracion propia, 2017).</i>	48
<i>imagen 7. Medición .de Losas de Concreto. (Elaboracion propia, 2017).</i>	49
<i>Imagen 8. Grieta de Esquina. (Elaboracion propia, 2017).</i>	52
<i>Imagen 9. Grieta de Esquina. (Elaboracion propia, 2017).</i>	52
<i>Imagen 10. Losa Dividida. (Elaboracion propia, 2017).</i>	53
<i>Imagen 11. Losa Dividida. (Elaboracion propia, 2017).</i>	53
<i>Imagen 12. Escala. (Elaboracion propia, 2017).</i>	54
<i>Imagen 13. Escala. (Elaboracion propia, 2017).</i>	55
<i>Imagen 14. Parcheo Grande. (Elaboracion propia, 2017).</i>	56
<i>Imagen 15. Parcheo Grande. (Elaboracion propia, 2017).</i>	56
<i>Imagen 16. Punzonamiento. (Elaboracion propia, 2017).</i>	57
<i>Imagen 17. Punzonamiento. (Elaboracion propia, 2017).</i>	58

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Rangos de Calificación del PCI. (Varela, 2002, pág. 2).</i>	21
<i>Ilustración 2. Formato de Exploración de la Condición para Carreteras con Superficie Asfáltica. (Varela, 2002, pág. 3).</i>	30
<i>Ilustración 3. Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas. (Varela, 2002, pág. 3).</i>	31
<i>Ilustración 4. Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie de Concreto. (Varela, 2002, pág. 4).</i>	31
<i>Ilustración 5. Numero Mínimo de Unidades de Muestreo a Evaluar. (Varela, 2002, pág. 5).</i>	32
<i>Ilustración 6. Intervalo de Muestreo. (Varela, 2002, pág. 5).</i>	33
<i>Ilustración 7. Número Máximo Admisible de Valores Deducidos. (Varela, 2002, pág. 7)</i>	37
<i>Ilustración 8. Formato para la Obtención del Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002, pág. 8).</i>	40
<i>Ilustración 9. Calculo PCI de una Sección del Pavimento (Varela, 2002, pág. 8).</i>	41
<i>Ilustración 10. Localización, País. (Google Earth, 2017).</i>	44
<i>Ilustración 11. Localización, Municipio. (Google Earth, 2017).</i>	44
<i>Ilustración 12. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23. (Elaboracion propia, 2017).</i>	44
<i>Ilustración 13. Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie de Concreto. (Varela, 2002, pág. 4).</i>	47
<i>Ilustración 14. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar. (Varela, 2002)</i>	50
<i>Ilustración 15. Intervalo de Muestreo. (Varela, 2002).</i>	50
<i>Ilustración 16. Grafica Valor Deducido para Grieta de Esquina. (Varela, 2002).</i>	59
<i>Ilustración 17. Grafica Valor Deducido para Losa Dividida. (Varela, 2002).</i>	59
<i>Ilustración 18. Grafica Valor Deducido para Escala. (Varela, 2002).</i>	60
<i>Ilustración 19. Grafica Valor Deducido para Parcheo Grande. (Varela, 2002).</i>	60
<i>Ilustración 20. Grafica Valor Deducido para Punzonamiento. (Varela, 2002).</i>	61
<i>Ilustración 21. Numero Admisible Máximo Deducido. (Varela, 2002).</i>	61
<i>Ilustración 22. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).</i>	62
<i>Ilustración 23. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).</i>	63
<i>Ilustración 24. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).</i>	64
<i>Ilustración 25. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).</i>	65
<i>Ilustración 26. Índice de Condición Presente. (Varela, 2002).</i>	65

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización</i> (Autores del Proyecto, 2017).	43
---	----

GLOSARIO

Muestra Adicional: Una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las seleccionadas aleatoriamente para incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Estas unidades presentan condiciones extremas, muy pobres o excelentes, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones. Si una unidad de muestra con fallas inusuales es seleccionada aleatoriamente debe ser contabilizada como una Muestra Adicional y otra muestra aleatoria debe ser elegida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas no existen Muestras Adicionales (Varela, 2002).

Superficie de Concreto Asfáltico (AC): “mezcla de agregados con cemento asfáltico actuando como aglomerante. Para fines de este método, este término también se refiere a superficies construidas con asfaltos derivados del carbón y asfaltos naturales” (Varela, 2002).

Rama del Pavimento: “Es una rama del pavimento es una parte identificable de la red de pavimentos que tiene una entidad singular y una función específica. Por ejemplo, cada pista, rodaje y plataforma, son áreas separadas” (Varela, 2002).

Índice de Condición de pavimento (PCI): “Es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor” (Varela, 2002).

Clasificación de la Condición del Pavimento: “Es una descripción verbal de la condición del pavimento en función al valor del PCI” (Varela, 2002).

Fallas del Pavimento: Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por cargas, factores atmosféricos, deficiencias en su construcción, o una combinación de estas. Fallas típicas son las fisuras, el ahuellamiento, y peladura superficial del pavimento. Los tipos de falla y sus niveles de severidad detallados en el apéndice X1 para pavimentos Asfálticos (AC) y apéndice X2 para pavimentos de hormigón (PCC), deben ser utilizados para lograr valores de PCI precisos (Varela, 2002).

Unidad de Muestra del Pavimento: es una subdivisión de la sección del pavimento que tiene un rango estandarizado de tamaño. Para pavimentos de hormigón (PCC), se constituye de 20 losas continuas (+/- 8 si el total de losas de la sección no es divisible por 20, o para ajustar condiciones de campo específicas) y para pavimentos de concreto asfáltico (AC), y superficies con capas Porosas de alto grado de Fricción, se constituye de una superficie continua de 5000 ft² (+/- 2000 ft² (450 +/- 180 m²) si el pavimento no es divisible por 5000, o para ajustar condiciones de campo específicas) (Varela, 2002).

Sección de Pavimento: “es un área dentro del pavimento que presenta una construcción uniforme y continua, mantenimiento, historial de uso y condiciones uniformes. Una sección también debe tener el mismo volumen de tránsito e intensidad de carga” (Varela, 2002).

Superficie Porosas de alto grado de Fricción: “pavimentos asfálticos con una mezcla de agregados de granulometría abierta y asfalto actuando como aglomerante. Este es un subgrupo dentro las superficies pavimentadas con concreto asfáltico” (Varela, 2002).

Pavimento de hormigón de cemento Pórtland: “se denomina así a la mezcla de agregados con cemento Pórtland usado como aglomerante e incluye a los pavimentos simples y reforzados con juntas” (Varela, 2002).

Muestra aleatoria: “Una unidad de muestra de la sección de pavimento seleccionada para la inspección utilizando técnicas aleatorias de muestreo como la tabla de número aleatorio o procedimiento sistemático aleatorio” (Varela, 2002).

Vía: “es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua, con niveles adecuados de seguridad y comodidad” (Grisales, 2002).

1 RESUMEN

Las vías de tráfico liviano de la ciudad de Villavicencio no son las más óptimas para el tránsito vehicular, como se evidencia en el mal estado del pavimento de la vía principal de la calle 35 entre la carrera 29 y 23 del sector centro, perteneciente a la comuna No. 2. Es por ello y debido a la situación presentada en la zona, se realizó una investigación como ilustración formativa para que dicho trabajo sirva como elemento de estudio, para quienes se muestren interesados con el resultado arrojado por la presente investigación y por ende definir soluciones viables al caso objeto de estudio y al mismo tiempo poner en conocimiento a la administración municipal de la situación, lo que conlleve a que se tomen medidas técnicamente viables que proporcione la rehabilitación de esta vía. En razón a la situación presentada se procedió a realizar un inventario vial del pavimento construido, identificando daños, severidad y cantidad de la misma; luego se procesó e interpretó todos los datos recopilados y de acuerdo a la normatividad legal vigente y las especificaciones técnicas, se obtuvo la condición reciente del pavimento de esta vía.

Palabras claves: Vía, rehabilitación, pavimento, inventario vial y especificaciones técnicas.

2 JUSTIFICACION

Debido al crecimiento poblacional de la ciudad de Villavicencio el cual ha traído consigo el aumento considerable del número de vehículos en la ciudad, situación que ha venido ocasionando problemas de movilidad, afectando el crecimiento social y económico del municipio y a la vez para el departamento. Es aquí donde radica la importancia de dar a conocer el rol de los ingenieros civiles quienes a través de su experiencia y formación profesional pueden aportar conocimiento para evaluar el estado de una de las vías más importantes de la ciudad usando el método PCI (Pavement Condition Index).

Con la presente propuesta de investigación se busca diagnosticar y evaluar el tramo de la vía a estudiar, basados en los diferentes razonamientos y normas que permiten realizar este proceso, así como los procedimientos requeridos a fin de emitir un diagnóstico vial definitivo. Después de obtener las conclusiones del presente trabajo de investigación, los autores del mismo, buscan mostrar la realidad que se está viviendo en el sector de la ciudad y posteriormente informar a las entidades competentes para que puedan brindar alternativas para rehabilitar esta vía, no desconociendo que su deterioro incide en el desarrollo de la ciudad; contrario cuando se cuenta con vías en buen estado, lo cual impacta de manera positiva el mejoramiento en la transitabilidad, comunicaciones y transporte en general, trayendo consigo bienestar a la comunidad, ya que se mejora la calidad de vida de las personas, razón de peso por la cual se debe conservar y rehabilitar las vías que se encuentren en mal estado en la ciudad y más la vía que es objeto de esta presente propuesta de investigación.

Un aspecto positivo por parte de La secretaria de infraestructura de Villavicencio, es que esta institución reserva recursos para la conservación, rehabilitación y construcción de vías que proporcionen desarrollo socio económico a la ciudad, dicho presupuesto, puede permitir la rehabilitación del pavimento de la vía principal de la calle 35 entre la carrera 29 y carrera 23 en el sector centro, de la comuna 2, cuyo tramo por su conformación y punto estratégico se convierte en un espacio de desarrollo muy importante para el municipio por su movimiento en el comercio de productos agrícolas y zona escolar.

Frente a lo anteriormente mencionado podemos aducir que con la mejora de las vías del sector de la calle 35 entre la carrera 29 y 23, bajan los índices de accidentabilidad en la ciudad, al igual que se pueden evitar heridos, muertes, gastos al sistema de salud y posibles demandas al municipio por parte de los habitantes afectados, debido a los accidentes ocasionados en su gran mayoría por el mal estado de las vías de la ciudad de Villavicencio.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo económico y social de un territorio está conexo directamente con el estado de las vías, por ende, la población en general progresa tanto en el ámbito cultural, como social y económico, siempre y cuando exista la manera de transportarse de un lugar a otro de forma impetuosa y segura. En diversas oportunidades, el deterioro de la infraestructura vial no es la consecuencia de los malos sistemas de diseño o construcción, sino que, es debido al uso y desgaste que se presenta durante el transcurso del tiempo.

El deterioro de un pavimento se debe a factores que incluyen: diferenciaciones en el clima, desagüe, entornos del suelo, tránsito de vehículos pesados y livianos y a la falta de mantenimiento preventivo de las vías; teniendo en cuenta estas variaciones, es necesario hacer evaluaciones periódicas a los pavimentos con el fin de conocer su estado y poder hacer un diagnóstico real que permita identificar el tipo de patología que puede estar sufriendo y así poder usar los procedimientos apropiados para un posible mantenimiento o rehabilitación. Al ser habitantes de la ciudad de Villavicencio podemos ver que la malla vial presenta deterioro en algunas vías principales, por ende, nos planteamos la siguiente pregunta: **¿Se considera inapropiado el pavimento de la vía principal que va de la calle 35 entre la carrera 29 y 23 del sector centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio?**

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

- Realizar un diagnóstico y evaluación del pavimento de la vía principal de la calle 35 entre la carrera 29 y 23 del sector centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Efectuar un inventario vial.
- Identificar el tipo de daño, severidad y cantidad presentado en el pavimento.
- Calificar la condición del pavimento.

5 MARCO TEORICO

Es importante conocer la teoría que se va a recurrir en el presente trabajo de investigación, por ende, se relaciona el glosario de la información:

Diagnóstico, es un juicio comparativo de una situación dada con otra situación dada, ya que lo que se busca es llegar a la definición de una situación actual que se quiere transformar, la que se compara valorativamente con otra situación que sirve de norma o pauta (Scarón, 1985).

El diagnóstico es, en esencia, un elemento básico que relaciona dos modelos a saber: el modelo real y el modelo ideal, y entre los cuales se establece un juicio de valor que marca la diferencia del modelo real con el modelo ideal, es decir, hay una proposición categórica que señala, "como es" la situación y una proposición valorativa que implica el cómo se debe?' esa situación, misma hacia la que se proyectaran las acciones a realizar Alberto J. Diéguez, cuando sin identificarlo exactamente como diagnóstico, señala que en el proceso de la planificación una vez obtenida la información, y como base para tener mayores elementos para desarrollar la acción, se deben analizar los hechos encontrados establecer relaciones, discriminar que es lo fundamental y que es lo accesorio (Dieguez, 1987).

"El diagnóstico consiste en reconocer sobre el terreno donde se pretende realizar la acción, los síntomas o signos reales y concretos de una situación problemática, lo que supone la elaboración de un inventario de necesidades y recursos" (Vergara, 1987).

El diagnóstico tiene una doble característica servir directa e inmediatamente para actuar (sentido operativo) y ser preliminar a la acción (estudio) de lo que deriva la denominación de investigación diagnóstico-operativa. Visto así, el diagnóstico trata de adquirir los conocimientos necesarios sobre un determinado sector, área o problema, que es el ámbito de trabajo en el que se ha de actuar y su objetivo es lograr una apreciación general de la situación-problema, especialmente en lo que concierne a necesidades, problemas, demandas, expectativas y recursos disponibles (Ander-Egg, 1985).

Evaluación, es una forma de investigación social aplicada, sistemática, planificada y dirigida; encaminada a identificar, obtener y proporcionar de manera válida y fiable, datos e información suficiente y relevante en que apoyar un juicio acerca del mérito y el valor de los diferentes componentes de un programa (tanto en la fase de diagnóstico, programación o ejecución), o de un conjunto de actividades específicas que se realizan, han realizado o realizarán, con el propósito de producir efectos y resultados concretos; comprobando la extensión y el grado en que dichos logros se han dado, de forma tal, que sirva de base o guía para una toma de decisiones racional e inteligente entre cursos de acción, o para solucionar problemas y promover el conocimiento y la comprensión de los factores asociados al éxito o al fracaso de sus resultados (Ander-Egg, Métodos y técnicas de investigación social, 2000).

Según Martin e Irvine “evaluar implica ‘evaluar la calidad de la investigación’, pero es necesario que en investigación distingamos otros conceptos, además del de calidad: el de la importancia y el del impacto” (Irvine, 1983).

Si prolongamos el estudio de definiciones de evaluación nos encontramos con otras que, forman firmeza en el procedimiento que se ha de perseguir para ello. Lo definen en idéntico sentido: “Evaluar es fijar el valor de una cosa, para hacerlo se requiere efectuar un procedimiento mediante el cual se compara aquello a evaluar respecto de un criterio o patrón determinado” (Franco, 1992).

Fernández García afirma “Evaluar es estimar los conocimientos, aptitudes y el rendimiento de los programas, de las intervenciones y de los profesionales que interactúan en todo el proceso metodológico” (García, 1992).

Luego de dar claridad a la conceptualización anterior, la finalidad de nuestra propuesta de investigación, es conocer la condición actual del pavimento con la aplicación del método PCI (índice de condición del pavimento), logrando que, según su estado, esta sea una vía cómoda, rápida y segura.

Pavimento, es un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la Subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que la carga repetida del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos (Varela, 2002).

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado. En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá. Se presenta de manera sucinta la descripción de cada una de las variables que fueron tenidas en cuenta en los análisis para la elaboración del catálogo de estructuras y que es ampliada en forma detallada en el compendio de anexos al presente manual (Lodoño, 2008).

Debido a que el presente trabajo de investigación se realiza en la República de Colombia, nos vemos enfocados en trabajar con la Normatividad Legal Vigente y especificaciones técnicas de INVIAS y el MINISTERIO DE TRANSPORTE, como entes reguladores.

Siguiendo con las definiciones, el índice de condición del pavimento se define como:

(PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación. Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías

que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales (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 problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la ilustración 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento (Varela, 2002).

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

Ilustración 1. Rangos de Calificación del PCI. (Varela, 2002, pág. 2).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. 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 obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima (Varela, 2002).

Después de haber mencionado toda la conceptualización como parte fundamental dentro del marco teórico de la presente investigación, la misma nos acerca a una propuesta de solución relacionada con el estado de la vía objeto de estudio, permitiendo a corto plazo generar niveles de vida altos para los habitantes no solo del sector si no de la ciudad.

5.1 HISTORIA DE VILLAVICENCIO

El presente trabajo de investigación tiene lugar en la ciudad de Villavicencio, es por ello que se resalta parte de su historia, la cual inicia en el período precolombino cuando en la presente región villavicense se hallaba abrumada por los nativos guayupes, luego hacia el año 1740 los jesuitas instituyeron la Hacienda Apiay, en la cual prosperaron diversos nativos tanto guayupes como de clanes colindantes hasta el año 1767, cuando por doctrinas de la exclusión de la Compañía de Jesús los terrenos de Apiay fueron entregados a Basilio Romero por la Corona Española (Villavicencio, 2012).

Cabe destacar que lo indicado en el párrafo preliminar sobre el tiempo puntual de la fundación de Villavicencio corresponde al término de la hipótesis, pues los registros en que constaban los documentos sobre la auténtica fecha de fundación de la localidad fueron deshechos durante el incendio presentado en el año de 1890. En 1845 se edifica la Iglesia Catedral de Nuestra Señora del Carmen. El 21 de octubre de 1850 el pueblo pasa a denominarse

Villavicencio en propuesta admitida por la Cámara provincial de Bogotá en distinción de Antonio Villavicencio y Verástegui, insigne de la Independencia de Colombia (Villavicencio, 2012).

En 1890 se origina un incendio que devasta con la ciudad y arruina registros con información apreciable para en aquel tiempo la aldea y es reubicada a su presente lugar. Previamente del incendio, el casco urbano existía en el presente barrio Barzal. Debido aquellas voluntades en 1909 Villavicencio es establecida como capital de la Dirección del Meta. En 1959 se origina el Departamento del Meta y se confirma a Villavicencio como capital. 1962, gracias a este acontecimiento, se establece la Cámara de Comercio de Villavicencio, las Empresas Públicas de Villavicencio y la Casa de la Cultura Jorge Eliécer Gaitán, en 1977 se crea la Universidad de los Llanos Orientales, más acreditada como Unillanos, en 1981 se origina la Electrificadora del Meta- EMSA, en 1985 se crea la Corporación Universitaria del Meta, más conocida como como Unimeta y ya para el año en 2003 se inicia un período de crecimiento en el espacio económico, turístico, urbanístico y comercial de la ciudad de Villavicencio (Villavicencio, 2012).

5.2 HISTORIA DEL PAVIMENTO EN COLOMBIA

Como lo expresa Cipriano Londoño en su blog de 360 grados, en 1903 llega el primer automóvil a la capital y en 1905 se crea el Ministerio de obras públicas el 7 de enero para direccionar las vías nacionales, ferrocarriles y encauce de los ríos. Desde esta época se clasifican las vías en nacionales, departamentales y municipales, se inicia con la construcción de caminos y carreteritas para comunicar las capitales con poblaciones vecinas. Entre 1904 y 1909 se construyeron 207 Km de “carreteras” y 572 Km de caminos de herradura. La primera carretera

en ser construida comunicaba a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo. Entre 1910 y 1916 se construyeron varios tramos los cuales pertenecían en un 88% a Cundinamarca y Bogotá, para ese entonces las vías se clasificaban en tres grupos, vías estratégicas, de comunicación y de vital importancia militar o comercial. El primer pavimento en Colombia se hizo dentro del centro de Bogotá, pero no fue el esperado gracias a la mala calidad en los materiales usados (Londoño, 2014).

En 1938 se autoriza la pavimentación de algunos tramos de carreteras nacionales y se crea el programa “cambio de piso”. En 1939, el presidente Eduardo Santos, ordena pavimentar 900 km en un lapso de tres años con la asesoría del Bureau of Public Roads y específicamente del experto Worth D. Ross, quien recomienda especificaciones, toma de muestras y ensayos (Londoño, 2014).

La Universidad Nacional empieza a usar equipos y laboratorios, también preparan especificaciones para la pavimentación teniendo en cuenta el presupuesto y en 1949 se hace el primer Plan Vial Nacional cobijado con la Ley 12 del mencionado año que decreta la construcción de cuatro troncales importantes para el país (Londoño, 2014).

En los años 60 se pavimenta en concreto las vías del aeropuerto de Cali, en los 80 se termina la carretera Bogotá Medellín y otros proyectos importantes como Bucaramanga - Santa Marta. En esta misma década se inician varios proyectos como la carretera Mocoa-Pitalito, la Troncal del Magdalena Medio entre otros (Londoño, 2014).

En la década del 90 se pavimenta en concreto un tramo de 43 Km en la carretera Pasto – Tumaco. En Antioquia se construyen pavimentos de concreto en tres tramos incluyendo el pavimento de la Circunvalar de Providencia. En 1993 el 90% de la carga se trasportaba a través de la nueva red vial. Y para el año 2000 se afianzan las concesiones viales y los pavimentos de concreto se imponen sobre el asfalto para construir Sistemas de Transporte Masivo (Londoño, 2014).

Es evidente que la historia del pavimento en Colombia ha venido evolucionando de manera trascendental y positiva para todo el territorio nacional, es por ello que es necesario conocer su desarrollo y como ha mejorado los niveles de vida de la población y a la vez ha permitido evidenciar un crecimiento y desarrollo en aspectos de tipo económico, social, cultural y de turismo, es por ello que a través de los factores mencionados anteriormente se debe realizar un mantenimiento preventivo periódico para evitar el deterioro de las vías y no afecte a sus habitantes y por ende la imagen de la ciudad.

No obstante, vemos como ha venido en constante crecimiento la construcción de la infraestructura vial en el territorio colombiano, misma que se ha venido trasladando de ciudad a ciudad, es por ello donde radica la importancia de conocer la condición del estado del pavimento de tráfico pesado y liviano de las vías primarias, secundarias y terciarias del país.

6 MARCO METODOLÓGICO

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo cuantitativo debido a que:

La forma de medida señala cuerpos numéricos mediante herramientas del campo de la estadística, por ende, la investigación cuantitativa se produce por la causa y efecto de las cosas; por tanto, inspeccionaremos la información de carácter numérica, y encaminado hacia el método descriptivo. Este estudio se realiza con el enfoque descriptivo, la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos (Tamayo, 2003).

La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada (Sabino, 1992).

También se conoce este tipo de investigación como la que describe de modo sistemático las características de una población, situación o área de interés. Aquí los investigadores recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información

de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento (Baray, 2006).

6.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

Se define el diseño de la investigación como la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado, la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables algunas” (Arias, 2006).

El diseño que se manejó en nuestra investigación va asociado netamente a trabajo de campo, puesto que, al apoyarnos en hechos reales, es inevitable presentar una estrategia que nos permita analizar la situación directamente en el lugar donde surge la problemática, es decir, en la vía principal de la calle 35 entre la carrera 29 y 23 del sector centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio.

De lo expuesto anteriormente, deducimos que, a través del trabajo de campo, se obtuvo la recolección de información o datos necesarios en sitio, la cual nos brindó la oportunidad de obtener un de un inventario vial del pavimento existente, identificando daños, severidad y cantidad; se procesó e interpretó la información recopilada y acorde con la normatividad legal vigente y especificaciones técnicas vigentes (PCI), se obtiene la condición actual del pavimento de este sector vial.

En esta investigación la información se recolectó en una sola fase, el día 17 junio de 2017, evidenciando como propósito principal conocer la condición actual del pavimento de dicha vía objeto de estudio.

6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

A continuación, se identifica la población a estudiar y la muestra para realizar la investigación.

6.3.1 Población

Se establece como universo la vía principal de la calle 35 entre la carrera 29 y 23 del sector centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio y como población los metros que se encuentran en estado de deterioro vial.

6.3.2 Muestra

Tomamos como muestra catorce losas de concreto cuyas dimensiones son de 3 metros de lado por tres metros de lado, las cuales serán el objeto de evaluación y calificación del pavimento según el capítulo 3.1-b del documento guía denominado índice de condición de pavimento, de autoría de Luis Ricardo Vásquez Varela.

6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos, son definidas como “la expresión operativa del diseño de investigación y que especifica concretamente como se hizo la investigación” (Tamayo, 2003).

Así mismo, “las técnicas como aquellos medios técnicos que se utiliza para registrar observaciones y facilitar el tratamiento de las mismas” (Bizquera, 1990).

La técnica a utilizar en esta investigación es la observación directa, donde se dio un contacto de manera personalizada con el hecho o fenómeno que se trata de investigar, para tomar la información y registrarla en el formato de carreteras con carpeta asfáltica para su posterior análisis. Para los análisis de datos se realizó la investigación documental, consultando diferentes fuentes bibliográficas y optando por trabajar con el índice de condición del pavimento (PCI) (Varela, 2002).

6.5 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

En la primera etapa que corresponde a trabajo de campo se identificaron los daños de la vía correspondiente a la calle 35 entre la carrera 29 y 23 del sector centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio, teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registró en los formatos especiales para este proceso, los cuales van incluidos en la presente investigación como anexos de la misma. Es indispensable dar a conocer que dentro del cuerpo del proyecto se relacionan unas figuras que ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI-01.
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
INSPECCIONADA POR			FECHA			
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Ilustración 2. Formato de Exploración de la Condición para Carreteras con Superficie Asfáltica. (Varela, 2002, pág. 3).

6.5.1 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:

- a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la ilustración 3 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada (Varela, 2002).

6.5.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la evaluación de una red, entendiéndose la misma como las unidades afectadas y sobre las cuales se va a realizar el diagnóstico, pueden existir como opción principal determinar el número de unidades de muestreo, haciendo que el proceso favorezca su desarrollo permitiendo optimizar en factores de tiempo y recursos; en razón a lo anterior se hace necesario definir el esquema mediante la aplicación de un método de muestreo, puesto que es fundamental para el protocolo de evaluación de un proyecto inspeccionar unidad por unidad; sin embargo, al evidenciar un número considerable de muestra, se determina que el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se indica a través de la ilustración 5, donde se establece un estimado del PCI de ± 5 del porcentaje real con un nivel de confianza del 95%.

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

Ilustración 5. Número Mínimo de Unidades de Muestreo a Evaluar. (Varela, 2002, pág. 5).

Dónde:

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%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En

inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Y cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse (Varela, 2002).

6.5.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

Para la selección de las unidades de muestreo, fue indispensable recomendar que las unidades seleccionadas cumplan las mismas condiciones en espacio en toda el área de la pavimentación y que posteriormente se elija de manera aleatoria, dando cumplimiento a lo siguiente:

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la ilustración 6:

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

Ilustración 6. Intervalo de Muestreo. (Varela, 2002, pág. 5).

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

Así, 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. (Varela, 2002).

6.5.4 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 (por ejemplo, “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).

6.6 Evaluación de la Condición:

Para entrar a evaluar lo referente a la condición del pavimento, se debe tener en cuenta que el procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del mismo, sobre el cual se va a realizar la inspección. Posteriormente y a fin de que surta un efecto real y verídico sobre el proceso mencionado en el párrafo anterior, se debe seguir estrictamente cada paso relacionado en el manual de daños del PCI.

6.6.1 La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

- 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 (Varela, 2002).

Para llevar a cabo el proceso mediante equipo y procedimiento, los encargados del mismo tuvieron en cuenta la Normatividad Legal Vigente para realizar este tipo de actividades y adicional la implementación de medidas de seguridad relacionadas con su traslado hacia la vía a inspeccionar, donde se utilizaron como elementos preventivos los siguientes:

- Dispositivos de señalización. (cintas de peligro y señalización vial)
- Advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía. (conos y paletas)

Una vez implementado lo anterior se obtuvo el resultado esperado en términos de confiabilidad y seguridad para el procedimiento realizado.

6.7 CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Una vez se obtuvo la información completa sobre los daños de la inspección de campo realizada, se procedió a calcular el PCI; el cual se puede calcular mediante dos métodos, uno manual y el segundo computarizado, los cuales en igual magnitud sirven para establecer los valores deducidos que se muestran en cada daño, de acuerdo con la cantidad y severidad evidenciadas.

6.7.1 Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:

Para realizar el cálculo para carreteras con capa de rodadura asfáltica, se identifican a través de las siguientes etapas:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

- 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 (Varela, 2002).

- b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada 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 (Varela, 2002).

- 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 (Varela, 2002).

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

- 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, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c (Varela, 2002).
- b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor (Varela, 2002).
- c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m) (Varela, 2002).
utilizando la ilustración 7:

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

Ilustración 7. Número Máximo Admisible de Valores Deducidos. (Varela, 2002, pág. 7)

Dónde:

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

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

- d. 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 (Varela, 2002).

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

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0 (Varela, 2002).
- Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales (Varela, 2002).
- Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento (Varela, 2002).
- 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 (Varela, 2002).
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso (Varela, 2002).

Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando 100 al máximo CDV obtenido en la Etapa 3.**Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland:**

Para nuestra propuesta de investigación, la cual está definida como pavimento con capa de rodadura en concreto (Varela, 2002).

Se definen las siguientes etapas:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos.

- a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02 (Varela, 2002).

- b. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño (Varela, 2002).

- c. Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada entre las que se adjuntan a este documento (Varela, 2002).

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

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente.

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

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

Etapa 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

A continuación se presenta en la ilustración 8 el formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV (Varela, 2002).

PAVEMENT CONDITION INDEX
FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Ilustración 8. Formato para la Obtención del Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002, pág. 8).

6.8 CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO:

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 (Varela, 2002).

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).

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

Ilustración 9. Calculo PCI de una Sección del Pavimento (Varela, 2002, pág. 8).

Dónde:

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

6.9 MANUAL DE DAÑOS:

6.9.1 CALIDAD DE TRÁNSITO (RIDE QUALITY)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones y el cruce de vía férrea. A continuación, se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito (Varela, 2002).

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero creando poca incomodidad (Varela, 2002).

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad (Varela, 2002).

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo (Varela, 2002).

7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

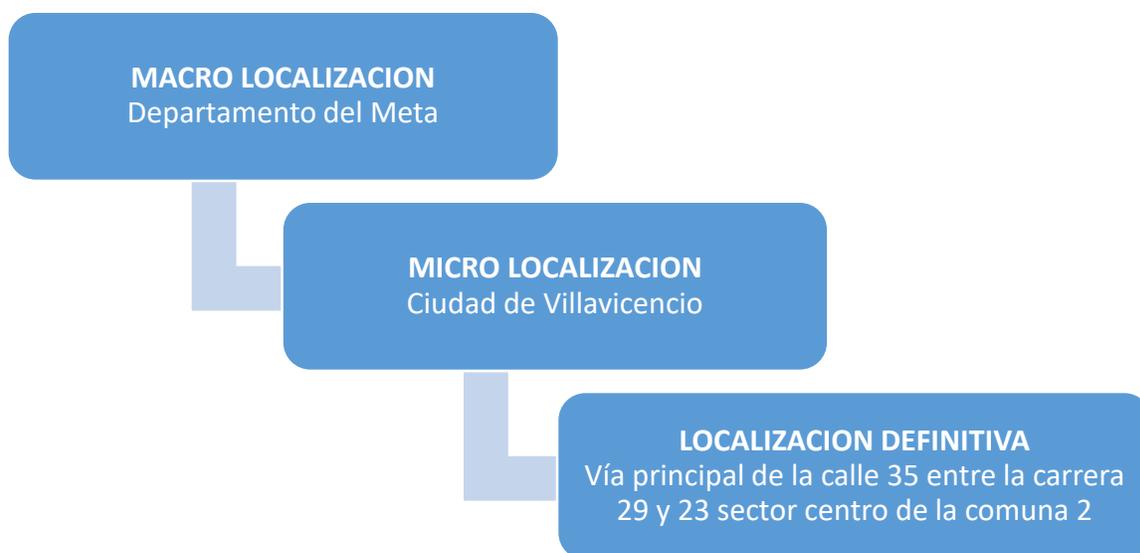


Figura 1. Localización (Autores del Proyecto, 2017).

7.1 Localización:

Villavicencio es la capital del departamento del Meta, de la República de Colombia y es el foco lucrativo más significativo de los Llanos Orientales. Está situada en el piedemonte de la Cordillera Oriental, al Noroccidente del departamento del Meta, en la margen izquierda del río Guatiquía. Constituida el 6 de abril de 1840, posee una población urbana próxima a 486.363 habitantes. Posee un clima cálido y muy húmedo, con temperaturas medias de 22° C y 33°C (Villavicencio, 2012).



Ilustración 10. Localización, País y Departamento. (Google Earth, 2017).



Ilustración 11. Localización, Ciudad. (Google Earth, 2017).

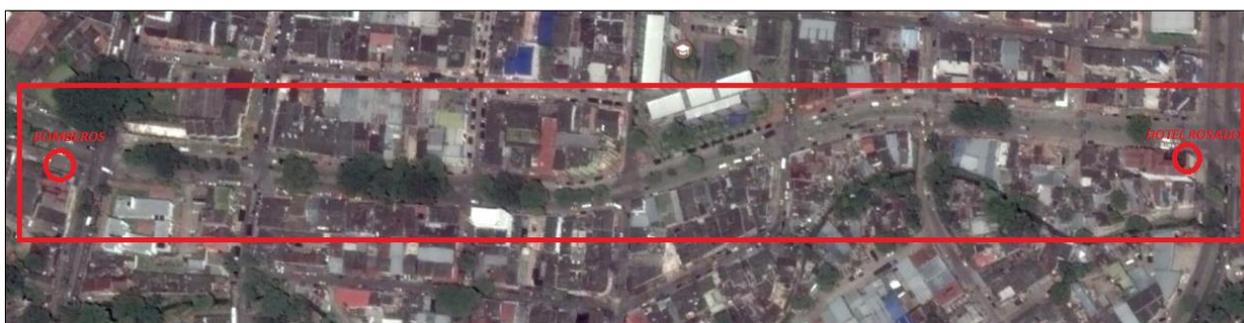


Ilustración 12. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23 (Google Earth, 2017).

7.2 Registro Fotográfico:

A continuación, se muestran como evidencias de la presente investigación los registros fotográficos productos de la misma.



Imagen 1. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23 fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 2. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23 fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 3. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23 fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 4. Vía Principal de la Calle 35 entre Carrera 29 y Carrera 23 fuente (Autores del Proyecto, 2017).

De acuerdo a lo evidenciado en los registros fotográficos y según el manual de daños, se identifican los tipos de patologías o daños teniendo en cuenta la clase, severidad y cantidad.

Estas patologías en pavimentos de losas de concreto se detallan en el siguiente formato:

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS	
INSPECCIONADA POR			FECHA		
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o

					o o o o o
					1 2 3 4

Ilustración 13. Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie de Concreto. (Varela, 2002, pág. 4).

Información:

Zona: Calle 35 entre la carrera 29 y 23 sector del centro de la comuna 2, de la ciudad de Villavicencio.

Localización: vía Catama, sentido Bomberos – Hotel Rosado.

Abscisa inicial: K. 0+000

Abscisa Final: K. 0+200



Imagen 5. Medición de Losas de Concreto fuente (Autores del Proyecto, 2017).



imagen 6. Medición .de Losas de Concreto fuente (Autores del Proyecto, 2017).



imagen 7. Medición .de Losas de Concreto fuente (Autores del Proyecto, 2017).

Datos de la vía:

Longitud total de la vía: 600 metros

Longitud de la losa: 3 metros

Longitud de la muestra: 14 losas = 42 metros

Unidad muestreo: 14

Área de muestreo: $14 \times 9 = 126 \text{ m}^2$

Fecha: 17 de junio de 2017.

Inspeccionado por:

Ing. Julio Enrique Galán Lozano

Ing. Diego Armando Hernández Montilla

Número total de unidades de muestra (N):

$N = 14$ losas (según manual PCI N debe estar entre 12 y 28 losas)

Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar:

Se calcula las unidades a ser evaluadas, se adoptó un error $e = 5\%$ y una desviación estándar de $\sigma = 15$, debido a que esta es la primera evaluación que se realiza. En donde tenemos lo siguiente:

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

Ilustración 14. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar. (Varela, 2002)

$$n = \frac{14 \times 15^2}{\frac{0.05^2}{4} \times (14 - 1) + 15^2}$$

$$n = 13.99 = 14$$

Intervalo de muestreo (i):

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

Ilustración 15. Intervalo de Muestreo. (Varela, 2002).

$$i = \frac{14}{14}$$

$$i = 1 = 1.$$

Una vez identificado el tipo de patología con su respectivo daño y severidad, se enuncian los mismos con la codificación designada de acuerdo al formato de pavimentos en concreto:

22. Grieta de Esquina: es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina.

Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina (Varela, 2002).

Severidad: Media. Se define como severidad media si la losa tiene 2 grietas.

Reparación: Sellado de grietas con parcheo profundo.



Imagen 8. Grieta de Esquina fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 9. Grieta de Esquina fuente (Autores del Proyecto, 2017).

23. Losa Dividida: es la losa dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado (Varela, 2002).

Severidad: Alta. Se define como severidad alta si la losa está dividida en 8 o más pedazos.

Reparación: Reemplazo de la losa.



Imagen 10. Losa Dividida fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 11. Losa Dividida fuente (Autores del Proyecto, 2017).

25. Escala: es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son asentamientos debidos a una fundación blanda, bombeo o erosión del material debajo de la losa y alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad (Varela, 2002).

Severidad: Media. Se define como severidad media si tiene una diferencia de elevación de 1 a 2 cms.

Reparación: Fresado.



Imagen 12. Escala fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 13. Escala fuente (Autores del Proyecto, 2017).

29. Parcheo Grande (Mayor a 0.45 M²): Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo (Varela, 2002).

Severidad: Baja. Se define como severidad baja cuando el parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

Reparación: No se hace nada.



Imagen 14. Parqueo Grande fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 15. Parqueo Grande fuente (Autores del Proyecto, 2017).

34. Punzonamiento: Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes, pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la

repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (Varela, 2002).

Severidad: Alta. Se define como severidad alta cuando la losa se divide en más de 5 pedazos.

Reparación: Parcheo profundo.



Imagen 16. Punzonamiento fuente (Autores del Proyecto, 2017).



Imagen 17. Punzonamiento fuente (Autores del Proyecto, 2017).

Según el trabajo de campo, registros fotográficos y manual PCI, se muestra la tabla 1 que parametriza los valores deducidos de la siguiente forma:

Tabla 1. Valores Deducidos.

DAÑO	SEVERIDAD	No DE LOSAS	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
22	media	10	71,42%	58
23	alta	14	100%	92
25	media	5	35,71%	28
29	baja	8	57,14%	20
34	alta	7	50%	72
Unidades de muestreo		14		

Fuente (Autores del Proyecto, 2017).

Cálculo de los Valores Deducidos:

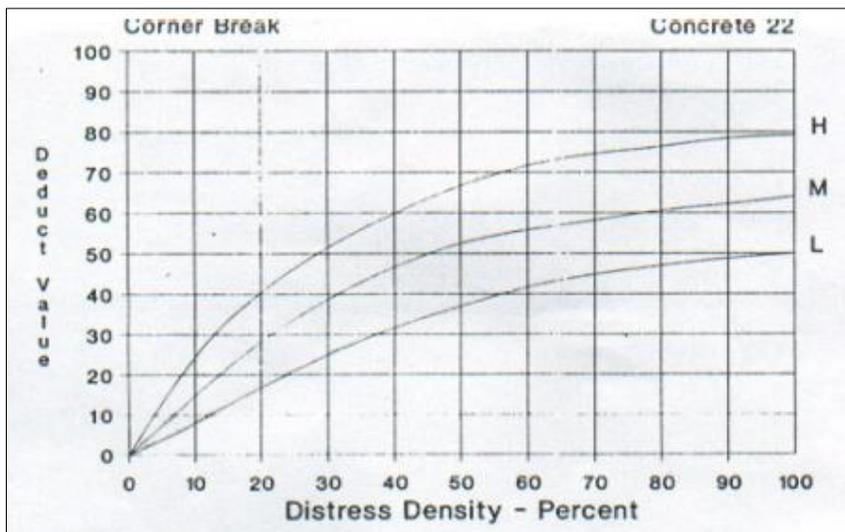


Ilustración 16. Gráfica Valor Deducido para Grieta de Esquina. (Varela, 2002).

DENSIDAD (71,42%) VS SEVERIDAD MEDIA

$$VD = 58$$



Ilustración 17. Gráfica Valor Deducido para Losa Dividida. (Varela, 2002).

DENSIDAD (100%) VS SEVERIDAD ALTA

$$VD = 92$$

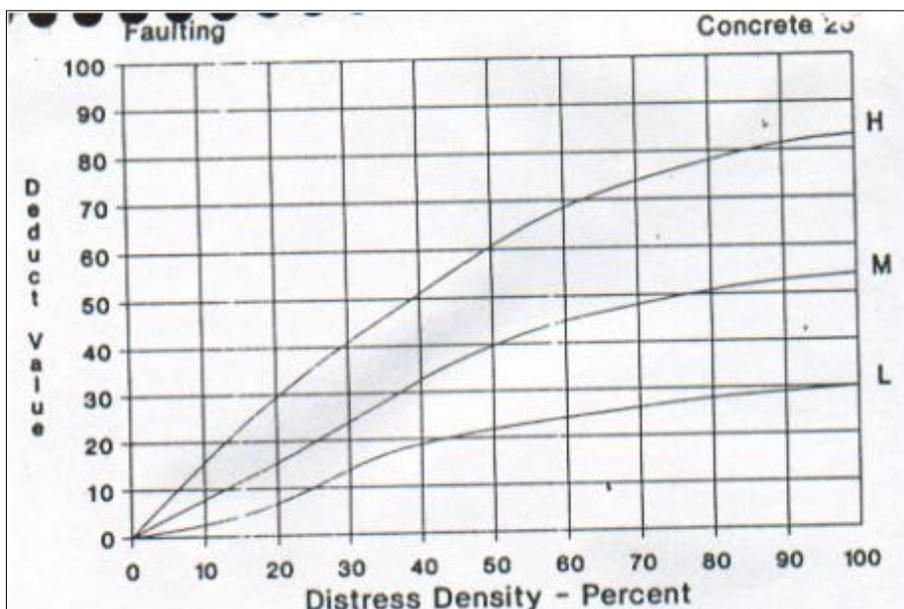


Ilustración 18. Grafica Valor Deducido para Escala. (Varela, 2002).

DENSIDAD (35.71%) VS SEVERIDAD MEDIA

VD= 28

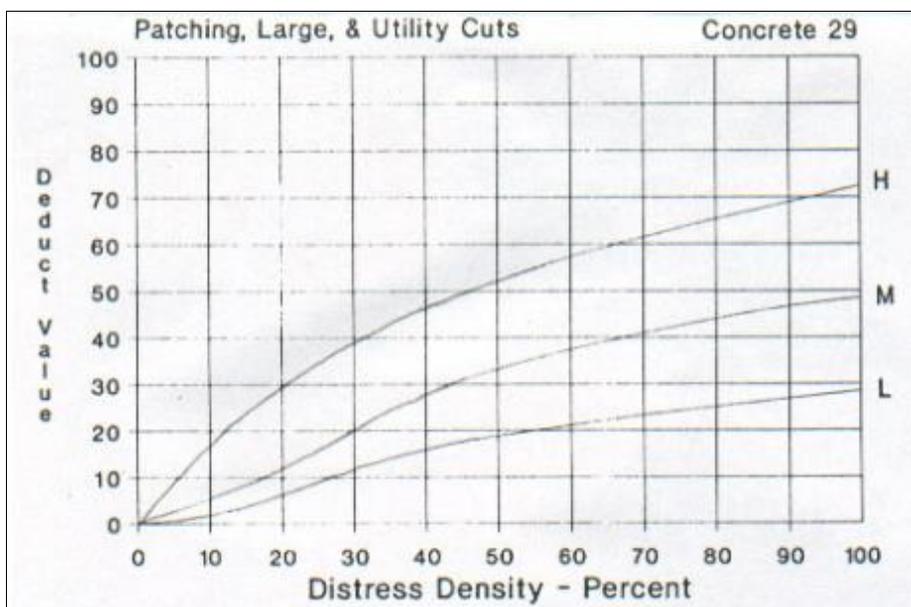


Ilustración 19. Grafica Valor Deducido para Parcheo Grande. (Varela, 2002).

DENSIDAD (57.14%) VS SEVERIDAD BAJA

DV= 20

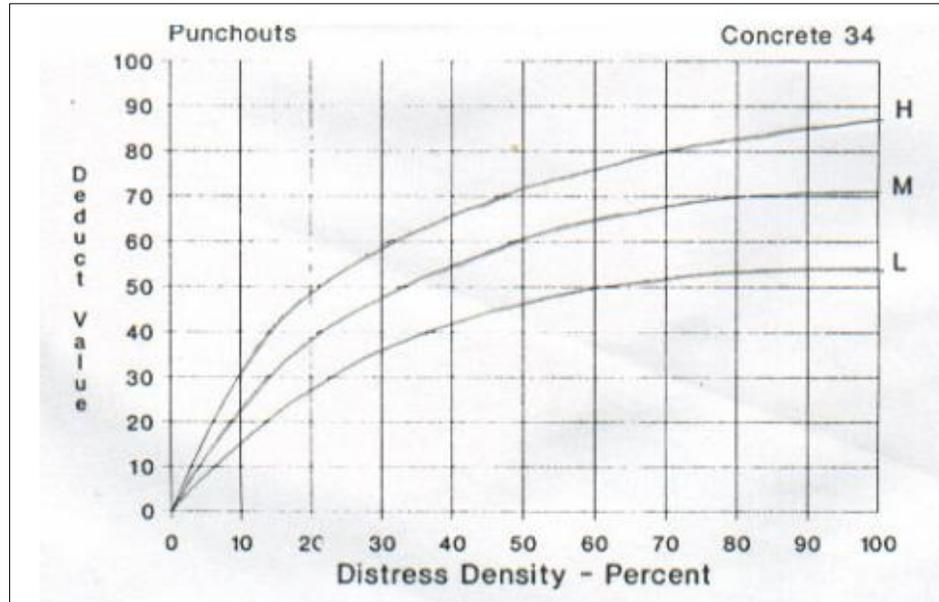


Ilustración 20. Grafica Valor Deducido para Punzonamiento. (Varela, 2002).

DENSIDAD (50%) VS SEVERIDAD ALTA

$$VD = 72$$

Calculo del número admisible máximo deducido (m):

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

Ilustración 21. Numero Admisible Máximo Deducido. (Varela, 2002).

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 92)$$

$$m = 1.73$$

Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

$q =$ No de valores deducidos mayores que dos

$q = 4$

Valor deducido total = 252

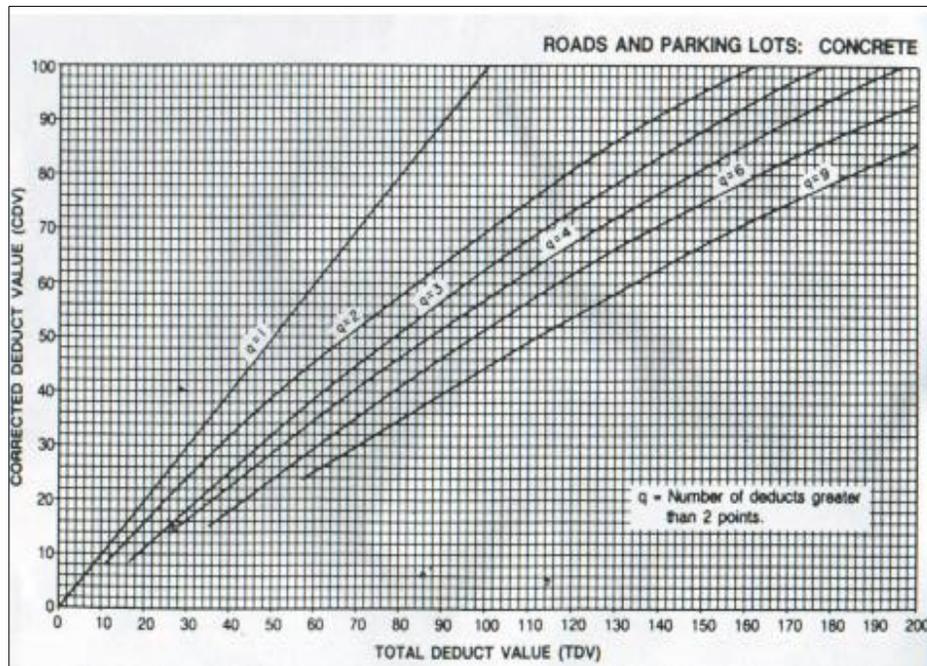


Ilustración 22. Gráfica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).

CDV = 100

Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

$q =$ No de valores deducidos mayores que dos

$q = 3$

Valor deducido total = 224

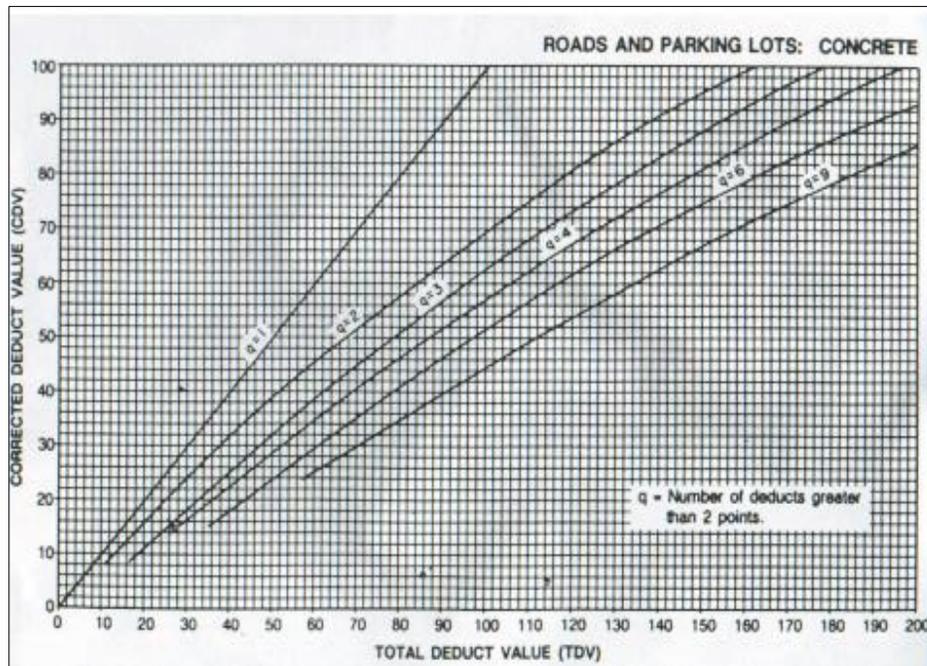


Ilustración 23. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).

$$\text{CDV} = 100$$

Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

q= No de valores deducidos mayores que dos

q= 2

Valor deducido total= 166

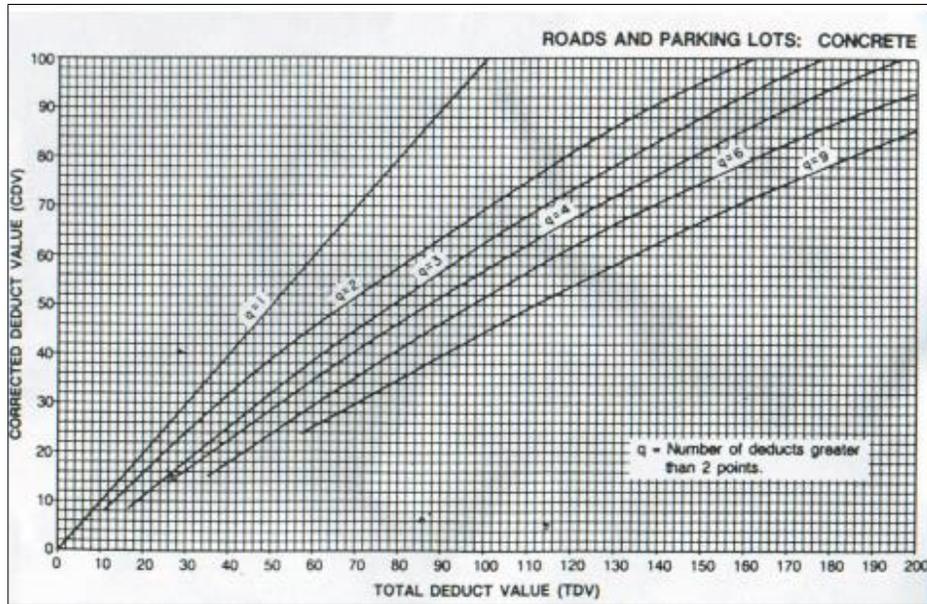


Ilustración 24. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).

$$CDV = 100$$

Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

q= No de valores deducidos mayores que dos

q= 1

Valor deducido total= 94

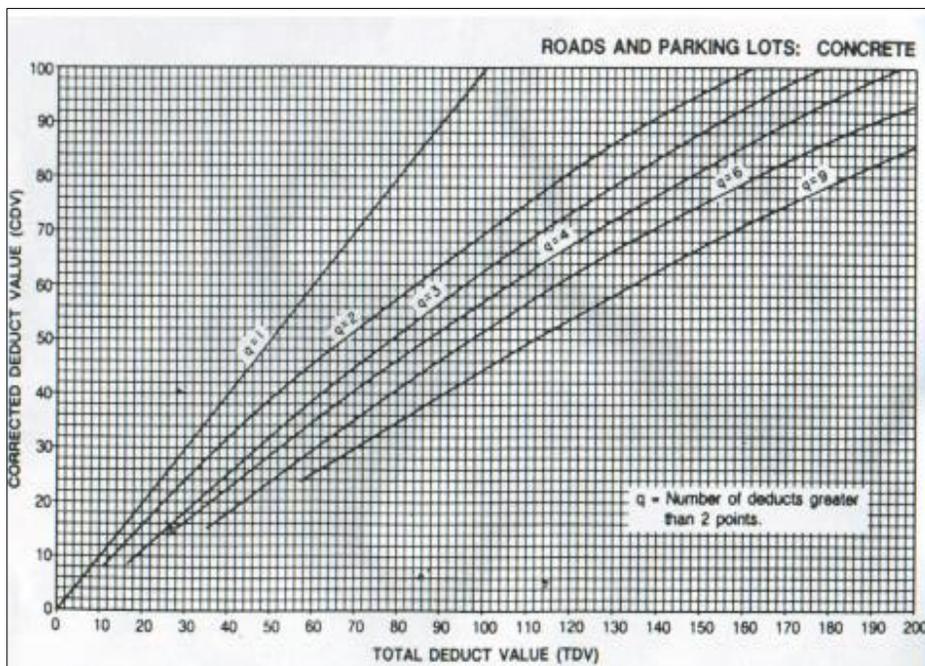


Ilustración 25. Grafica Máximo Valor Deducido Corregido. (Varela, 2002).

$$CDV = 92$$

MAXIMO CDV= 100

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

Dónde:

PCI - Índice de condición presente

Máx. CDV- Máximo valor corregido deducido

Ilustración 26. Índice de Condición Presente. (Varela, 2002).

$$PCI = 100 - 100$$

$$PCI = 0$$

Rangos de calificación del PCI:

100 – 85 Excelente

85 – 70 Muy Bueno

70 – 55 Bueno

55 – 40 Regular

40 – 25 Malo

25 – 10 Muy Malo

10 – 0 Fallado

Una vez realizado el diagnóstico y evaluación del pavimento de la vía principal de la calle 35 entre la carrera 29 y 23 sector centro de la comuna 2 de la ciudad de Villavicencio, el resultado arrojado determina un índice de condición del pavimento fallado, lo cual nos indica que se deben tomar medidas correctivas a fin de rehabilitarla, evitando de esta manera problemas futuros a los ciudadanos que normalmente hacen uso de la misma.

8 CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico y una evaluación del pavimento de la vía principal de la calle 35 entre carrera 29 y 23 de la ciudad de Villavicencio, donde se tomaron 14 muestras de losa de concreto para su evaluación final.
- Se observaron diferentes tipos de patologías en el tramo de la vía que se evaluó, donde se lograron identificar las siguientes: grieta de esquina, losa dividida, escala, parcheo grande y punzonamiento.
- La propuesta de investigación fue realizada siguiendo los lineamientos PCI y como resultado obtuvimos un índice de condición presente (PCI) de 0, cifra que de acuerdo al manual está en el rango de 10 - 0 lo que significa que es un pavimento fallado por ende requiere de reparación y mantenimiento correctivo.

9 RECOMENDACIONES

- Posterior al resultado arrojado por la presente investigación sobre pésimo (fallado) estado del pavimento de la vía objeto de estudio, se deberá contactar a la entidad competente para que ejecute un proyecto de rehabilitación de esta vía.
- Se propone a los interesados en la infraestructura vial de la ciudad de Villavicencio, realizar mantenimiento periódico sobre las vías primarias, secundarias y terciarias y de esta manera prevenir el deterioro de las mismas.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Ander-Egg, E. (1985). *Introducción a la planificación*. Argentina: Humanitas.
- Ander-Egg, E. (2000). *Métodos y técnicas de investigación social*. Argentina: Lumen-Humanitas.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación*. Caracas: Episteme.
- Baray, H. L. (2006). *Introducción a la metodología de la Investigación*. Chihuahua.
- Bizquera, R. (1990). *Métodos de investigación educativa*. España: Seak.
- Dieguez, A. J. (1987). *Planificación y Trabajo Social*. Argentina: Humanitas.
- Franco, H. C. (1992). *Evaluación de proyectos sociales*. Ciudad de Mexico: Siglo Veintiuno.
- García, F. (1992).
- Grisales, J. C. (2002). *Diseño Geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Irvine, M. e. (1983). *Evaluación de la investigación básica*.
- Lodoño, J. A. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Medellín: INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO.
- Londoño, C. (10 de Enero de 2014). *Blog 360° en concreto*. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/historia-y-origen-de-los-pavimentos-de-concreto-en-colombia/>
- Sabino, C. (1992). *El proceso de la investigación*. Caracas: Panapo.
- Scarón, M. T. (1985). *El diagnóstico social*. Argentina: Humanitas.
- Tamayo, M. T. (2003). *El proceso de la investigación Científica*. México Df: Limusa.
- Varela, L. R. (Febrero de 2002). *Ingepav*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/ingepav/gestion-de-pavimentos/02procedimientodeinspeccionycalificaciondelpavimento>
- Vergara, M. E. (1987). *Programación manual para trabajadores sociales*. Argentina: Humanitas.
- Villavicencio, A. (23 de marzo de 2012). http://antigua.villavicencio.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=25:historia&catid=4:informacion-general&Itemid=79.