

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS
INTERTRABADOS DE LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACHILLER: CARLOS ISMAEL BRAVO MONTENEGRO

ASESOR: M.C.s. ING. ALBERTICO BADA ALDAVE

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL – SEDE JAÉN



TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS
INTERTRABADOS DE LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: CARLOS ISMAEL BRAVO MONTENEGRO

ASESOR: M.Cs. ING. ALBERTICO BADA ALDAVE

JAÉN-CAJAMARCA-PERÚ

2014

COPYRIGHT © 2014 by

CARLOS ISMAEL BRAVO MONTENEGRO

Todos los derechos reservados

Agradecimientos:

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hermanos, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

Finalmente a mi asesor, MC.s Ing. Albertico Bada Aldave por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

A:

Con todo mi cariño y amor para mis padres y
hermanos que hicieron todo en la vida para que
yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y
darme la mano cuando sentía que el camino se
terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y
mi agradecimiento

ÍNDICE

Contenido	Página
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes Teóricos de la Investigación.	4
2.2 Bases Teóricas	5
2.3 Definición de términos Básicos.	26
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Localización	29
3.2 Procedimientos	31
3.3 Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados	39
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
4.1 Análisis de Datos	48
4.2 Discusión de Resultados	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones	58
5.2 Recomendaciones	59
Referencias Bibliográficas	
Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
Tabla 1. Granulometría de la Arena de Cama (ASTM C33)	7
Tabla 2. Adoquines – Requisitos (NTP 399.611:2003)	7
Tabla 3. Resistencia a la Compresión	8
Tabla 4. Granulometría de la Arena de Sello (ASTM C144)	8
Tabla 5. Clasificación General de Deterioros de los Pavimentos Intertrabados	13
Tabla 6. Rangos de Calificación del PCI	24
Tabla 7. Nivel de Servicio y Categorías de Acción del ICP	25
Tabla 8. Valores y Calificación de la Serviciabilidad PSI	28
Tabla 9. Tipo de deterioro y factor de influencia por clase	38
Tabla 10. Porcentaje del área afectada de la condición estructural	39
Tabla 11. Porcentaje del área afectada de la condición funcional	39
Tabla 12. Factores de penalización para el índice de condición Estructural, ICE	40
Tabla 13. Factores de penalización para el índice de condición Funcional, ICF	41
Tabla 14. Porcentaje del área equivalente afectada de la condición Estructural, ICE	41
Tabla 15. Porcentaje del área equivalente afectada de la condición Funcional, ICF	42
Tabla 16. Cálculo del área equivalente afectada (FA) para el ICE	42
Tabla 17. Cálculo del área equivalente afectada (FA) para el ICF	43
Tabla 18. Cálculo del índice de condición estructural, ICE	44
Tabla 19. Cálculo del índice de condición estructural, ICF	44
Tabla 20. Matriz para el cálculo del ICP	45
Tabla 21. Resumen del índice de condición del pavimento, ICP	45
Tabla 22. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle Alfonso Arana Vidal.	46
Tabla 23. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle Universidad.	47

Título	Página
Tabla 24. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle Santa Teresita.	48
Tabla 25. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle María Parado de Bellido	48
Tabla 26. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle Micaela Bastidas.	49
Tabla 27. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle Zarumilla	50
Tabla 28. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento Intertrabado de la Calle Antonio Raymondi	51
Tabla 29. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la Calle Alfonso Arana Vidal.	52
Tabla 30. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la Calle Universidad.	52
Tabla 31. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la Calle Santa Teresita.	52
Tabla 32. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la Calle María Parado de Bellido.	53
Tabla 33. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, De la calle Micaela Bastidas.	53
Tabla 34. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, De la calle Zarumilla.	53
Tabla 35. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, De la calle Antonio Raymondi.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Abultamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 78).	13
Figura 2. Ahuellamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 79).	14
Figura 3. Depresiones (Higuera, Pacheco, 2010, p. 79).	15
Figura 4. Desgaste superficial (Higuera, Pacheco, 2010, p. 80).	15
Figura 5. Pérdida de Arena (Higuera, Pacheco, 2010, p. 80).	16
Figura 6. Desplazamiento de Borde (Higuera, Pacheco, 2010, p. 81).	17
Figura 7. Desplazamiento de Junta (Higuera, Pacheco, 2010, p. 81).	18
Figura 8. Fracturamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 82).	18
Figura 9. Fracturamiento de Confinamientos Externos (Higuera, Pacheco, 2010, p. 82).	19
Figura 10. Fracturamiento de Confinamientos Internos (Higuera, Pacheco, 2010, p. 83).	20
Figura 11. Escalonamiento entre Adoquines (Higuera, Pacheco, 2010, p. 84).	21
Figura 12. Escalonamiento entre Adoquines y Confinamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 84).	22
Figura 13. Juntas Abiertas (Higuera, Pacheco, 2010, p. 85).	22
Figura 14. Vegetación en la Calzada (Higuera, Pacheco, 2010, p. 85).	23
Figura 15. Ubicación departamental y Provincial de la investigación	29
Figura 16. Ubicación distrital de la investigación.	30
Figura 17. Ahuellamiento, AH. Flecha > 40mm. Severidad Alta. En la Calle Universidad	35
Figura 18. Desgaste Superficial, DS. Área > 0.5m ² . Severidad Alta. En la Calle Alfonso Arana Vidal.	35
Figura 19. Depresiones, DA. Flecha > 40mm. Severidad Alta. En la Calle Micaela Bastidas.	36
Figura 20. Fracturamiento de Confinamientos Internos, CI. Grietas > 3mm. Severidad Alta. En la Calle María Parado de Bellido.	36
Figura 21. Vegetación en la Calzada, VC. Vegetación por encima del adoquín. Severidad Media. En la Calle Santa Teresita.	37

Título	Página
Figura 22. Fracturamiento, FA. Área > 0.5m ² . Severidad Alta. En la Calle Zarumilla.	37
Figura 23. Escalonamiento entre adoquín y Confinamiento, EC. Desnivel < 5mm. Severidad Baja. En la Calle Antonio Raymondi.	38
Figura 24. Pérdida de Arena, PA. Área > 0.5m ² . Severidad Alta. En la Calle Universidad.	38
Figura 25. Abultamiento, BA. Área > 0.5m ² . Severidad Alta. En la Calle Universidad.	39
Figura 26. Representación gráfica del área que cubren las patologías (Calle Alfonso Arana Vidal).	48
Figura 27. Representación gráfica del área que cubren las patologías. (Calle Universidad).	49
Figura 28. Representación gráfica del área que cubren las patologías. (Calle Santa Teresita).	50
Figura 29. Representación gráfica del área que cubren las patologías. (Calle María Parado de Bellido).	51
Figura 30. Representación gráfica del área que cubren las patologías. (Calle Micaela Bastidas).	51
Figura 31. Representación gráfica del área que cubren las patologías. (Calle Zarumilla).	52
Figura 32. Representación gráfica del área que cubren las patologías. (Calle Antonio Raymondi).	53

RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Jaén – Perú, entre los meses de Julio y Noviembre del año 2014. El problema se presenta específicamente por el deterioro en los pavimentos intertrabados, por tanto, el objetivo principal fue evaluar las patologías presentes en este tipo de pavimentos. Para la investigación, se sometió a estudio siete calles con pavimentos intertrabados dentro del área urbana de la ciudad de Jaén: Calle Alfonso Arana Vidal, Calle Universidad, Calle Santa Teresita, Calle María Parado de Bellido, Calle Micaela Bastidas, Calle Zarumilla y Calle Antonio Raymondi. Para ello se hizo una inspección visual, tomando las medidas de las patologías presentes en cada uno de los pavimentos, se midió el área del deterioro, el desnivel, el agrietamiento y la flecha, dependiendo del tipo de patología. Para la recolección de datos se utilizó un Formato de Inspección de Patologías en Pavimentos Intertrabados (ver anexo 1), utilizándose como elementos complementarios una Wincha de 50 m y una regla de madera de 3 m. Posteriormente se hizo el trabajo de gabinete respectivo, utilizando la metodología del ICP (índice de condición del pavimento), propuesta por la Revista Ingenierías, vol. 9, núm. 17. 2010, de la Universidad de Medellín - Colombia. Se determinó que la calle Santa Teresita, tiene un ICP = 4 (Bueno) y las seis calles restantes presentan un ICP = 5 (Muy bueno). El valor del ICE fluctúa entre 83 y 98 y el valor del ICF fluctúa entre 83 y 99.

Palabras claves: Pavimento, intertrabado, patologías, inspección, área.

ABSTRACT

The investigation came true in town of Jaén - Perú, enter months of Julio and the year's Noviembre 2014. The problem shows specifically for the deterioration in the pavements intertrabados itself, therefore, it was to evaluate principal objective the present pathologies in this pavements fellow. In order to the investigation submitted him to study seven streets with pavements intertrabados inside Jaen's urban area urban: Street Alfonso Arana Vidal, Street Universidad, Street Santa Teresita, Street María Parado of Bellido, Street Micaela Bastidas, Street Zarumilla and Street Antonio Raymondi. A visual inspection was made In order to it, taking the pavement's measures of the present pathologies in each one, the place of the deterioration, the unevenness, the cracking and the arrow, depending on the pathology fellow measured itself . A Wincha of 50 meters and 3meters wooden rule utilized Pathologist's supervisory Format in Pavements Intertrabados, utilizing as complementary elements herself In order to the data anthology. Posteriorly respective desk work was made, utilizing the methodology of the ICP (the pavements of importance index), proposal for the magazine Engineerings, vol. 9, numb. 17. 2010, of Medellin's University - Colombia. It was determined that Santa Teresita, he has a ICP = 4 (good) and the six remaining streets they introduce a ICP=5 (very good). The ICE'S value it fluctuates among 83 and 98 and the ICF'S value it fluctuates among 83 and 99.

Key words: Pavement, intertrabado, pathologies, inspection, area.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los adoquines de concreto en los últimos años han tenido un amplio desarrollo en nuestro país por sus características de versatilidad, empleo extensivo de mano de obra y economía. Significativamente se aprecia su facilidad de colocación, su bajo costo y la posibilidad de poderse reutilizar.

Los pavimentos de adoquines crecen en todo el mundo en forma sostenida, y hoy se puede afirmar que en cada segundo son colocados más de 1000 adoquines. Una parte de los mismos tiene como destino los 6.5 millones de m² colocados en puertos y patios de carga, y otros constituyen 1.2 millones de m² colocados en aeropuertos, cantidad equivalente a 10000 cuadras.

Pero las obras no están exentas de las patologías o los deterioros localizados o generalizados, estos comienzan inmediatamente después de su construcción; ya sea debido a las sollicitaciones del tráfico, las acciones climáticas, la calidad de materiales, la incompetencia del personal, etc.

En la ciudad de Jaén, el uso de pavimentos con adoquín de concreto aparecen en el año 2005 y a partir de esa fecha se viene empleando en la construcción de diferentes calles y parques, este material ofrece ventajas económicas y desventajas como: la poca duración del pavimento debido a factores naturales y humanos. Uno de los factores son las fuertes precipitaciones que se presentan en la ciudad entre los meses de enero y abril, con un promedio anual de 760mm/h. Otro factor importante es el crecimiento poblacional de la ciudad, que en los últimos 33 años ha crecido 4.7 veces y se ha extendido físicamente 4 veces, esto a su vez ha conllevado a un crecimiento en el transporte, provocando un desgaste en los pavimentos urbanos.

En términos generales, el problema son las patologías en el pavimento intertrabado; y como todo problema, las patologías tienen sus causas y sus efectos; pero, asimismo sus soluciones.

Las causas son las solicitaciones externas producidas por el tráfico y los agentes climáticos, y de una serie de factores que van desde el diseño original hasta la calidad del proceso constructivo; asimismo, la incompetencia del personal, etc. Los efectos son el nivel de servicio, desde muy bueno hasta muy malo; nivel de servicio entendido como serviciabilidad de una vía o habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados. Las soluciones hacen referencia a la necesaria e indispensable gestión de mantenimiento, rutinario, periódico y rehabilitación, para tomar las acciones para prolongar la vida útil del pavimento. La gestión se realiza mediante estudios de evaluación de los pavimentos.

Y, para efectuar las evaluaciones superficiales se cuenta con varios métodos. Entre estos métodos se tiene el índice de condición del pavimento (PCI) y la metodología francesa VIZIR, de los cuales el primero es uno de los métodos de fácil implementación y no requiere de herramientas y equipos especializados para su evaluación.

De tal forma se plantea la interrogante: ¿En qué medida la evaluación de las patologías de los pavimentos intertrabados de la ciudad de Jaén – Cajamarca, nos permite obtener un índice de condición para mejorar el diseño de los pavimentos?

Y como hipótesis general se plantea lo siguiente: Con la evaluación de las patologías de los pavimentos intertrabados de la ciudad de Jaén – Cajamarca, nos permitirá obtener un índice de condición bueno del pavimento.

Por consiguiente el estudio se justifica por la importancia de conocer el estado actual de los pavimentos intertrabados del Distrito y Provincia de Jaén - Cajamarca para la toma de decisiones correspondientes. Con la determinación del índice de condición del pavimento podremos asegurar un diseño adecuado para la zona de estudio y de esta manera los Municipios y Empresas Constructoras puedan tomar decisiones futuras ya sea para un mantenimiento, rehabilitación o una construcción nueva.

Además, se busca desarrollar una metodología de evaluación de pavimentos intertrabados para el área urbana de la ciudad de Jaén, considerando las características propias de las mismas, así como también convertir el presente método de estudio en una herramienta de uso para los diferentes Municipios y Empresas particulares de la zona, con la tendencia a conservar y rehabilitar los pavimentos intertrabados.

El objetivo principal es evaluar las patologías de los pavimentos intertrabados de la ciudad de Jaén – Cajamarca, para obtener un índice de condición y mejorar el diseño de los pavimentos intertrabados. De manera específica se busca también: Analizar y cuantificar los deterioros que afectan a los pavimentos intertrabado y calcular el índice de condición de los pavimentos intertrabados.

La Tesis se divide en cinco capítulos que se describen a continuación:

- El primer capítulo busca dar una información general del problema, hipótesis, importancia, alcances y objetivos del proyecto.
- El segundo capítulo hace mención a las referencias teóricas utilizadas para el proyecto.
- El tercer capítulo se detalla los materiales y métodos a utilizar en la elaboración del proyecto.
- El cuarto capítulo enfoca la realización del análisis y discusión de resultados.
- Y como quinto y último capítulo se describe las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Internacionales

En el mundo es muy escasa la literatura sobre la evaluación de patologías (o deterioros) de pavimentos intertrabados o articulados mediante el índice de condición del pavimento; es así que se ha encontrado un solo artículo en español referido al tema; que además ha sido complementado con los estudios previos que definen el número y el tamaño de las unidades de muestreo, extraídos de los manuales para pavimentos flexibles y rígidos.

Higuera, Pacheco (2010), en la revista: “Patologías de pavimentos articulados” concluyen que el trabajo realizado propone para Colombia la primera metodología para determinar el índice de condición estructural (ICE), el índice de condición funcional (ICF) y el índice de condición del pavimento (ICP) en carreteras con pavimentos articulados.

2.1.2 Nacionales

Llosa (2006), en su estudio evaluación superficial de los pavimentos flexibles en el municipio de La Molina, sugiriendo una metodología racional que permita evaluar las vías periódicamente y de esta manera estructurar un plan de desarrollo técnico y económico para su rehabilitación o mantenimiento; para realizar la evaluación superficial se utilizó el método del índice de condición del pavimento (PCI). Entre otras conclusiones considera que el tiempo de servicio de los pavimentos depende de los trabajos de rehabilitación tanto del tipo superficial (funcional) como estructural. También, un mantenimiento adecuado y una buena práctica de limpieza mejoran la serviciabilidad del pavimento e incrementa su vida útil.

El MTC (2009), realizó la evaluación de la autopista Ramiro Prialé (km 00+000-km 10+000) con fines de elaboración de expediente técnico para trabajos de mantenimiento periódico. Donde uno de los objetivos fue determinar el estado

superficial de la vía mediante el índice de condición del pavimento (PCI). El estudio se realizó con la finalidad de determinar y cuantificar el tipo de fisuras o fallas existentes, en una vía asfaltada, empleándose método PCI indicado. Entre los resultados de la evaluación se estableció que la superficie de rodadura se presenta en diferentes estados, el PCI varía entre 29 y 97; es decir, desde algunos tramos y/o sectores con manifestaciones de deterioro (agrietamientos), hasta otros en excelente estado.

Collazos (2011), utiliza para la evaluación superficial el método del ICP (índice de condición de pavimento), llegando a obtener un ICP=4(bueno) para el tramo de la localidad de Pariacoto de la carretera Casma - Huaraz, además obtuvo un índice de condición estructural ICE=82 y un índice de condición funcional ICF=81.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Pavimento

Estructura compuesta por capas que apoya toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado período de diseño y dentro de un rango de serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclo vías (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos. 2010).

2.2.2 Clasificación

a. Pavimentos flexibles (Pavimentos asfálticos)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltico mezcla en caliente, concreto asfáltico mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micro pavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares. El pavimento asfáltico de espesor total (full-depth), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico construidos directamente sobre la subrasante (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos. 2010).

b. Pavimentos rígidos (de concreto hidráulico)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con

juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.) (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos. 2010).

c. Pavimentos intertrabados (semi-flexibles).

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellorando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos.2010).

El pavimento intertrabado está formado, típicamente por una base granular, una capa o cama de arena de asiento, los adoquines intertrabados de concreto, la arena de sello, los confinamientos laterales y el drenaje, construido sobre una sub-rasante de suelo preparado para recibirlo (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos.2010).

c.1 Sub-rasante

Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos. 2010).

c.2 Sub-base

Los materiales de sub-base deben ser pétreos o granulares y de características uniformes, libres de terrones de arcilla, materia orgánica u otros elementos objetables. El material de sub-base se extenderá en capas de 10 a 15 cm de espesor, medido después de la compactación (Montejo. 2002).

c.3 Base

La base tendrá una densidad uniforme en toda su extensión y profundidad y este requisito se observará de manera especial en las zonas cercanas a las estructuras de confinamiento, sumideros, cajas de inspección, etc., donde el proceso de compactación es más difícil de llevar a cabo (Montejo. 2002).

La superficie de la base, evaluada con una regla de 3m, sobre una línea que no esté afectada por cambios de pendiente en la vía, no se separará de la regla más de 10mm (1cm) (Montejo. 2002).

c.4 Cama de arena

El espesor de la cama de arena no deberá ser mayor a 40 mm ni menor de 25 mm después de la compactación de los adoquines intertrabados de concreto. La cama de arena deberá tener la graduación mostrada en la Tabla 1. No se debe usar arena proveniente del triturado, ni polvo de piedra (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos.2010).

Tabla 1. Granulometría de la Arena de Cama (ASTM C33)

Malla	%Pasa
9,5mm(3/8")	100
4.75mm (N° 4)	95 - 100
2,36mm (N° 8)	85 - 100
1,18mm (N° 16)	50 - 85
600um (N° 30)	25 - 60
300um (N° 50)	10 - 30
150um (N° 100)	02 - 10
75um (N° 200)	00 - 01

Fuente: RNE. CE 010 Pavimentos urbanos. 2010.

c.5 Adoquines

Los adoquines se colocarán directamente sobre la capa de arena ya enrasada. Se colocarán al tope de manera que las caras laterales generen juntas que no excedan los 5mm (0.5cm) (Montejo. 2002).

En áreas sujetas a tráfico vehicular se recomienda un espesor mínimo de adoquín de concreto de 60mm y un patrón de colocación en forma de espiga (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos.2010).

Tabla 2. Adoquines – Requisitos (NTP 399.611:2003)

Tipo	Uso
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal.
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores.

Fuente: RNE. CE 010 Pavimentos urbanos. 2010.

Tabla3. Resistencia a la Compresión

Tipo	Espesor (mm)	Promedio* (mpa)	Mínimo* (mpa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	>= 80	55	50

* Valores correspondientes a una muestra de tres unidades

Fuente: RNE. CE 010 Pavimentos urbanos. 2010.

c.6 Arena de sello. La arena para el sellado de las juntas entre adoquines intertrabados proporciona trabazón vertical y transferencia de corte debido a las cargas. Ella puede ser ligeramente más fina que la cama de arena. La gradación de este material puede tener un máximo de 100% pasando la malla N° 16 (1,18 mm) y no más de 10% pasando la malla N° 200 (75 µm) (RNE - CE 010 Pavimentos Urbanos.2010).

Tabla 4. Granulometría de la Arena de Sello (ASTM C144)

Malla	%Pasa
4.75mm (N° 4)	100
2,36mm (N° 8)	95 - 100
1,18mm (N° 16)	70 - 100
600um (N° 30)	40 - 75
300um (N° 50)	20 - 40
150um (N° 100)	45-31
75um (N° 200)	00 - 10

Fuente: RNE. CE 010 Pavimentos urbanos. 2010.

c.7 Confinamientos

Son elementos complementarios que limitan todo pavimento intertrabado y son esenciales para su performance. Estos proporcionan resistencia lateral al pavimento para que éstos, bajo la acción de una carga, como frenadas, aceleraciones o cualquier descomposición horizontal de una fuerza, tengan un movimiento lateral nulo (Collazos.2011).

c.7.1 Confinamientos externos: El confinamiento externo está conformado por todos los elementos que sirven de amarre al adoquinado y los cuales pueden ser andenes,

bordillos contra zonas verdes o un cordón a ras contra otro tipo de pavimento (Collazos.2011).

c.7.2 Confinamientos internos: Son los elementos que están dentro del adoquinado como cajas de inspección, sumideros y cunetas. No es necesario hacer cordones de confinamiento interno en grandes superficies, sino solo cuando haya cambios bruscos de nivel. En el caso de que la pendiente sea mayor al 9% se harán cada 100m en carreteras o en las intersecciones de las vías (Collazos.2011).

2.2.3 Aplicaciones de los Pavimentos Intertrabados

Las aplicaciones son múltiples, se pueden emplear en usos residenciales, municipales, industriales, centros comerciales, etc. Pueden ser aplicados desde pavimentos con tráfico peatonal y liviano hasta pavimentos con tráfico pesado (HOLCIM GROUP. 2010).

2.2.4 Ventajas que ofrecen los Pavimentos Intertrabados

Las ventajas son: (HOLCIM GROUP. 2010).

- a. En el proceso de construcción: Los adoquines son elementos prefabricados que llegan listos al lugar de la obra. Para su verificación se dispone en NTP 399.611, indicados en el RNE CE 010 Pavimentos urbanos, 2010. Toda la estructura del pavimento se puede construir y dar al servicio en un mismo día, por lo cual las interrupciones en el tráfico son mínimas y se logran economías en tiempo, equipos, materiales.
- b. Manejo y mantenimiento: Cuando se presenta una falla en los pavimentos o cuando hay que instalar o reparar las redes de servicios que van enterrados por la vía es indispensable retirar, y con esto destruir, las distintas capas del pavimento. La capa de rodadura es recuperable, pues como no van pegados unos con otros se pueden retirar y almacenar ordenadamente para reutilizarlos.
- c. Apariencia: Por estar conformado por muchas piezas iguales el pavimento de adoquines induce un cierto sentido de orden en la vía. Además la existencia de las juntas entre los adoquines elimina la monotonía que presenta la superficie continua de los otros pavimentos. Los adoquines se pueden fabricar de diferentes

colores, adicionando colorantes minerales a la mezcla y utilizando cemento gris o cemento blanco.

- d. Seguridad: Los pavimentos de adoquines se prestan para incorporar señales, o se pueden colocar en medio de otros pavimentos sirviendo como zonas de aviso para disminución de velocidad o zonas permanentes de velocidad restringida.
- e. Rugosidad: Los pavimentos de adoquines tienen una distancia de frenada menor que otros tipos de pavimentos, lo que se traduce en seguridad tanto para los peatones como para quienes se desplazan en los vehículos.
- f. Durabilidad: La calidad que se le exige a los adoquines de concreto garantiza su durabilidad, de manera que sean resistentes a la abrasión del tráfico de llantas, a la acción de la intemperie y al derrame de combustibles y aceites, lo que los hace ideales para la pavimentación de estacionamientos, estaciones de servicio, patios industriales, etc. Un adoquín, como tal, tiene una vida casi ilimitada. Aunque la estructura del pavimento puede sufrir algún deterioro después de estar en servicio por 20 o más años, el pavimento de adoquines puede alcanzar una vida útil de 40 años.

2.2.5 Limitaciones (Herrera, Hernández, Gordillo. 2006).

- a. Colapsa con el agua. Un pavimento de adoquines no puede trabajar como canal colector de aguas. No se recomienda para zonas de lavado de automóviles.
- b. Rugosidad. No es recomendable su utilización en calles con velocidades de circulación superiores a 60/65 km/h. Aunque, esta limitación se convierte en ventaja para calles residenciales de baja intensidad de tránsito y poca densidad de semáforos. A velocidades mayores el conductor percibe molestas vibraciones que lo obligan a disminuir la marcha.
- c. Ruido. El tránsito de los vehículos produce ruidos molestos.

2.2.6 Evaluación de Pavimentos

a. Evaluación Funcional

Es el reconocimiento de aquellas deficiencias; fallas superficiales, la rugosidad, pérdida de fricción, que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos

factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario (Thenoux, Gaete. 1995).

a.1 Fallas superficiales

Son defectos o deterioros que se manifiestan en la superficie del pavimento y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento, sin embargo su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro. Es importante por lo tanto efectuar un adecuado reconocimiento y cuantificación de estas fallas. Esto se realiza mediante una inspección (superficial y visual) empleando fichas diseñadas especialmente para este efecto (Thenoux, Gaete. 1995).

a.2 La rugosidad (comodidad)

Se define como las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, y por lo tanto la calidad del servicio brindada al usuario. Para medir la rugosidad se ha adoptado mundialmente el índice de rugosidad internacional (IRI), desarrollado en Brasil, para el Banco Mundial. Conceptualmente el IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo divididos entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. Se expresa en mm/m ó m/km. Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

a.3 Pérdida de fricción (seguridad)

Es un defecto que tiene relación directa con el usuario, particularmente con los segmentos de alta velocidad, zonas de frenado (cruce de peatones, colegios, etc.) y curvas de radio pequeño o curvas de radio amplio con peraltes menores a 6%. La pérdida de fricción se propone como consecuencia de una disminución combinada o individual de la macro textura como de la micro textura superficial del pavimento, lo cual puede originar accidentes, particularmente cuando el pavimento se encuentra

mojado. Es decir la fricción está asociada a un aumento de la lisura del pavimento. Para su medición se ha adoptado el índice de fricción internacional se define el índice de Fricción Internacional (IFI), el cual relaciona la fricción con la velocidad de deslizamiento. Se expresa mediante dos números: el primero representa la fricción – adimensional, con rango entre 0 (deslizamiento perfecto, sin adherencia) y 1 (máxima adherencia) y el segundo representa la velocidad, asociada con la macrotextura, su magnitud no tiene rango definido (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

b. Evaluación Estructural

Es la cuantificación de la capacidad estructural remanente presente en las distintas capas que componen la estructura del pavimento. Para evaluar la capacidad estructural del pavimento existen diversos procedimientos los cuales se estudiaron, clasificaron y analizaron (Thenoux, Gaete. 1995).

La evaluación estructural de un pavimento existente abarca necesariamente los siguientes trabajos: 1) Evaluación superficial de la condición del pavimento. 2) Evaluación del sistema de drenaje. 3) Determinación de espesores y tipos de materiales constituyentes de la estructura de pavimento. 4) Medición de deflexiones superficiales del pavimento (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

En lo que se refiere a la evaluación superficial, la misma debe considerar las fallas presentes en el pavimento de tal manera de valorarlas, tanto en magnitud como en severidad, para así tener un indicativo referencial de su condición. Para ello se dispone de la evaluación funcional del pavimento mediante la determinación del índice de condición del pavimento (PCI). Esta información se debe complementar, en especial con la medición de deflexiones, con la finalidad de establecer posibles correlaciones entre la condición superficial del pavimento y su deflexión superficial (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

La evaluación estructural se realiza mediante ensayos no destructivos, en los que se miden las deflexiones -con equipos como: viga Benkelman, dynaflect, deflectómetro, falling weight deflectometer —y se realiza una evaluación empírica, para la vida remanente—; y ensayos destructivos, en los que se realizan calicatas, extracción de testigos, placa de carga, penetrómetro dinámico de cono analizaron (Thenoux, Gaete. 1995).

2.2.7 Patologías en Pavimentos Intertrabados

Tabla 5. Clasificación General de Deterioros de los Pavimentos Intertrabados

Clase	Tipo de Deterioro	Símbolo	Unidad
Deformaciones	Abultamiento	BA	m2
	Ahuellamiento	AH	m2
	Depresiones	DA	m2
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS	m2
	Pérdida de arena	PA	m2
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	m2
	Desplazamiento de juntas	DJ	m2
Fracturamientos	Fracturamiento	FA	m2
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE	m2
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	m2
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA	m2
	Escalonamiento. entre adoquín y confinamiento	EC	m2
	Juntas abiertas	JA	m2
	Vegetación en la calzada	VC	m2

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

a. Deformaciones

Las deformaciones son cambios repentinos en los perfiles de los pavimentos. Estos cambios tienen flechas apreciables que repercuten negativamente en el confort de los usuarios.

a.1 Abultamiento

Son levantamientos o protuberancias que se presentan en la superficie del pavimento.

a.1.1 Causas

- Cambio volumétricos de la sub-rasante.
- Generalmente se presentan en sub-rasantes con suelos expansivos.

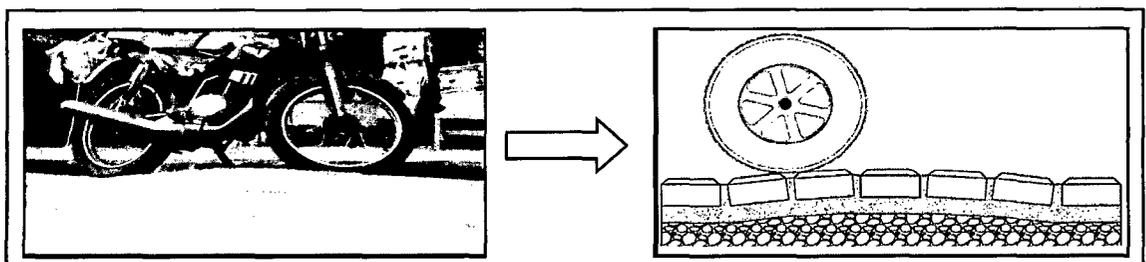


Figura 1. Abultamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 78).

a.1.2 Severidad

- Baja : Flecha menor de 20 mm
- Media : Flecha entre 20 y 40 mm
- Alta : Flechas mayores a 40 mm

a.2 Ahuellamiento

Depresión que se presenta a lo largo del sentido del tráfico, bajo las huellas de los vehículos.

a.2.1 Causas

- Hundimientos causados por las cargas del tránsito.
- Consolidación de las capas subyacentes.
- Inadecuada compactación de las capas estructurales.
- Aparcamiento de vehículos pesados durante mucho tiempo.

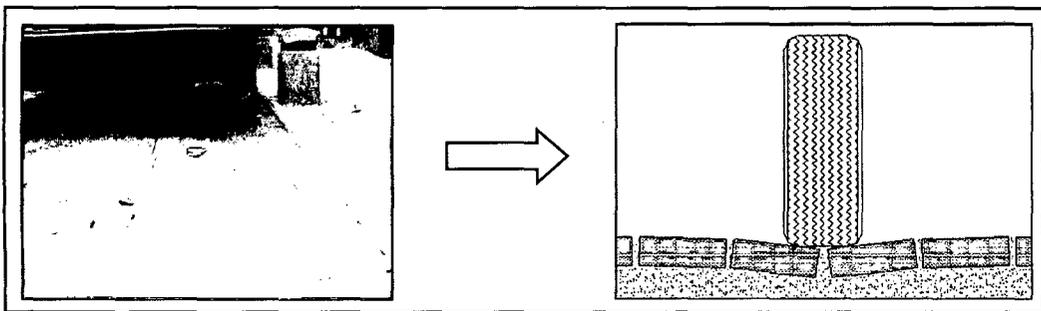


Figura 2. Ahuellamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 79).

a.2.2 Severidad

- Baja : Flecha menor de 20 mm
- Media : Flecha entre 20 y 40 mm
- Alta : Flechas mayores a 40 mm

a.3 Depresiones

Son hundimientos localizados en forma circular o semejante a ella, sin pérdida de material.

a.3.1 Causas

- Asentamientos en el suelo de fundación.
- Fallas en la capa de arena cuando las partículas de ésta se degradan.

- Un inadecuado drenaje o la falta de mantenimiento de éste.

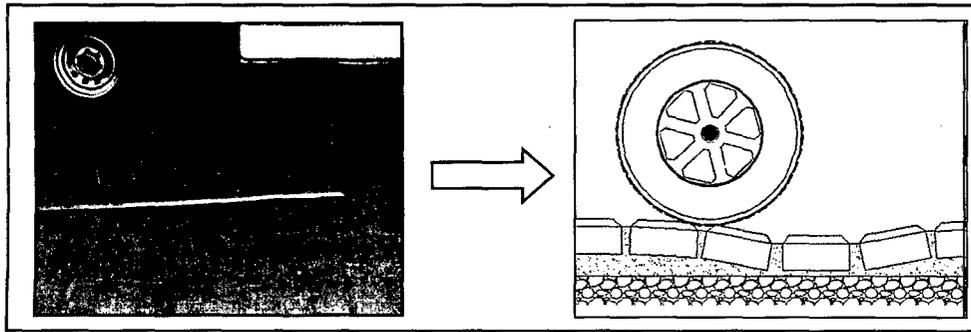


Figura 3. Depresiones (Higuera, Pacheco, 2010, p. 79).

a.3.2 Severidad

- Baja : Flecha menor de 20 mm
- Media: Flecha entre 20 y 40 mm
- Alta: Flechas mayores a 40 mm

b. Desprendimientos

Los desprendimientos son la pérdida de material en zonas localizadas del pavimento.

b.1 Desgaste Superficial

Es la pérdida de finos en la superficie del adoquín, creando una textura superficial rugosa, se forman cavidades y deja expuesto el agregado grueso.

b.1.1 Causas

- Baja calidad y/o control en la fabricación en de los adoquines.
- Por la abrasión de las llantas.
- Exposición constante a flujos de aguas a presión.

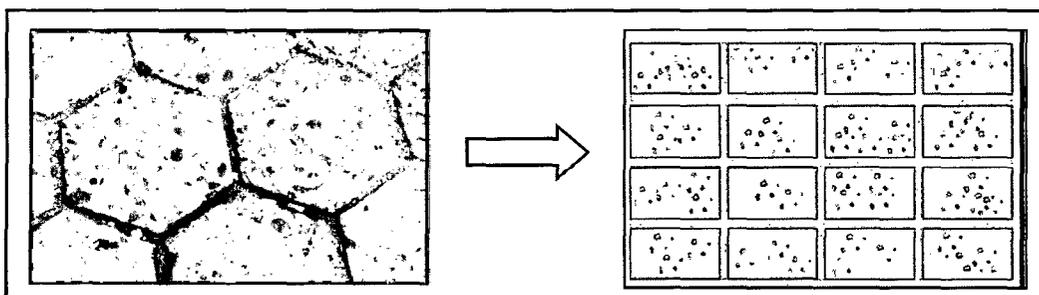


Figura 4. Desgaste superficial (Higuera, Pacheco, 2010, p. 80).

b.1.2 Severidad

- Baja: Desgaste superficial aislado. Área inferior o igual a 0.5 m².
- Media: Desgaste superficial en un área de extensión considerable y de forma continua, solamente con pérdida de finos. Área superior a 0.5 m².
- Alta: Desgaste superficial en un área de extensión considerable y de forma continua, con pérdida de agregado grueso y formación de concavidades. Área superior a 0.5 m².

b.2 Pérdida de Arena

Es la aparición de partículas de arena alrededor y sobre los adoquines.

b.2.1 Causas

- Arrastre de material fino por expulsión de agua al paso de los vehículos.
- Juntas abiertas.
- Desplazamiento de juntas.

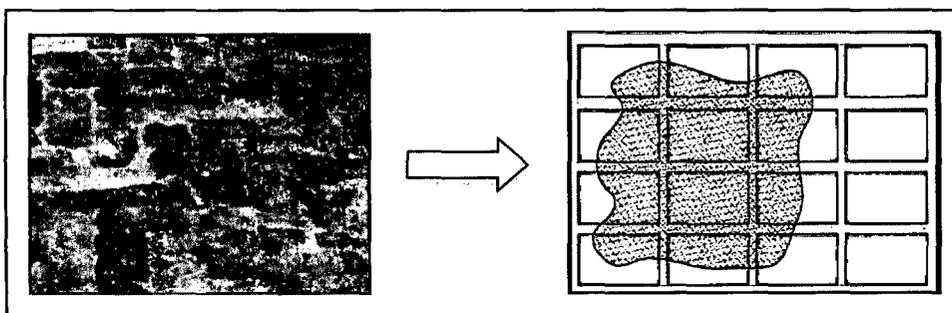


Figura 5. Pérdida de Arena (Higuera, Pacheco, 2010, p. 80).

b.2.2 Severidad

- Baja: Se presenta en zonas aisladas y solamente se aprecia pérdida de la arena de sello. Área inferior a 0.5 m².
- Media: Se presenta en zonas con áreas superiores a 0.5 m².
- Alta: Se presentan asentamientos y pérdida de los perfiles del pavimento.

c. Desplazamientos

Los desplazamientos son el corrimiento localizado de los elementos constitutivos del pavimento.

c.1 Desplazamiento de Borde

Son corrimientos localizados de los adoquines junto a los elementos de confinamiento.

c.1.1 Causas

- Falla localizada en el lugar de construcción del elemento, inadecuada construcción y diseño del elemento de confinamiento.
- Por las cargas del tránsito.

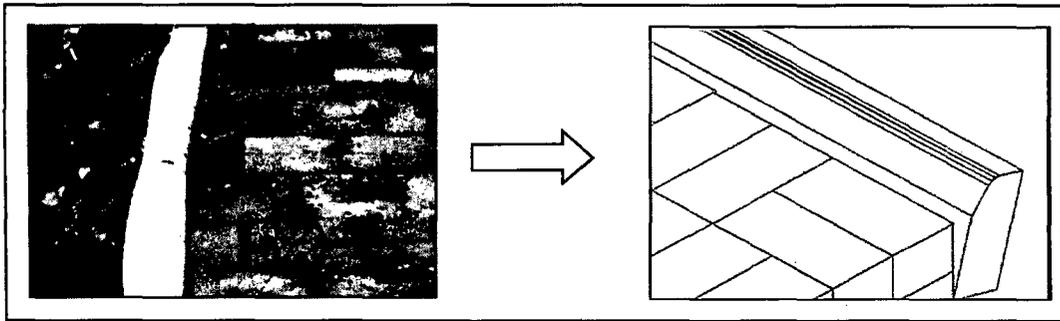


Figura 6. Desplazamiento de Borde (Higuera, Pacheco, 2010, p. 81).

c.1.2 Severidad

- Baja: Los adoquines aún están en su posición original y el desplazamiento de borde es menor a 2 cm.
- Media: Los adoquines se desplazaron de su posición original y el desplazamiento de borde está entre 2 y 5 cm.
- Alta: Los adoquines se desplazaron de su posición original, algunas piezas ya se salieron del pavimento y el desplazamiento de borde es superior a 5 cm.

c.2 Desplazamiento de Juntas

Los adoquines se apartan de su alineamiento inicial. Generalmente se da en hiladas de adoquines rectangulares.

c.2.1 Causas

- En zonas de frenado.
- En sitios de alta pendiente.
- Por falta de confinamientos transversales o porque éstos no están a una distancia adecuada.

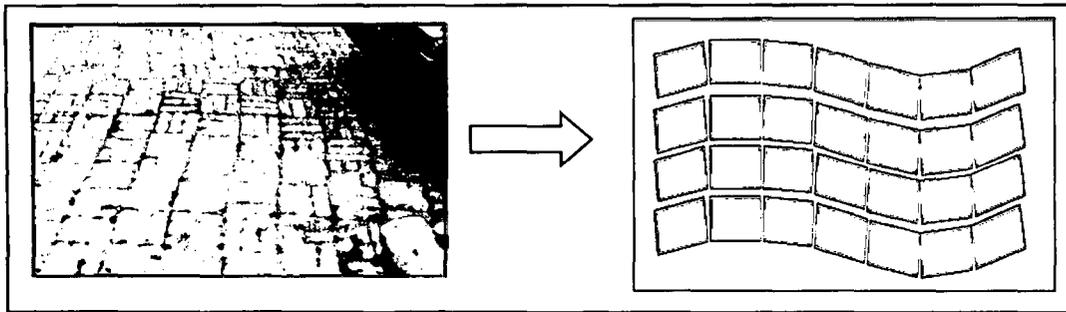


Figura 7. Desplazamiento de Junta (Higuera, Pacheco, 2010, p. 81).

c.2.2 Severidad

- Baja: La separación promedio de las aberturas de las juntas es menor a 5 mm.
- Media: Se presenta en zonas con áreas superiores a 0.5 m².
- Alta: La separación promedio de las aberturas de las juntas está entre 5 y 10 mm.

d. Fracturamientos

Es la aparición de fisuras y grietas en las piezas de adoquines o demás elementos constitutivos del pavimento, como son los elementos de confinamientos (bordillos). Cuando los fracturamientos llegan a evolucionar, ocurren pérdidas de material, formación de concavidades e incrustación de objetos ajenos al pavimento.

d.1 Fracturamiento

Son corrimientos localizados de los adoquines junto a los elementos de confinamiento.

d.1.1 Causas

- Inadecuado espesor de los adoquines
- Inadecuado espesor de las capas de apoyo.
- Deficiencia en la calidad de los materiales de la capa de apoyo y/o de los adoquines.
- Paso de cargas extraordinarias.

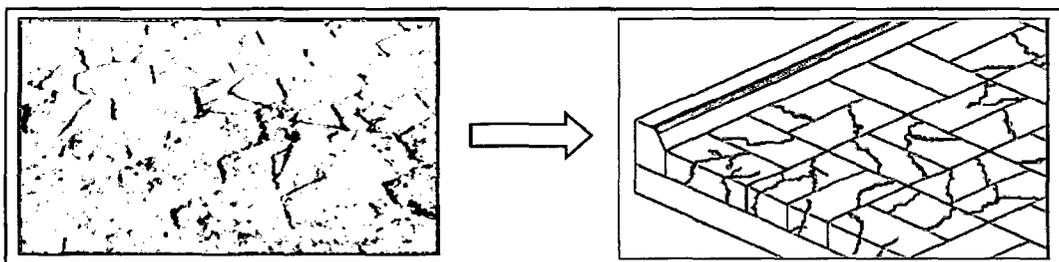


Figura 8. Fracturamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 82).

d.1.2 Severidad

- Baja: Fractura de adoquines de manera aislada. Área menor a 0.5 m².
- Media: Fractura de adoquines en un área de extensión considerable y de forma continua. Área igual o superior a 0.5 m².
- Alta: Fractura de adoquines en un área de extensión considerable y de forma continua. Se presenta pérdida de material, se forman concavidades que generan una textura rugosa. Área igual o superior a 0.5 m².

d.2 Fracturamiento de Confinamientos Externos

Es el deterioro y destrucción parcial o total de los confinamientos externos. En estados avanzados de deterioro, se presenta pérdida de material, permitiendo la incrustación de partículas y objetos extraños al pavimento.

d.2.1 Causas

- Fatiga provocada por el paso del tránsito.
- Baja calidad de los materiales y/o precario control en el proceso de construcción.
- Por impacto de las llantas de los vehículos, cuando los confinamientos están a un nivel superior al de la rasante de la carretera.
- Por invasión de vegetación.
- Por retracción del concreto (sí éste es en concreto).

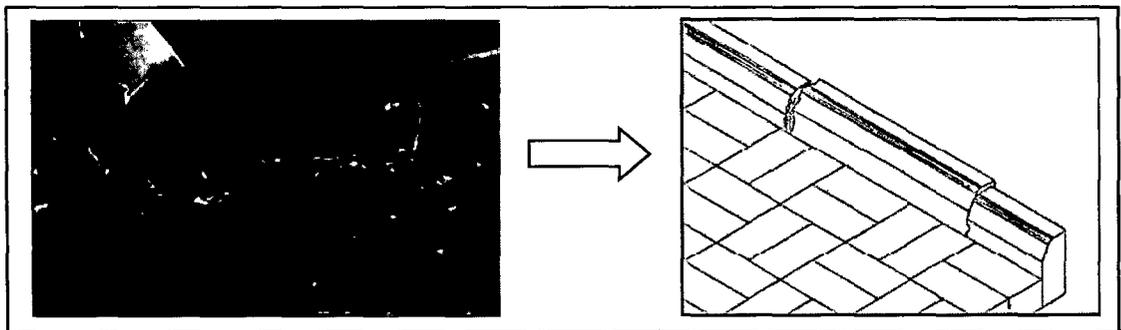


Figura 9. Fracturamiento de Confinamientos Externos (Higuera, Pacheco, 2010, p. 82).

d.2.2 Severidad

- Baja: Se presentan fisuras menores de 3 mm.
- Media: El elemento presenta grietas (>3 mm) y aún se mantiene en su lugar, sirviendo como confinamiento.

- Alta: El elemento presenta grietas (>3 mm), pero ya se ha desplazado de su ubicación inicial y no impide el desplazamiento lateral de los adoquines.

d.3 Fracturamiento de Confinamientos Internos

Es el deterioro y destrucción parcial o total de los confinamientos internos. En estados avanzados de deterioro se presenta pérdida de material, permitiendo la incrustación de partículas y objetos extraños al pavimento.

d.3.1 Causas

- Fatiga provocada por el paso del tránsito.
- Baja calidad de los materiales y/o precario control en el proceso de construcción.
- Por impacto de las llantas de los vehículos, cuando los confinamientos están a un nivel superior al de la rasante de la carretera.
- Por invasión de vegetación.
- Por retracción del concreto (sí éste es en concreto).

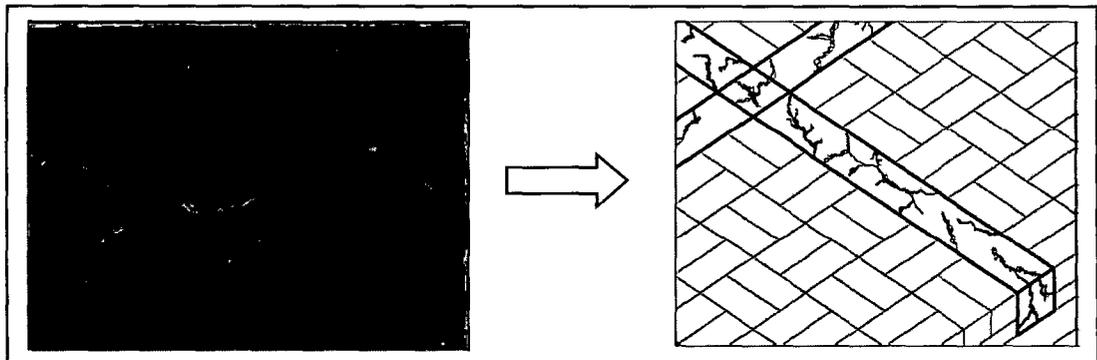


Figura 10. Fracturamiento de Confinamientos Internos (Higuera, Pacheco, 2010, p. 83).

d.3.2 Severidad

- Baja: Se presentan fisuras menores de 3 mm.
- Media: El elemento presenta grietas (>3 mm), no se presentan pérdidas de material y aún se mantiene en su lugar, sirviendo como confinamiento.
- Alta: El elemento presenta grietas (>3 mm), se presentan pérdida de material; permitiendo la incrustación de basuras y demás partículas o objetos extraños al pavimento. El elemento no impide el desplazamiento longitudinal y lateral de los adoquines.

e. Otros Deterioros

En esta categoría se encuentran diversos deterioros que afectan el correcto funcionamiento estructural y funcional del pavimento.

e.1 Escalonamiento entre Adoquines

Es el cambio brusco de nivel entre hiladas de adoquines.

e.1.1 Causas

- Error constructivo, debido a la falta de control y/o precarias técnicas de construcción.
- Torsión ocasionada por las cargas del tránsito.
- El patrón de diseño de colocación de los adoquines no es el más apropiado.

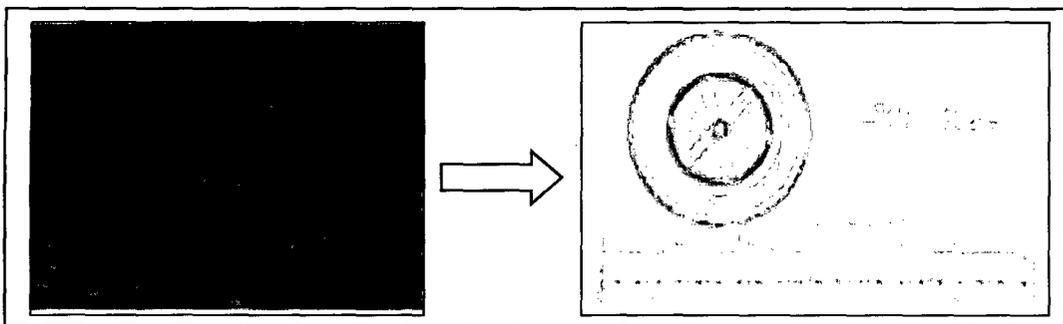


Figura 11. Escalonamiento entre Adoquines (Higuera, Pacheco, 2010, p. 84).

e.1.2 Severidad

- Baja: La altura del desnivel promedio es menor a 5 mm.
- Media: La altura del desnivel promedio está entre 5 y 10 mm.
- Alta: La altura del desnivel promedio es mayor a 10 mm.

e.2 Escalonamiento entre Adoquines y Confinamientos

Es el cambio brusco de nivel entre los elementos de confinamientos y los adoquines.

e.2.1 Causas

- Debido a la variación del nivel superior del elemento de confinamiento con los adoquines al momento de construcción.
- La cota de rasante del adoquinado quedó a un nivel superior, o en su defecto, inferior al elemento de confinamiento cuando se construyó el adoquinado.

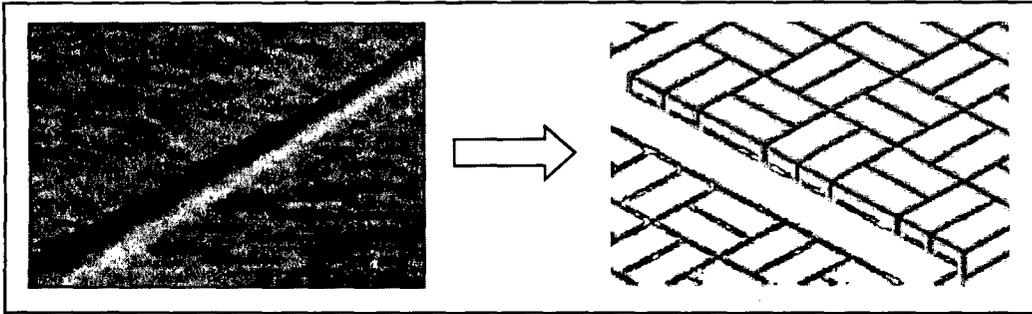


Figura 12. Escalonamiento entre Adoquines y Confinamiento (Higuera, Pacheco, 2010, p. 84).

e.2.2 Severidad

- Baja: La altura del desnivel promedio es menor a 5 mm.
- Media: La altura del desnivel promedio está entre 5 y 10 mm.
- Alta: La altura del desnivel promedio es mayor a 10 mm.

e.3 Juntas Abiertas

Es una separación entre juntas superior a 3 mm, permitiendo la pérdida de arena de sello y la incrustación de partículas a través de las juntas, propiciando la destrucción de las aristas de los adoquines.

e.3.1 Causas

- Por efecto de las cargas del tránsito.
- Confinamientos inadecuados o la falta de éstos.
- Falta del sello de juntas
- Error constructivo debido a la falta de control y/o precarias técnicas de construcción.

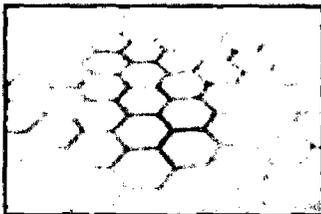


Figura 13. Juntas Abiertas (Higuera, Pacheco, 2010, p. 85).

e.3.2 Severidad

- Baja: Separación entre juntas menores a 5 mm.
- Media: Separación entre juntas entre 5 y 10 mm.
- Alta: Separación entre juntas mayores a 10 mm.

e.4 Vegetación en la Calzada

Es la invasión o crecimiento de vegetación a través de las juntas en la calzada. La vegetación puede llegar a levantar el adoquinado.

e.4.1 Causas

- Abandono de la carretera.
- Falta de limpieza y desmonte de las franjas adyacentes de la calzada.

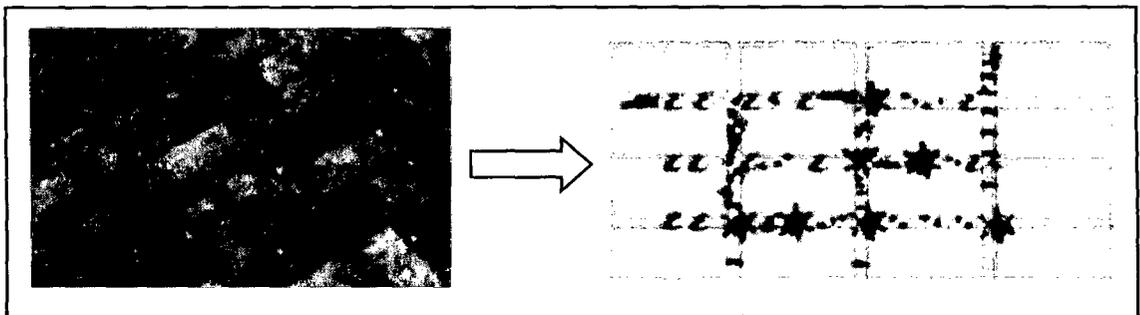


Figura 14. Vegetación en la Calzada (Higuera, Pacheco, 2010, p. 85).

e.4.2 Severidad

- Baja: Solo hay aparición de vegetación entre las juntas y es apenas apreciable.
- Media: La vegetación ya está por encima de los adoquines.
- Alta: La vegetación empieza a levantar los adoquines.

2.2.8 Métodos de Evaluación Superficial Visual De Los Pavimentos

Técnicas que permite evaluar los defectos superficiales de los pavimentos. Se realiza en tres etapas: identificación (clase, tipo), medición (área) y calificación (severidad).

a. PCI (Pavement condition index)

El índice de condición del pavimento 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: el procedimiento es enteramente manual y suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y el área afectada. El procedimiento ofrece buena repetibilidad y confiabilidad estadística de los resultados y el mismo fue originalmente

desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos y presentado en el año 1978 por los Ingenieros M. Y. Shahin y S. D. (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. Proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad) (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento (Corros, Urbaez, Corredor.2009).

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 el cuadro se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 6. Rangos de Calificación del PCI

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

FUENTE: INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos); Luis Ricardo Vásquez Varela.

b. VIZIR

Metodología desarrollada por el laboratorio central de puentes y calzadas de Francia (Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC) en 1972. Establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales; es decir, identifica las degradaciones que caracterizan la condición estructural y funcional. Se mide mediante el índice de deterioro superficial la que para la calificación del pavimento toma en cuenta solo la condición estructural. Consiste en el cálculo de otros dos índices: índice de fisuración **If**, el cual depende de la gravedad y la extensión de fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada; luego se calcula un índice de deformación **Id**, el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural. La combinación de If y Id da lugar a un primer índice el cual debe ser corregido en función de la extensión y la calidad de trabajos de bacheo. Los rangos de calificación varían de 1 a 7. Entre 1 y 2 bueno; 2 y 4 regular; 5, 6 y 7 deficiente (Cerón. 2006).

2.2.9 Escala del Índice de Condición del Pavimento ICP, para Pavimentos Intertrabados

Tabla 7. Nivel de Servicio y Categorías de Acción del ICP

Calificación ICP	Nivel de Servicio	Categoría de Acción	Descripción
5	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario	Pavimento en condición muy buena. El nivel de comodidad y seguridad percibido por los usuarios es satisfactorio. Ocasionalmente se presentan pequeños daños que no afectan significativamente la circulación y pueden ser evitados o corregidos en el mantenimiento rutinario.
4	Bueno	Mantenimiento Rutinario y Recurrente	Pavimento en condición buena, la circulación es cómoda. Se presentan daños localizados en etapa de iniciación.
3	Regular	Refuerzo – Mantenimiento Rutinario	Pavimento en estado regular, en donde la circulación deja de ser cómoda. Se presentan daños de manera constantemente en etapas avanzadas.
2	Malo	Rehabilitación	Pavimento en condición mala, la circulación es muy incómoda. Se presentan daños en etapas muy desarrolladas.
1	Muy Malo	Reconstrucción	Pavimento en condición muy mala, la vía se vuelve intransitable. Los deterioros están muy desarrollados y son irreversibles. Pavimento totalmente degradado.

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

2.3 Definición de Términos Básicos

Para esta parte del estudio se utilizó el glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. MTC, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, y Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma CE 010 Pavimentos urbanos, 2010; excepto en los casos indicados expresamente.

2.3.1 Adoquín. Piedra labrada, concreto u otro material en forma de prisma para uso en pavimentos.

2.3.2 Adoquinado. Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

2.3.3 Deterioro generalizado. El pavimento presenta una sintomatología muy repetida, la cual, dependiendo del tipo de falla, se puede manifestar en forma continua o discreta, pero siempre en forma repetitiva y con un patrón similar a lo largo del proyecto. Este tipo de deterioro por lo general es más fácil de diagnosticar y cuantificar, pero según la intensidad que éste presente al momento de la evaluación, puede resultar más difícil poder aislar la causa principal que dio origen al deterioro (Thenoux, Carrillo y Halles A. 2003).

2.3.4 Deterioro localizado. Este tipo de deterioro se presenta de forma puntual o tipo localizado, de forma aleatoria y no responde a ninguna sintomatología en especial. Por lo general su causa es producto de situaciones singulares, relacionadas a fallas locales de calidad, a la variabilidad natural de materiales utilizados, a la variabilidad esperada de los procesos constructivos (espesores, densidades, etc.) o a la variabilidad del suelo de fundación (Thenoux, Carrillo y Halles A. 2003).

2.3.5 Falla. Defecto material de una cosa que merma su resistencia (RAE. 22^o Edición).

2.3.6 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.

2.3.7 Gestión de pavimentos. Proceso de toma de decisiones económicamente efectivas acerca de diseño, construcción, rehabilitación y mantenimiento de carreteras.

2.3.8 Mantenimiento Periódico. Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.

2.3.9 Mantenimiento rutinario. Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.

2.3.10 Mantenimiento vial. Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

2.3.11 Muestra. Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.

2.3.12 Nivel de servicio PSI. Es un parámetro que califica la serviciabilidad de una vía.

Tabla 8. Valores y Calificación de la Serviciabilidad PSI

Índice de condición del pavimento	Calificación
0,0	Intransitable
0,1 - 1,0	Muy malo
1,1 - 2,0	Malo
2,1 - 3,0	Regular
3,1 - 4,0	Bueno
4,1 - 4,9	Muy Bueno
5,0	Excelente

Fuente: RNE. CE 010 Pavimentos urbanos. 2010.

2.3.13 Patología. Falla en el pavimento.

2.3.14 Pérdida de serviciabilidad (Δ psi). Se define como la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final.

2.3.15 Período de diseño. Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento.

2.3.16 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.

2.3.17 Serviciabilidad. Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitudes (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados.

2.3.18 Unidad de muestreo. Se define como un segmento de la carretera con una longitud determinada, en donde se realizará la inspección. El tamaño, número y frecuencia de muestreo requiere de un análisis estadístico basado en el principio de muestreo sistemático, restringido como máximo a un 10 % de error y un intervalo de confianza del 95 % (Echaveguren N, Vargas, Concha, Soto. 2002).

2.3.19 Vía urbana. Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

La presente investigación se desarrolló en el Distrito y Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca, Perú.

Las condiciones ambientales y climáticas del lugar son las siguientes:

Datum	: WGS – 84
HUSO	: 19
ZONA	: M
Coordenadas UTM	: N: 936852802 E: 742796.12
Altitud sobre el nivel del Mar	: 729 m
Temperatura Ambiente	: 6 °C / 21 °C

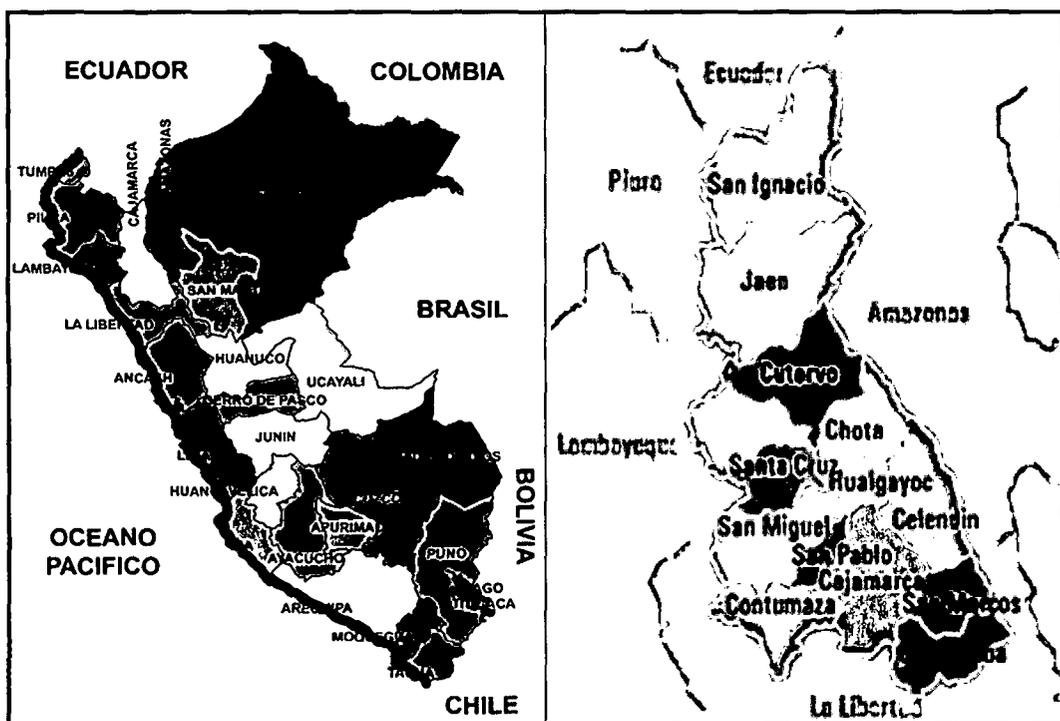


Figura 15. Ubicación departamental y Provincial de la investigación

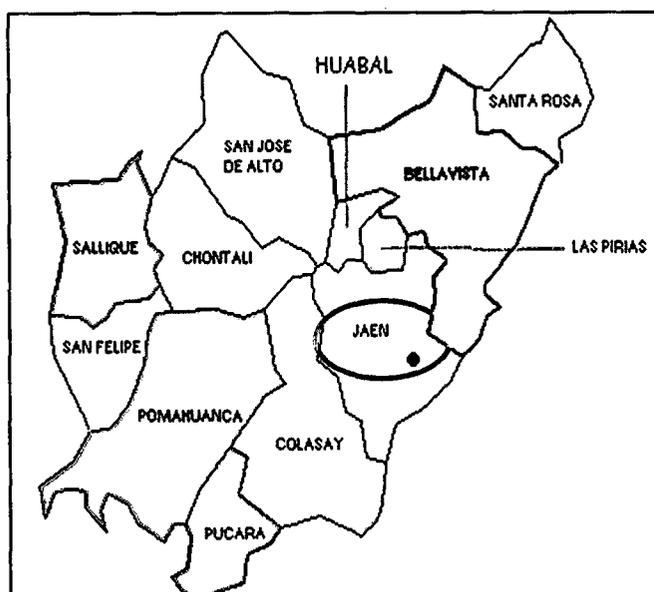


Figura 16. Ubicación distrital de la investigación.

Las coordenadas UTM de las calles con pavimentos intertrabados del estudio son las siguientes:

Coordenadas UTM

Calle Alfonso Arana Vidal	: P1 N: 9367844.6
	E: 743587.07
Calle Santa Teresita	: P2 N: 9367393.87
	E: 743092.83
Calle Zarumilla	: P3 N: 9368844.86
	E: 743009.38
Calle Raymondi	: P4 N: 9368929.24
	E: 742979.66
Calle Universidad	: P5 N: 9367528.78
	E: 743303.00
Calle María Parado Bellido	: P6 N: 9367438.69
	E: 743163.20
Calle Micaela Bastidas	: P7 N: 9367479.90
	E: 743225.54

3.2 Procedimientos

3.2.1 Trabajos Previos

1. Recopilación de antecedentes preliminares. Se hizo la búsqueda, ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes y de toda la información necesaria. Se consiguió el plano catastral de la ciudad de Jaén, así como también se pudo conseguir el Manual de Evaluación de Patologías de Pavimentos Intertrabados (Revista de Ingenierías Universidad de Medellín, 2010).
2. Estudio previo o sondeo. Se hizo visitas in situ (primeras mediciones).
3. Determinación del tamaño y el número de muestras. Se definió el tamaño y el número de muestras para cada calle en estudio.

a. Determinación del tamaño de la unidad de muestreo

Las unidades de muestreo se obtuvieron de cada una de las calles en estudio, a continuación se hace el detalle de cada una de ellas:

- Calle Santa Teresita cuadra 5; para la vía en estudio se ha considerado una longitud de 80 ml, para un ancho promedio de 7.20m, siendo ésta la única muestra.
- Calle Zarumilla cuadras 9, 10, 11 y 12; para la vía en estudio de 226 ml se divide en dos subsecciones o unidades de muestreo, 1 de 100 ml con un ancho promedio de 7.7ml y 1 de 126ml con un ancho promedio de 8.5ml.
- Calle Antonio Raymondi cuadras 9, 10, 11 y 12, para la vía en estudio de 217 ml se divide en dos subsecciones o unidades de muestreo, 1 de 100 ml con un ancho promedio de 8.25ml y 1 de 117ml con un ancho promedio de 8.3ml.
- Calle Universidad cuadras 2, 3, 4, 5, 6 y 7, para la vía en estudio de 326 ml se divide en tres subsecciones o unidades de muestreo, 2 de 100 ml con un ancho promedio de 7.25ml y 1 de 126ml con un ancho promedio de 7.25ml.
- Calle María Parado de Bellido cuadras 8 y 9, para la vía en estudio de 82 ml se divide en una subsección o unidad de muestreo, 1 de 82 ml con un ancho promedio de 6.90ml.

- Calle Alfonso Arana Vidal cuadras 1, 2, 3, 4 y 5, para la vía en estudio de 319 ml se divide en tres subsecciones o unidades de muestreo, 2 de 100 ml con un ancho promedio de 8.15ml y 1 de 119ml con un ancho promedio de 8.15ml.
- Calle Micaela Bastidas cuadra 11, para la vía en estudio de 84 ml se divide en una subsección o unidad de muestreo, 1 de 84 ml con un ancho promedio de 7.30ml.

Ver guía para pavimentos intertrabados de Higuera y Pacheco (2010).

b. Determinación del número de unidades de muestreo para la evaluación

En la evaluación de un proyecto, una calle o una avenida se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Dónde:

n: número mínimo de unidades de muestreo.

N: Número total de unidades de muestreo en el proyecto

σ : Desviación estándar del ICP

e: error admisible en el estimado del ICP del proyecto ($\pm 5\%$).

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deben evaluarse.

Por tanto, como tenemos $N=3$, se deben evaluar todas las unidades en estudio, de cada una de las calles.

4. Distribución de las unidades de muestreo. Se hizo la distribución de las unidades de muestreo en los planos y luego se replanteó en el campo.

5. Elaboración de planos. Se hizo los planos de ubicación y localización de los pavimentos intertrabado. Asimismo, se indica el tamaño, el número y la distribución de la unidad de muestreo.
6. Elaboración de los formatos de encuesta. Se elaboró una hoja de inspección para las anotaciones de las patologías existentes en cada uno de los pavimentos.

3.2.2 Trabajo de Campo (Inspección Visual)

a. Evaluación de condición del pavimento (o inspección visual superficial).

Se siguió estrictamente la definición de los daños del manual de daños o deterioros de pavimentos articulados (intertrabados) para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de condición del pavimento se efectuó en las unidades de muestreo, incluye los siguientes aspectos:

a.1 Equipo

- Cámara Fotográfica

a.2 Herramientas

- Wincha de 30.0 m, que permita leer al más cercano 0.1 m.
- Wincha de 3.0 m, para medir las profundidades de las deformaciones y otros deterioros.
- Regla de 3.0 m con precisión de 3 mm o más, para establecer la línea de referencia a partir de la cual se medirán las profundidades indicadas.

a.3 Materiales

- Planos con la ubicación local, y extensión del pavimento y la distribución de las unidades de muestreo.
- Manual de daños o deterioros para vías con pavimentos intertrabados.
- Formatos de inspección o encuesta para el registro de datos.

a.4 Procedimiento

a.4.1 Inventario de deterioros.

Se realizó para conocer la clase y el tipo de deterioro existentes en el pavimento. Se utilizó la Tabla N°5 como referencia: puede encontrarse una parte o el total de deterioros durante la inspección.

a.4.2 Inspección visual

La inspección visual o superficial, según el manual de deterioros, se ejecuta en tres pasos:

- Identificación de los deterioros. Se identificaron los deterioros según el cuadro del manual de deterioros para pavimentos intertrabados.
- Calificación de la severidad de deterioros. La calificación puede ser baja, media o alta, según la gravedad.
- Medición de los deterioros. La unidad de medida para los deterioros es el área (m²).

El registro se realizó en un formato u hoja de inspección y haciendo uso de manual de daños. Cada renglón se usó para registrar un tipo de deterioro o falla, su extensión y su nivel de severidad. En una unidad de muestreo se observó uno o más tipos de deterioros. La hoja de inspección puede ser utilizada para más de una unidad de muestreo.

A continuación se presentan las fotografías de la evaluación superficial visual de campo, donde se encontró 9 (nueve) tipos de deterioros:



Figura 17. Ahuellamiento, AH. Flecha $> 40\text{mm}$. Severidad Alta. En la Calle Universidad

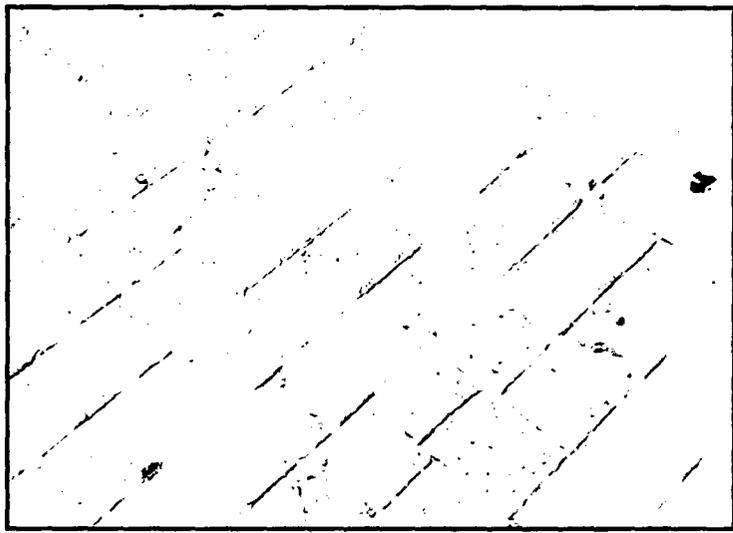


Figura 18. Desgaste Superficial, DS. Área $> 0.5\text{m}^2$. Severidad Alta. En la Calle Alfonso Arana Vidal.

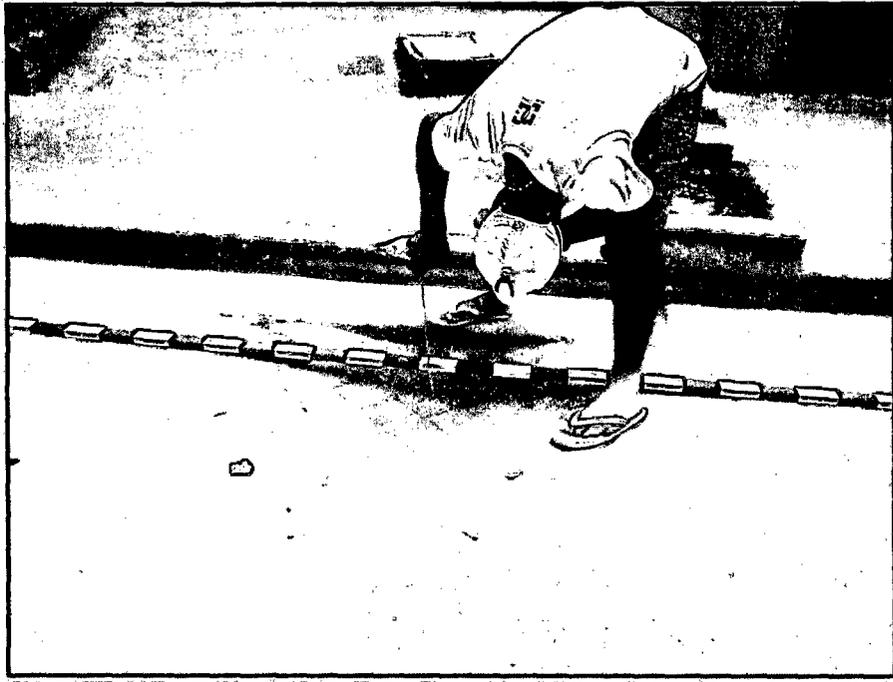


Figura 19. Depresiones, DA. Flecha $> 40\text{mm}$. Severidad Alta. En la Calle Micaela Bastidas.



Figura 20. Fracturamiento de Confinamientos Internos, CI. Grietas $> 3\text{mm}$. Severidad Alta. En la Calle María Parado de Bellido.

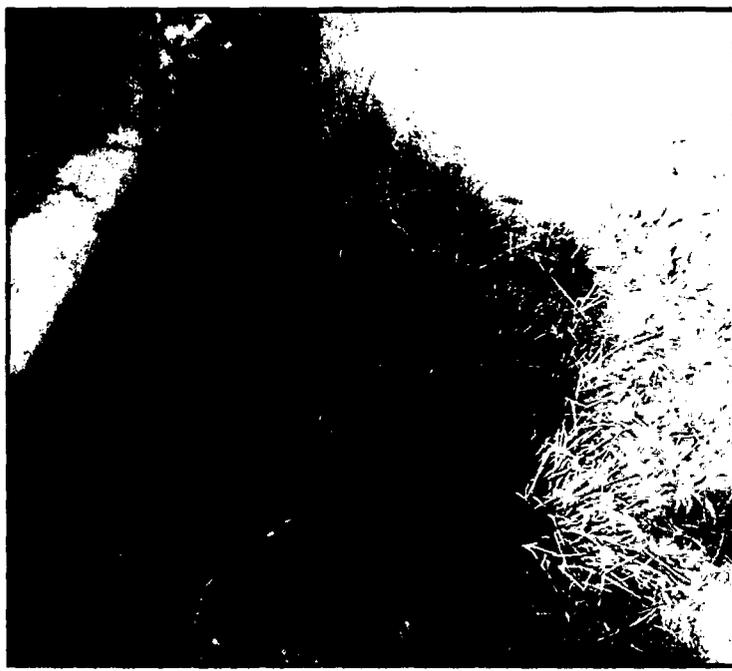


Figura 21. Vegetación en la Calzada, VC. Vegetación por encima del adoquín. Severidad Media. En la Calle Santa Teresita.

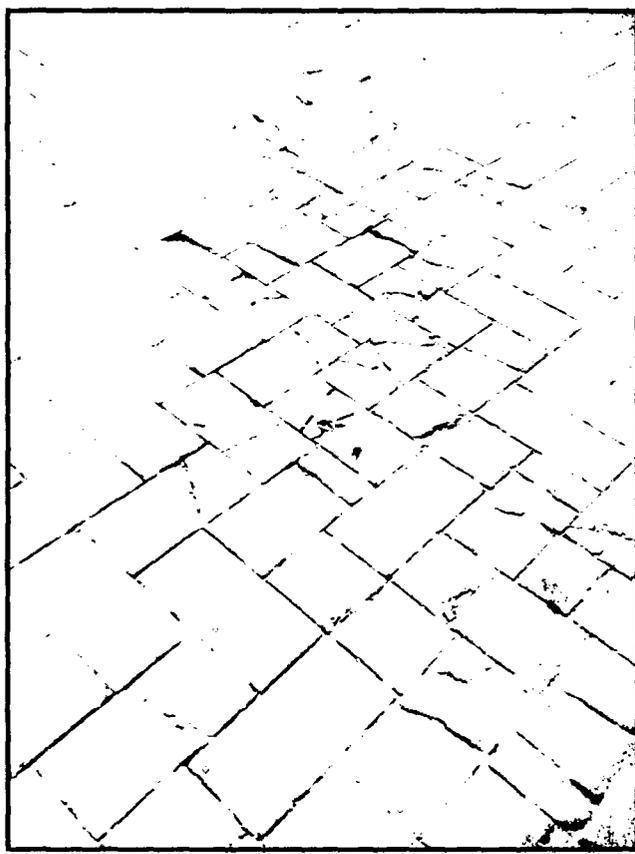


Figura 22. Fracturamiento, FA. Área $> 0.5m^2$. Severidad Alta. En la Calle Zarumilla.



Figura 23. Escalonamiento entre adoquín y Confinamiento, EC. Desnivel < 5mm. Severidad Baja. En la Calle Antonio Raymondi.

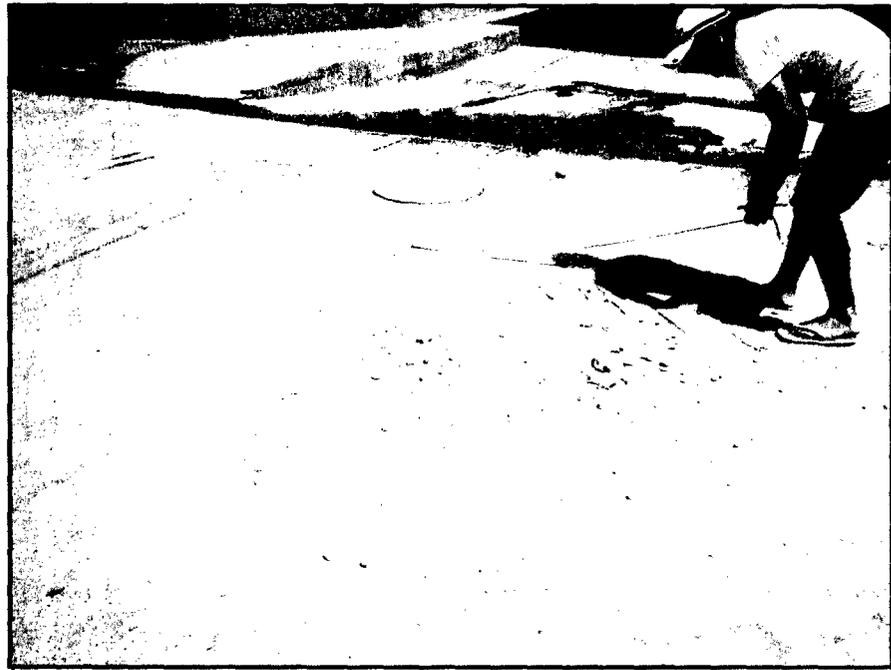


Figura 24. Pérdida de Arena, PA. Área > 0.5m². Severidad Alta. En la Calle Universidad.



Figura 25. Abultamiento, BA. Área > 0.5m². Severidad Alta. En la Calle Universidad.

3.3 Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados

a. Cálculo del índice de condición del pavimento ICP del proyecto

Al completar la inspección de campo, se realizó la clasificación según la tabla 10. El método exige la clasificación de los deterioros que afectan tanto la condición estructural como la condición funcional del pavimento, para lo cual se calcularon, el índice de condición estructural (ICE) y el índice de condición funcional (ICF), en forma paralela. A continuación se muestra el cálculo realizado para todas las unidades de muestreo de cada pavimento en estudio.

a.1 Identificación del tipo y grado de influencia de los deterioros por clase de Patología, FC

- **Calle Alfonso Arana Vidal**

Según el cuadro siguiente, se clasifican los deterioros que afectan a las condiciones estructurales y/o funcionales del pavimento, según los datos de campo. Para la unidad de muestreo 1, se encontró cuatro (04) deterioros, los cuales fueron identificados y

clasificados según el cuadro siguiente. Nótese que el fracturamiento según el cuadro no afecta el parámetro funcional.

Tabla 9. Tipo de deterioro y factor de influencia por clase de patología

Clase	Deterioro	Afecta el parámetro		Influencia por clase,FC	
		Estructural	Funcional	Estructural	Funcional
1.- Deformaciones	1.- Abultamiento	X	X		
	2.- Ahuellamiento	X	X	48	48
	3.- Depresiones	X	X		
2.- Desprendimientos	4.- Desgaste superficial		X		
	5.- Pérdida de arena	X	X	6	9
3.- Desplazamientos	6.- Desplazamiento de borde	X	X	10	10
	7.- Desplazamiento de junta		X		
4.- Fracturamientos	8.- Fracturamiento	X			
	9.- Fracturamiento de confinamientos externos	X	X	28	10
	10.- Fracturamiento de confinamientos internos	X	X		
5.- Otros deterioros	11.- Escalonamiento entre adoquines		X		
	12.- Escalonamiento entre adoquines y confinamientos		X		
	13.- Juntas abiertas		X	8	23
	14.- Vegetación en la calzada	X	X		
		Sumatoria		100	100

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

a.2 Cálculo del porcentaje del área afectada, %Aa

Se calculó con los datos tomados en campo, tanto del área afectada (por nivel de severidad) por el deterioro y el área total de la unidad de muestreo.

$$\%Aa_i = \frac{Aa_i}{A_T} 100 \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

%Aa_i: Porcentaje de área afectada por el deterioro i

Aa_i: Área afectada por el deterioro i, obtenidas de las hojas de inspección

A_T: Área total del tramo, obtenidos en campo = 815 m².

Tabla 10. Porcentaje del área afectada de la condición estructural

Clase	Deterioro Tipo	Símbolo	%Aa por nivel de severidad		
			Bajo	Medio	Alto
1.- Deformaciones	1.- Abultamiento	BA	0,00	0,00	0,00
	2.- Ahuellamiento	AH	0,25	0,82	0,18
	3.- Depresiones	DA	0,00	0,00	0,12
2.- Desprendimientos	4.- Pérdida de arena	PA	0,00	0,00	0,00
3.- Desplazamientos	5.- Desplazamiento de borde	DB	0,00	0,00	0,00
4.- Fracturamientos	6.- Fracturamiento	FA	0,00	0,00	1,52
	7.- Fracturamiento de confinamientos externos	CE	0,00	0,00	0,00
	8.- Fracturamiento de confinamientos internos	CI	0,00	0,00	0,00
5.- Otros deterioros	9.- Vegetación en la calzada	VC	0,00	0,00	0,00

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

Tabla 11. Porcentaje del área afectada de la condición funcional

Clase	Deterioro Tipo	Símbolo	%Aa por nivel de severidad		
			Bajo	Medio	Alto
1.- Deformaciones	1.- Abultamiento	BA	0,00	0,00	0,00
	2.- Ahuellamiento	AH	0,25	0,82	0,18
	3.- Depresiones	DA	0,00	0,00	0,12
2.- Desprendimientos	4.- Desgaste superficial	DS	0,00	0,00	4,80
3.- Desplazamientos	5.- Pérdida de arena	PA	0,00	0,00	0,00
	6.- Desplazamiento de borde	DB	0,00	0,00	0,00
	7.- Desplazamiento de junta	DJ	0,00	0,00	0,00
4.- Fracturamientos	8.- Fracturamiento de confinamientos externos	CE	0,00	0,00	0,00
	9.- Fracturamiento de confinamientos internos	CI	0,00	0,00	0,00
	10.- Escalonamiento entre adoquines	EA	0,00	0,00	0,00
5.- Otros deterioros	11.- Escalonamiento entre adoquines y confinamientos	EC	0,00	0,00	0,00
	12.- Juntas abiertas	JA	0,00	0,00	0,00
	13.- Vegetación en la calzada	VC	0,00	0,00	0,00

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

a.3 Cálculo del porcentaje del área equivalente afectada, %Ae

El porcentaje de área equivalente afectada (%Ae) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%Ae_i = \sum (PI_j \times \%Aa_j \times FNS_j) \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

%Ae_i: Porcentaje de área equivalente afectada para los deterioros de clase i

%Aa_j: Porcentaje de área afectada por el deterioro j, obtenidos en el paso anterior.

PI_j: Peso del deterioro j en su clase i, obtenidos en tabla 13 y 14, para cada condición.

FNS_j: Factor de penalización por nivel de severidad del deterioro j, obtenidos en tabla 13 y 14 para cada condición

Según el grado de influencia que cada deterioro ocasionado por su clase, su severidad y extensión en los parámetros de tipo estructural, se les han asignado pesos y valores de penalización; entre mayores sean estos valores, indican que su efecto negativo es mayor.

Tabla 12. Factores de penalización para el índice de condición estructural, ICE

Clase	Deterioro	Peso en su clase PI	Nivel severidad, FNS			% Área Equivalente afectada, FA				
			Bajo	Medio	Alto	0	5	10	15	>15
1.- Deformaciones	1.- Abultamiento	1,20	1,00	1,25	1,50					
	2.- Ahuellamiento	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	3.- Depresiones	1,00	1,00	1,20	1,40					
2.- Desprendimientos	4.- Pérdida de arena	1,00	1,00	1,20	1,40	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
3.- Desplazamientos	5.- Desplazamiento de borde	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	6.- Fracturamiento	1,20	1,00	1,15	1,30					
4.- Fracturamientos	7.- Fracturamiento de confinamientos externos	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	8.- Fracturamiento de confinamientos internos	1,00	1,00	1,10	1,20					
5.- Otros deterioros	9.- Vegetación en la calzada	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

Tabla 13. Factores de penalización para el índice de condición funcional, ICF

Clase	Deterioro	Peso en su clase PI	Nivel severidad, FNS			% Área Equivalente afectada, FA				
			Bajo	Medio	Alto	0	5	10	15	>15
1.- Deformaciones	1.- Abultamiento	1,20	1,00	1,25	1,50					
	2.- Ahuellamiento	1,12	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	3.- Depresiones	1,00	1,00	1,20	1,40					
2.- Desprendimientos	4.- Desgaste superficial	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	5.- Pérdida de arena	1,00	1,00	1,20	1,40					
3.- Desplazamientos	6.- Desplazamiento de borde	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	7.- Desplazamiento de junta	1,00	1,00	1,10	1,20					
4.- Fracturamientos	8.- Fracturamiento de confinamientos externos	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	9.- Fracturamiento de confinamientos internos	1,00	1,00	1,10	1,20					
5.- Otros deterioros	10.- Escalonamiento entre adoquines	1,20	1,00	1,25	1,50					
	11.- Escalonamiento entre adoquines y confinamientos	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00
	12.- Juntas abiertas	1,00	1,00	1,15	1,30					
	13.- Vegetación en la calzada	1,10	1,00	1,15	1,30					

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

Haciendo uso de los cuadros anteriores y la fórmula indicada se calcula el porcentaje del área equivalente.

Tabla 14. Porcentaje del área equivalente afectada de la condición estructural, ICE

Clase	Deterioro		Peso en su clase PI	Nivel severidad, FNS			%Aa por nivel de severidad			%Ae
	Tipo	Símbolo		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
Deformaciones	Abultamiento	BA	1,20	1,00	1,25	1,50	0,00	0,00	0,00	
	Ahuellamiento	AH	1,20	1,00	1,15	1,30	0,25	0,82	0,18	1,88
	Depresiones	DA	1,00	1,00	1,20	1,40	0,00	0,00	0,12	
Desprendimientos	Pérdida de arena	PA	1,00	1,00	1,20	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Fracturamientos	Fracturamiento	FA	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	1,52	
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	2,37
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	1,00	1,00	1,10	1,20	0,00	0,00	0,00	
Otros deterioros	Vegetación en la calzada	VC	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 15. Porcentaje del área equivalente afectada de la condición funcional, ICF

Clase	Deterioro		Peso en su clase PI	Nivel severidad, FNS			%Aa por nivel de severidad			%Ae
	Tipo	Símbolo		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
Deformaciones	Abultamiento	BA	1,20	1,00	1,25	1,50	0,00	0,00	0,00	1,77
	Ahuellamiento	AH	1,12	1,00	1,15	1,30	0,25	0,82	0,18	
	Depresiones	DA	1,00	1,00	1,20	1,40	0,00	0,00	0,12	
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	4,80	6,86
	Pérdida de arena	PA	1,00	1,00	1,20	1,40	0,00	0,00	0,00	
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00
	Desplazamiento de junta	DJ	1,00	1,00	1,10	1,20	0,00	0,00	0,00	
Fracturamientos	Fracturamiento de confinamientos externos	CE	1,20	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	1,00	1,00	1,10	1,20	0,00	0,00	0,00	
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA	1,20	1,00	1,25	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
	Escalonamiento entre adoquines y confinamientos	EC	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	
	Juntas abiertas	JA	1,00	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	
	Vegetación en la calzada	VC	1,10	1,00	1,15	1,30	0,00	0,00	0,00	

a.4 Cálculo del factor de penalización por área afectada, FA

Este factor es el grado de afectación que causó la combinación de los deterioros de una misma clase al porcentaje de influencia de esa clase de deterioros en los parámetros estructurales y funcionales.

Para hallar el factor de penalización por área afectada (FA), se utiliza la tabla 17 para el ICE y la tabla 18 para el ICF. En estos cuadros, es necesario interpolar entre los rangos el porcentaje de área equivalente afectada (%Ae). Para porcentajes diferentes a los que se muestran (0%, 5%, 10%, 15% y >15%) se deberán obtener factores de penalización diferentes.

Tabla 16. Cálculo del área equivalente afectada (FA) para el ICE

Clase	Deterioro		%Ae	% Área Equivalente afectada, FA					FA
	Tipo	Símbolo		0	5	10	15	>15	
Deformaciones	Abultamiento	BA	1,88	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,19
	Ahuellamiento	AH							
	Depresiones	DA							
Desprendimientos	Pérdida de arena	PA	0,00	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,00
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	0,00	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,00
Fracturamientos	Fracturamiento	FA	2,37	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,24
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE							
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI							
Otros deterioros	Vegetación en la calzada	VC	0,00	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,00

Tabla 17. Cálculo del área equivalente afectada (FA) para el ICF

Clase	Deterioro Tipo	Símbolo	%Ae	% Área Equivalente afectada, FA					FA
				0	5	10	15	>15	
Deformaciones	Abultamiento	BA							
	Ahuellamiento	AH	1,77	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,18
	Depresiones	DA							
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS	6,86	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,54
	Pérdida de arena	PA							
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	0,00	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,00
	Desplazamiento de junta	DJ							
Fracturamientos	Fracturamiento de confinamientos externos	CE	0,00	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,00
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI							
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA	0,00	0,00	0,50	0,60	0,76	1,00	0,00
	Escalonamiento entre adoquines y confinamientos	EC							
	Juntas abiertas	JA							
	Vegetación en la calzada	VC							

a.5 Cálculo de los índices ICE, ICF

Para calcular el ICE se utilizan los modelos matemáticos que están en función del factor de influencia por clase del deterioro (FC) y del factor de penalización por área afectada (FA). El resultado debe redondearse al número entero. Según la siguiente ecuación.

$$ICE = 100 - \sum (FC_i \times FA_i) \dots \dots \dots (4)$$

$$ICF = 100 - \sum (FC_i \times FA_i) \dots \dots \dots (5)$$

Dónde:

ICE: índice de condición estructural

ICF: índice de condición funcional

FC: Factor de influencia por clase de deterioro en el índice

FA: Factor de penalización por área afectada

i: Clase de deterioro

Tabla 18. Cálculo del índice de condición estructural, ICE

Deterioro			Fci	Fai	FCixFAi
Clase	Tipo	Símbolo			
Deformaciones	Abultamiento	BA	48	0,19	9,02
	Ahuellamiento	AH			
	Depresiones	DA			
Desprendimientos	Pérdida de arena	PA	6	0,00	0,00
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	10	0,00	0,00
Fracturamientos	Fracturamiento	FA	28	0,24	6,64
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE			
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI			
Otros deterioros	Vegetación en la calzada	VC	8	0,00	0,00
			$\sum (FC_i \times FA_i) =$		15,66

$$ICE = 100 - \sum (FC_i \times FA_i) = 100 - 15,66 = 84.34 = 84$$

Tabla 19. Cálculo del índice de condición estructural, ICF

Deterioro			Fci	Fai	FCixFAi
Clase	Tipo	Símbolo			
Deformaciones	Abultamiento	BA	48	0,18	8,50
	Ahuellamiento	AH			
	Depresiones	DA			
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS	9	0,54	4,83
	Pérdida de arena	PA			
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB	10	0,00	0,00
	Desplazamiento de junta	DJ			
Fracturamientos	Fracturamiento de confinamientos externos	CE	10	0,00	0,00
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI			
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA	23	0,00	0,00
	Escalonamiento entre adoquines y confinamientos	EC			
	Juntas abiertas	JA			
	Vegetación en la calzada	VC			
			$\sum (FC_i \times FA_i) =$		13,33

$$ICF = 100 - \sum (FC_i \times FA_i) = 100 - 13,33 = 86.67 = 87$$

Los índices (ICE y ICF) varían en una escala de 0 a 100. Siendo cero para un pavimento fallado o en pésimo estado y cien para un pavimento en excelentes condiciones.

a.6 Cálculo del índice de condición del pavimento, ICP

El índice de condición del pavimento (ICP) es la combinación del índice de condición estructural (ICE) y el índice de condición funcional (ICF). Su valor es un número

entero que varía en una escala de uno a cinco. Para el cálculo del índice de condición del pavimento (ICP) se utiliza la matriz de la tabla 21.

Tabla 20. Matriz para el cálculo del ICP

Calificación del ICP		Rangos del ICF				
		86 - 100	71 - 85	41 - 70	21 - 40	0 - 20
Rango del ICE	86 - 100	5	4	4	3	2
	71 - 85	4	4	3	3	2
	41 - 70	4	3	3	2	1
	21 - 40	3	3	2	2	1
	0 - 20	2	2	1	1	1

FUENTE: (Revista Ingenierías Universidad De Medellín – Patologías de Pavimentos Articulados. 2010).

Para valores: ICE = 84, ICF = 87, el valor del ICP = 4

Tabla 21. Resumen del índice de condición del pavimento, ICP

Nº	PROGRESIVA	LONGITUD (m)	AREA (m ²)	ICE	ICF	ICP
1	0 + 000 - 1 + 100	100	815	84	87	4

a.7 Escala del índice de condición de pavimento, ICP

Obtenida la calificación del índice de condición del pavimento (ICP), en la tabla 21, se determina el nivel de servicio y las acciones de actuación necesarias.

Para el tramo en mención se deberán tomar las acciones del índice de condición del pavimento ICP = 4, de la tabla 7.

En la cual se indica que para un ICP = 4, el nivel de servicio es bueno, la circulación es cómoda, la acción a tomar en cuenta es hacer un mantenimiento rutinario y recurrente.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis

4.1.1 Patologías encontradas en los Pavimentos Intertrabados

A. Calle Alfonso Arana Vidal cuadras 1, 2, 3, 4 y 5, para la vía en estudio de 319 ml se divide en tres subsecciones o unidades de muestreo, 2 de 100 ml con un ancho promedio de 8.15ml y 1 de 119ml con un ancho promedio de 8.15ml.

Tabla 22. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle Alfonso Arana Vidal.

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área,%
1	Ahuellamiento	AH	10,25	0,39
2	Depresiones	DA	3,98	0,15
3	Desgaste superficial	DS	45,92	1,77
4	Fracturamiento	FA	12,36	0,48
	No afectado	N.A.	2527,34	97,21
	Totales		2599,85	100,00

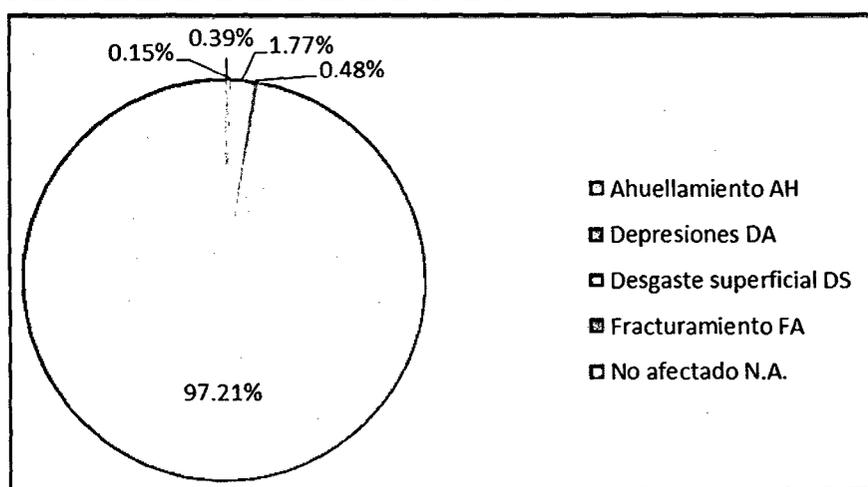


Figura 26. Representación gráfica del área que cubren las patologías (Calle Alfonso Arana Vidal).

Se observa en la Fig. 24, que el 97.21% del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es el desgaste superficial.

B. Calle Universidad cuadras 2, 3, 4, 5, 6 y 7, para la vía en estudio de 326 ml se divide en tres subsecciones o unidades de muestreo, 2 de 100 ml con un ancho promedio de 7.25ml y 1 de 126ml con un ancho promedio de 7.25ml.

Tabla 23. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle Universidad.

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área,%
1	Ahuellamiento	AH	32,67	1,38
2	Depresiones	DA	6,59	0,28
3	Pérdida de arena	PA	2,24	0,09
4	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	21,85	0,92
5	Abultamiento	AB	1,65	0,07
6	Vegetación en la calzada	VC	1,73	0,07
	No afectado	N.A.	2296,77	97,18
	Totales		2363,5	100,00

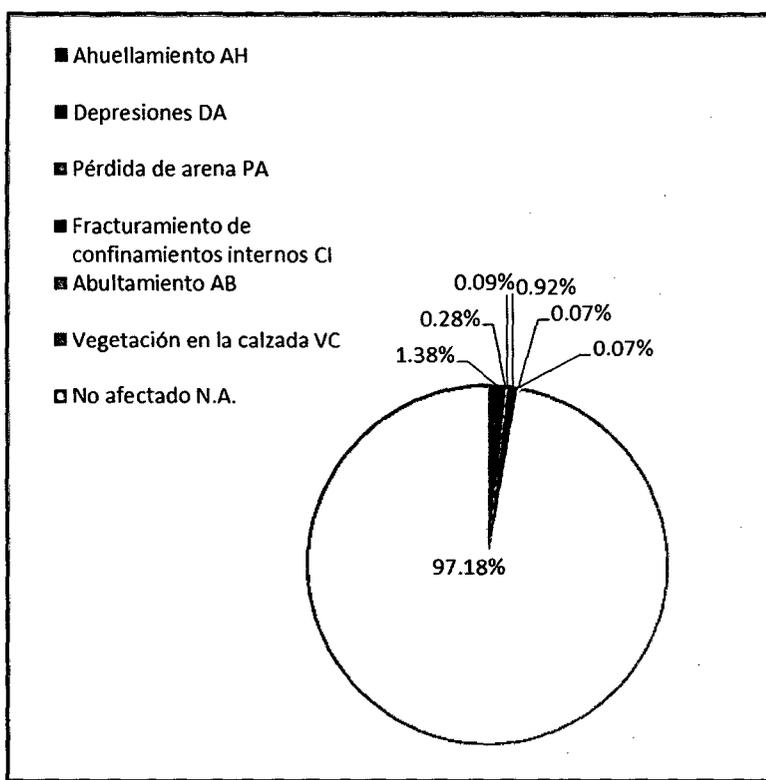


Figura 27. Representación gráfica del área que cubren las patologías

Se observa en la Fig. 25, que el 97.18% del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es el Ahuellamiento.

C. Calle Santa Teresita cuadra 5; para la vía en estudio se ha considerado una longitud de 80 ml, para un ancho promedio de 7.20m, siendo ésta la única muestra.

Tabla 24. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle Santa Teresita.

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área, %
1	Ahuellamiento	AH	6,86	1,19
2	Depresiones	DA	1,83	0,32
3	Pérdida de arena	PA	3,40	0,59
4	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	3,14	0,55
5	Vegetación en la calzada	VC	9,87	1,71
	No afectado	N.A.	550,9	95,64
Totales			576	100,00

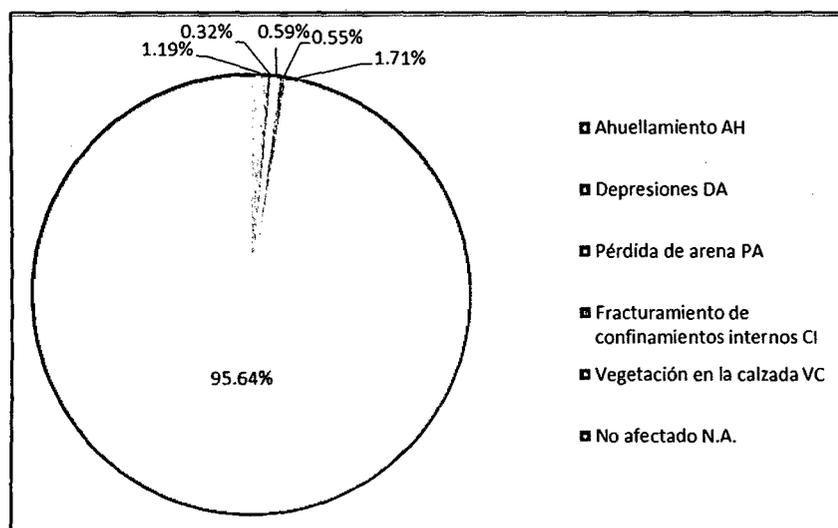


Figura 28. Representación gráfica del área que cubren las patologías

Se observa en la Fig. 26, que el 95.64 % del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es la Vegetación en la Calzada.

D. Calle María Parado de Bellido cuadras 8 y 9, para la vía en estudio de 82 ml se divide en una subsección o unidad de muestreo, 1 de 82 ml con un ancho promedio de 6.90ml.

Tabla 25. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle María Parado de Bellido

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área, %
1	Pérdida de arena	PA	3,03	0,54
2	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	4,49	0,79
	No afectado	N.A.	558,28	98,67
Totales			565,8	100,00

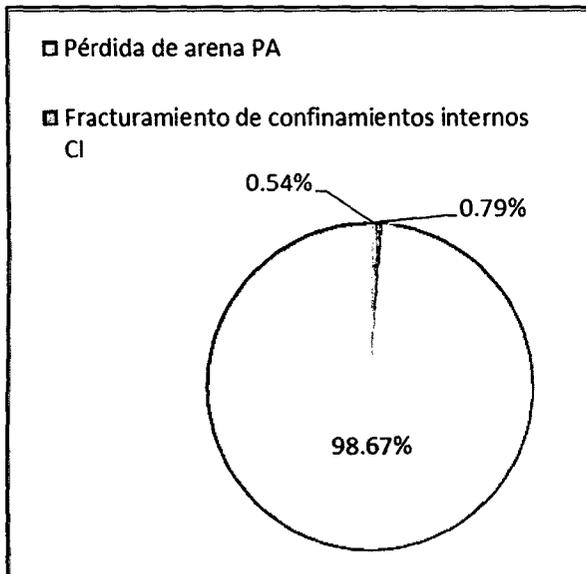


Figura 29. Representación gráfica del área que cubren las patologías

Se observa en la Fig. 27, que el 98.67 % del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es el Fracturamiento de Confinamientos internos.

E. Calle Micaela Bastidas cuadra 11, para la vía en estudio de 84 ml se divide en una subsección o unidad de muestreo, 1 de 84 ml con un ancho promedio de 7.30ml.

Tabla 26. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle Micaela Bastidas.

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área, %
1	Depresiones	DA	0,77	0,13
2	Ahuellamiento	AH	1,37	0,22
	No afectado	N.A.	611,06	99,65
Totales			613,2	100,00

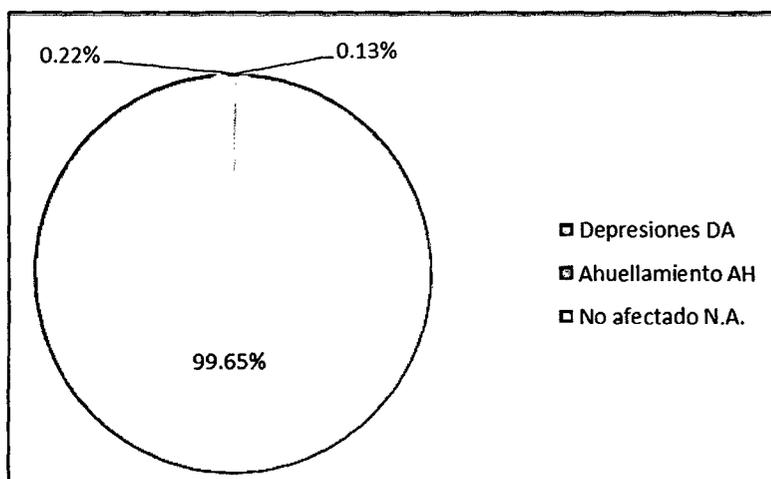


Figura 30. Representación gráfica del área que cubren las patologías

Se observa en la Fig. 28, que el 99.65 % del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es el Ahuellamiento.

F. Calle Zarumilla cuadras 9, 10, 11 y 12; para la vía en estudio de 226 ml se divide en dos subsecciones o unidades de muestreo, 1 de 100 ml con un ancho promedio de 7.7ml y 1 de 126ml con un ancho promedio de 8.5ml.

Tabla 27. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle Zarumilla

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área,%
1	Fracturamiento	FA	17,4	0,95
2	Escalonamiento entre adoquín y confinamiento	EC	7,09	0,39
	No afectado	N.A.	1816,51	98,67
Totales			1841	100,00

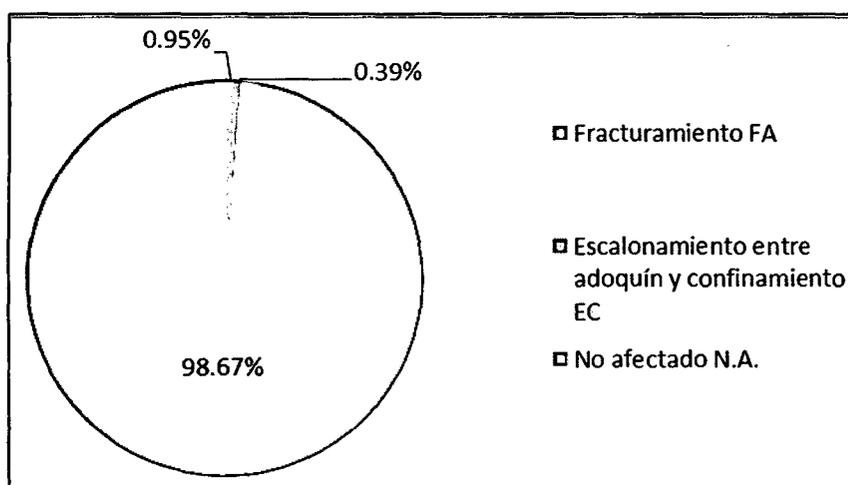


Figura 31. Representación gráfica del área que cubren las patologías

Se observa en la Fig. 29, que el 98.67 % del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es el Fracturamiento.

G. Calle Antonio Raymondi cuadras 9, 10, 11 y 12, para la vía en estudio de 217 ml se divide en dos subsecciones o unidades de muestreo, 1 de 100 ml con un ancho promedio de 8.25ml y 1 de 117ml con un ancho promedio de 8.3ml.

Tabla 28. Resumen de las patologías encontradas en el pavimento intertrabado de la Calle Antonio Raymondi

N°	Patologías	Símbolo	Área, m2	Área,%
1	Fracturamiento	FA	2,06	0,11
2	Ahuellamiento	AH	9,71	0,54
3	Fracturamiento de confinamientos internos	CI	0,69	0,04
4	Escalonamiento entre adoquín y confinamiento	EC	1,14	0,06
5	Desgaste superficial	DS	4,71	0,26
6	Depresiones	DA	2,68	0,15
	No afectado	N.A.	1775,11	98,83
	Totales		1796,1	100,00

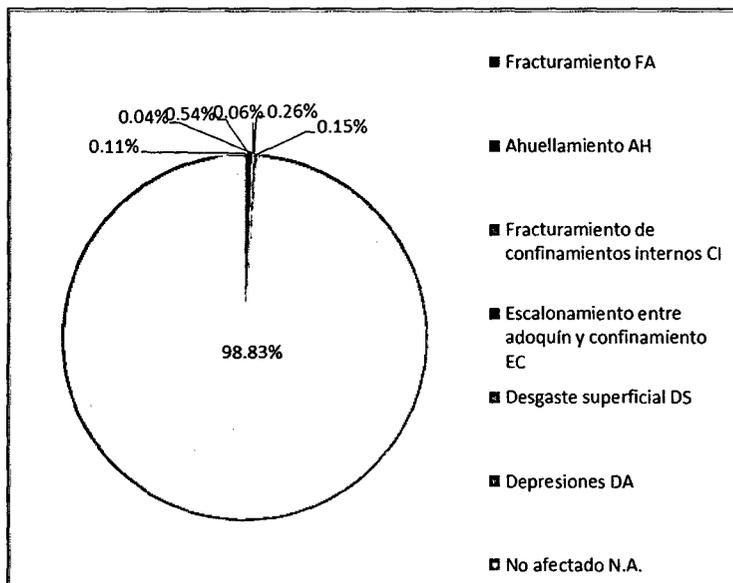


Figura 32. Representación gráfica del área que cubren las patologías

Se observa en la Fig. 30, que el 98.83 % del pavimento se encuentra no afectado. Y la patología que cubre mayor área es el Ahuellamiento.

4.1.2 Evaluación de las Patologías del Pavimento Intertrabado

La evaluación se realizó para la capa de rodadura. No se tomaron en cuenta las áreas que cubren las cunetas construidas con el mismo material (adoquines de concreto). Y dentro de la capa de rodadura se despreciaron las áreas de concreto hidráulico —incluidas las tapas— que cubren los buzones de desagüe, puesto que no alcanzan ni el 1% (0.97%) del área total del tramo total del pavimento y no influyen significativamente en los resultados finales.

Los resultados a nivel de calles, se presentan en las Tablas 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35. Finalmente, los índices y los niveles de servicio de las calles son las siguientes: Para la Calle Alfonso Arana Vidal, el ICP=5 (Muy bueno); Calle Universidad, el ICP=5 (Muy Bueno); Calle Santa Teresita, ICP=4 (Bueno); Calle María Parado de Bellido, el ICP=5 (Muy Bueno); Calle Micaela Bastidas, el ICP=5 (Muy Bueno); Calle Zarumilla, el ICP=5 (Muy Bueno) y la Calle Antonio Raymondi, el ICP=5 (Muy Bueno).

Tabla 29. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle Alfonso Arana Vidal.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. ALFONSO ARANA VIDAL	1	0 + 000 - 0 + 100	100	815	84	87	4
	2	0 + 100 - 0 + 200	100	815	98	97	5
	3	0 + 200 - 0 + 319	119	969.85	100	100	5
Totales			319	2599.85	282	284	
Promedio					94	95	5

Tabla 30. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle Universidad.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. UNIVERSIDAD	1	0 + 000 - 0 + 100	100	725	89	89	5
	2	0 + 100 - 0 + 200	100	725	71	76	4
	3	0 + 200 - 0 + 326	126	913.5	90	91	5
Totales			326	2363.5	250	256	
Promedio					83	85	5

Tabla 31. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle Santa Teresita.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. SANTA TERESITA	1	0 + 000 - 0 + 080	80	576	85	83	4
Totales			80	576	85	83	
Promedio					85	83	4

Tabla 32. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle María Parado de Bellido.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. MARIA PARADO DE BELLIDO	1	0 + 000 - 0 + 082	82	565.8	97	98	5
Totales			82	565.8	97	98	
Promedio					97	98	5

Tabla 33. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle Micaela Bastidas.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. MICAELA BASTIDAS	1	0 + 000 - 0 + 084	84	565.8	98	98	5
Totales			84	565.8	98	98	
Promedio					98	98	5

Tabla 34. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle Zarumilla.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. ZARUMILLA	1	0 + 000 - 0 + 100	100	770	90	100	5
	2	0 + 100 - 0 + 226	126	1071	100	98	5
Totales			226	1841	190	198	
Promedio					95	99	5

Tabla 35. Resumen del índice de condición del pavimento ICP, de la calle Antonio Raymondi.

Calle	Unidad de muestreo	Progresiva	Longitud, m	Área, m ²	ICE	ICF	ICP
CA. ANTONIO RAYMONDI	1	0 + 000 - 0 + 100	100	825	91	92	5
	2	0 + 100 - 0 + 217	117	971.1	98	98	5
Totales			217	1796.1	189	190	
Promedio					95	95	5

4.2 DISCUSIÓN

Para el cumplimiento del objetivo general, el estudio se realizó a nivel de red, constituida por siete calles: Calle Alfonso Arana Vidal, Calle Universidad, Calle Santa Teresita, Calle María Parado de Bellido, Calle Micaela Bastidas, Calle Zarumilla, y la Calle Antonio Raymondi.

Se realizó la inspección visual, detectándose patologías como: Ahuellamiento, Desgaste Superficial, Depresiones, Fracturamiento de Confinamientos Internos, Vegetación en la Calzada, Fracturamiento, Escalonamiento entre adoquín y Confinamiento, Pérdida de Arena y Abultamiento. Las mismas que sometidas a un análisis propuesto por Higuera y Pacheco según la revista Ingenierías de la Universidad de Medellín, se puede evaluar y estimar su valor. De este modo se han obtenido resultados a nivel de red, conociéndose el estado actual de cada una de las calles.

Por otro lado, en el entendido de que evaluar es estimar o calcular el valor de las patologías del pavimento intertrabado, se puede concluir que para la calle Alfonso Arana Vidal con la intercepción de los índices ICE=94 y ICF=95, tabla 29, se obtiene el valor del ICP=5; según la matriz para el cálculo del ICP, tabla 21, en una escala de 1 al 5, de la misma manera evaluamos para las siete calles restantes.

La interpretación cualitativa se realizó según la tabla 7 de niveles de servicio y categorías de acción; es decir, que el ICP de la calle Alfonso Arana Vidal corresponde al nivel de servicio Muy Bueno o pavimento en condición muy bueno, el nivel de comodidad y seguridad percibido por los usuarios es satisfactorio; se presentan pequeños daños que no afectan significativamente la circulación. Lo cual implica realizar las acciones de mantenimiento rutinario. De la misma manera sucede con las calles: Universidad, María Parado de Bellido, Micaela Bastidas, Zarumilla y Antonio Raymondi.

A diferencia de las calles mencionadas anteriormente, la calle Santa Teresita presenta un ICP=4, producto de la intercepción de los índices ICE=85 y ICF=83, tabla 31, lo cual corresponde al nivel de servicio Bueno o pavimento en condición bueno, la

circulación es cómoda. Se presentan daños localizados en la etapa de iniciación. Lo cual implica un mantenimiento rutinario y recurrente.

Si utilizamos la tabla 6 de INGEPAV(Ingeniería de Pavimentos), con 7 (siete) parámetros de calificación, desde 0 (fallado) hasta 100 (excelente); y consideramos el ICP como un valor promedio entre el ICE (94) y el ICF (95) pertenecientes a la calle Alfonso Arana Vidal, entonces el valor del ICP es 95, la calificación es Excelente, de la misma manera si consideramos el ICP como un promedio entre el ICE (85) y el ICF (83) pertenecientes a la calle Santa Teresita , entonces el valor del ICP es 84, la calificación es Muy bueno.

Debe tenerse en cuenta que el nivel de servicio expresado como PSI (Present Serviceability Index) en el RNE, norma CE 010 Pavimentos urbanos (2010), el cual es entendido como serviciabilidad de una vía presenta un ranking de la condición del pavimento de 7 (siete) categorías, desde intransitables (0), hasta excelente (5), en el cual también el pavimento en estudio con ICP=5 es calificado como Excelente y para un ICP=4 es calificado como Bueno. Por lo tanto, puede quedar como resultado final la calificación Muy Bueno para las calles con ICP=5, y con calificación Bueno para las calles con ICP=4.

Finalmente, debe señalarse que si bien el procedimiento de la guía utiliza unidades de muestreo de 100 m de longitud por 10 m de ancho, que hace un área de 1000 m²; en este caso tienen 100 m x 7 m, con áreas que varían entre 565.80 m² y 971.10 m². Por ende los resultados son ligeramente menores que si se hubiesen calculado con valores más cercanos a 1000 m².

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Con el estudio realizado se han podido determinar nueve patologías predominantes en los pavimentos intertrabados en estudio, las cuales son: Ahuellamiento, Desgaste Superficial, Depresiones, Fracturamiento de Confinamientos Internos, Vegetación en la Calzada, Fracturamiento, Escalonamiento entre adoquín y Confinamiento, Pérdida de Arena y Abultamiento. Entre las cuales destaca con mayor participación el Ahuellamiento, presente en cinco calles del estudio. Caben indicar que para el análisis de las patologías se ha determinado el grado de severidad de cada una ellas, según mediciones hechas en el campo y conciliadas con los parámetros establecidos para la Revista de Ingenierías de la Universidad de Medellín.

La cuantificación de los deterioros que afectan a los pavimentos intertrabados se miden mediante el ICE (índice de condición estructural) y el ICF (índice de condición funcional). El valor del ICE para las calles en estudio fluctúa entre 83 y 98, y el valor del ICF fluctúa entre 83 y 99.

El ICP (índice de condición del pavimento), para seis de las calles en estudio tiene un valor igual a 5, el cual nos indica que el pavimento se encuentra en Muy Buen estado, y para la Calle Santa Teresita tiene un valor de 4, indicándonos que el pavimento está en Buen estado. Ésta calificación se ha determinado a través de la Tabla 5.

Para la cuantificación de las patologías, ha sido influyente el grado de severidad que estos presentan, teniéndose entre ellos una severidad Alta, Media y Baja, dependiendo de las condiciones en las que se encontraban los pavimentos en estudio.

Basándose en los resultados obtenidos del análisis de las patologías presentes en las siete calles del estudio, se concluye que para la calle Santa Teresita está en un Buen Estado y que las siete calles restantes se encuentran en un Muy Buen estado, por tanto se acepta la hipótesis planteada en el estudio.

5.2 Recomendaciones

- La evaluación realizada solo ha considerado un análisis superficial del pavimento, por tanto se recomienda implementar el análisis de las capas granulares que conforman la base y sub base de los pavimentos intertrabados.
- Se debe considerar también la forma, tipo y textura de los adoquines.
- Se recomienda promover la elaboración de una guía o manual para la evaluación de patologías de los pavimentos intertrabados, para el uso de los Municipios y Empresas Privadas de la zona.
- Utilizar, el presente trabajo, como referencia para fines de mantenimiento de las vías en mención.
- Obtenido un índice de condición del pavimento Muy Bueno y contrastado con la realidad, el resultado tiene un alto grado de veracidad, por lo que el procedimiento es muy bien aceptado para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Cerón Bermúdez, Viviana G. 2006. Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quinbaya – CRQ Armería Quindío (Pr 00+000 – Pr 02 + 600). Manizales, CO. Universidad nacional de Colombia. Facultad de ingeniería y arquitectura. Programa de ingeniería civil. Especialización en vía de transporte. 97 pp.

Corros B., Maylin; Urbaez P., Ernesto; Corredor M., Gustavo. 2009. Evaluación de Pavimentos: Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles. Lima, PE. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción. Programa de Capacitación Académica. 248 pp.

Echaveguren N., Tomás; Vargas C., Sergio; Concha J., Enzo; Soto O., Alejandro. 2002. Metodología de inspección visual para sistema de gestión de pavimentos urbanos SIGMAP. Concepción. CL. Universidad de Concepción. 15 pp.

Collazos Vizcarra, FL. 2011. Evaluación de las patologías del pavimento intertrabado en el tramo urbano de Pariacoto (km 55+470-km 56+480) de la carretera Casma-Huaraz mediante el índice de condición del pavimento. Tesis Ing. Civil. Chimbote, PE, ULADECH. 66 p.

Herrera, C; Hernández, M; Gordillo, T. 2006. Pavimentos Intertrabados de Adoquín de Hormigón generan empleo en la Patagonia y otras regiones del País (en línea). La Patagonia, AR. Consultado 10 julio. 2014. Disponible en <http://www.icpa.org.ar/publico/files/rev26adoqinter.pdf>.

Higuera Sandoval, C; Pacheco Merchán, O. 2010. Revista Ingenierías Universidad de Medellín: Patología de pavimentos articulados (en línea). Revista N°17. Medellín, CO. Consultado 20 julio 2014. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75017164013>.

HOLCIM GROUP, CR. 2011. Adoquines de concreto (en línea). Alajuela. CR. Consultado 15 julio 2014. Disponible en <http://www.pc.cr/es/product-y-servicios/adoquines-de-concreto>.

ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia, PE). 2010. Reglamento Nacional De Edificaciones: Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos. 1ed. Lima, PE, Departamento Editorial ICG. 92 p. (Serie PT-52).

Montejo F., Alfonso.2002. Ingeniería de pavimento: Fundamentos, Estudios básicos y Diseño. 3ed. Bogotá, CO. Universidad Católica de Colombia.

Thenoux Z., G; Gaete P., R. 1995. Ingeniería en construcción: Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico. Santiago, CL. Pontificia Universidad Católica de Chile. 56-72 pp. (Revista N° 14).

**FORMATO DE INSPECCION DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS INTERTRABADOS
(METODO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO)**

UBICACIÓN

DIST. JAEN , PROV. JAEN , DEP. CAJAMARCA

CALLE

SANTA TERESITA

INSPECCIONADO POR

BACH. CARLOS ISMAEL BRAVO MONTENEGRO

UNIDAD DE MUESTREO

Nº 1

AREA DE MUESTREO

576 m²

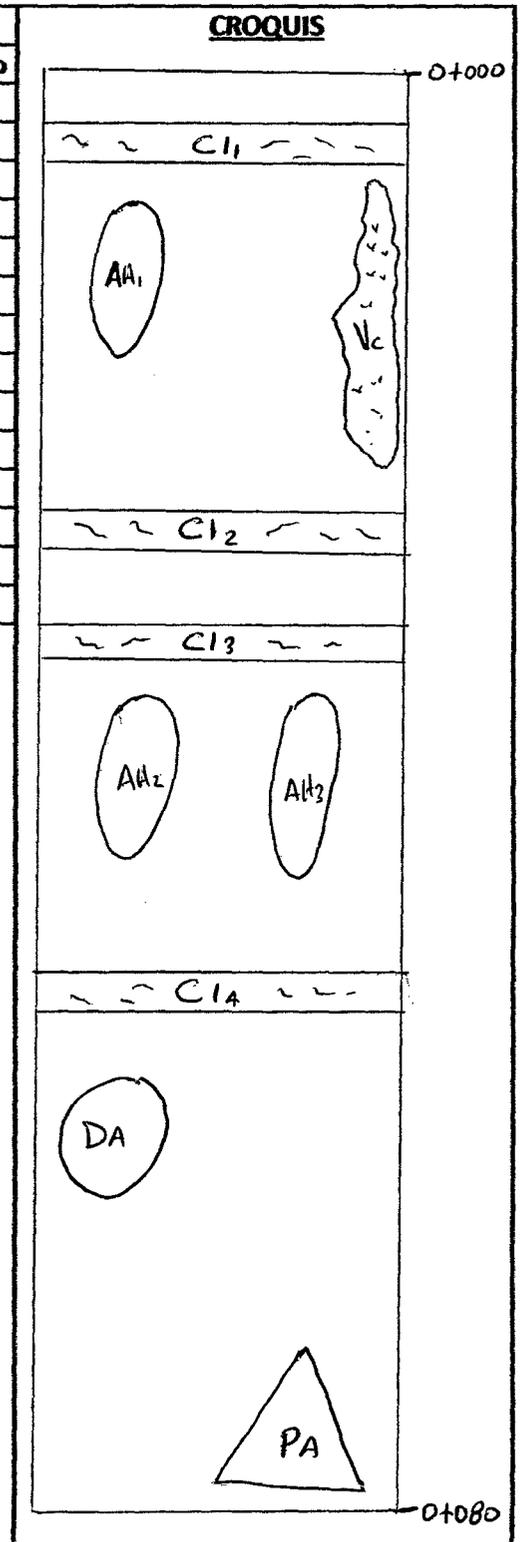
FECHA

19-09-2014

Deterioro		
Clase	Tipo	Simbolo
Deformaciones	Abultamiento	BA
	Ahuellamiento	AH
	Depresiones	DA
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS
	Pérdida de arena	PA
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB
	Desplazamiento de juntas	DJ
Fracturamientos	Fracturamiento	FA
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA
	Escal. entre adoquin y confinamiento	EC
	Juntas abiertas	JA
	Vegetación en la calzada	VC

Severidad	Baja	B
	Media	M
	Alta	A

Nº Muestra	Daño	Severidad	Area	
1	CI ₁	A	1.04 m ²	
	AH ₁	M	2.20 m ²	
	VC	M	9.87 m ²	
	CI ₂	A	1.04 m ²	
	CI ₃	A	0.53 m ²	
	AH ₂	A	2.31 m ²	
	AH ₃	A	2.35 m ²	
	CI ₄	A	0.53 m ²	
	DA	A	1.83 m ²	
	PA	A	3.40 m ²	



**FORMATO DE INSPECCION DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS INTERTRABADOS
(METODO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO)**

UBICACIÓN

DIST. JAEN, PROV. JAEN, DEP. CASAMARCA
 CALLE
 ALONSO ARANA VIDAL
 INSPECCIONADO POR
 BACH. CARLOS I. BRAVO MONTENEGRO

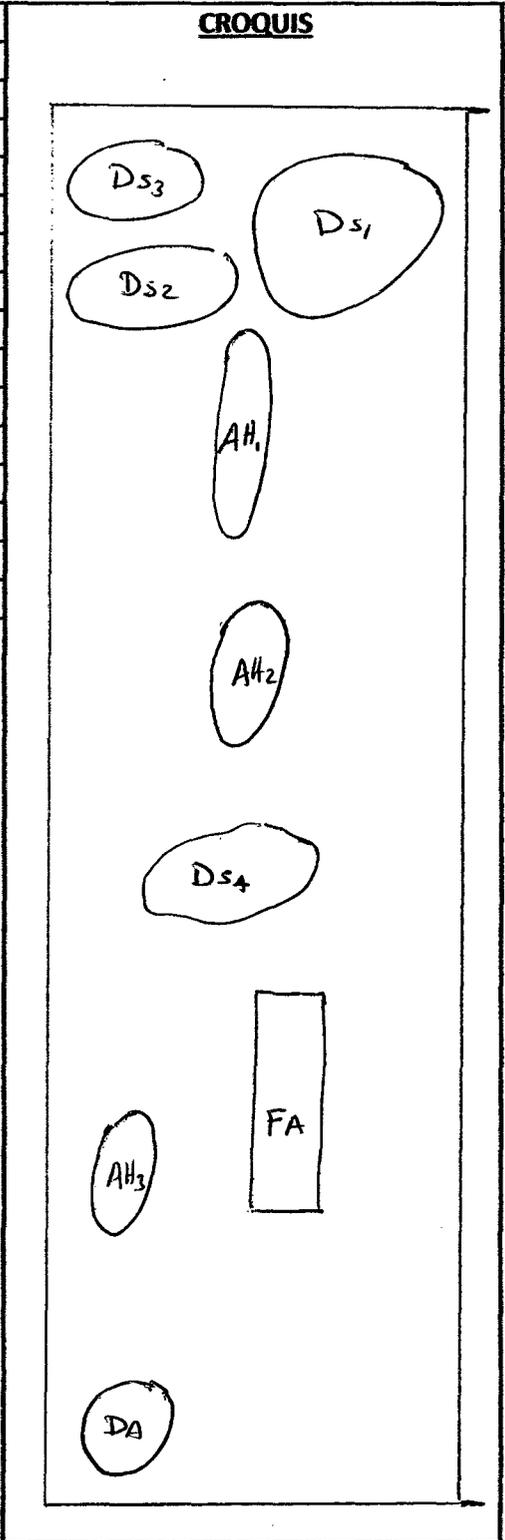
UNIDAD DE MUESTREO

Nº 1
 AREA DE MUESTREO
 815 m²
 FECHA
 18 - 09 - 2014

Deterioro		
Clase	Tipo	Simbolo
Deformaciones	Abultamiento	BA
	Ahuellamiento	AH
	Depresiones	DA
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS
	Pérdida de arena	PA
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB
	Desplazamiento de juntas	DJ
Fracturamientos	Fracturamiento	FA
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA
	Escal. entre adoquin y confinamiento	EC
	Juntas abiertas	JA
	Vegetación en la calzada	VC

Severidad	Baja	B
	Media	M
	Alta	A

Nº Muestra	Daño	Severidad	Area
1	DS ₁	A	14.8 m ²
	DS ₂	A	13.5 m ²
	DS ₃	A	6.8 m ²
	AH ₁	M	6.75 m ²
	AH ₂	B	2.05 m ²
	AH ₃	A	1.45 m ²
	DS ₄	A	4.00 m ²
	FA	A	12.36 m ²
	DA	A	0.98 m ²



**FORMATO DE INSPECCION DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS INTERTRABADOS
(METODO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO)**

UBICACIÓN

DIST. JAÉN , PROV. JAÉN , DEP. CASAMARCA
 CALLE
 CALLE UNIVERSIDAD
 INSPECCIONADO POR
 BACH. CARLOS ISMAEL BRAVO MONTENEGRO.

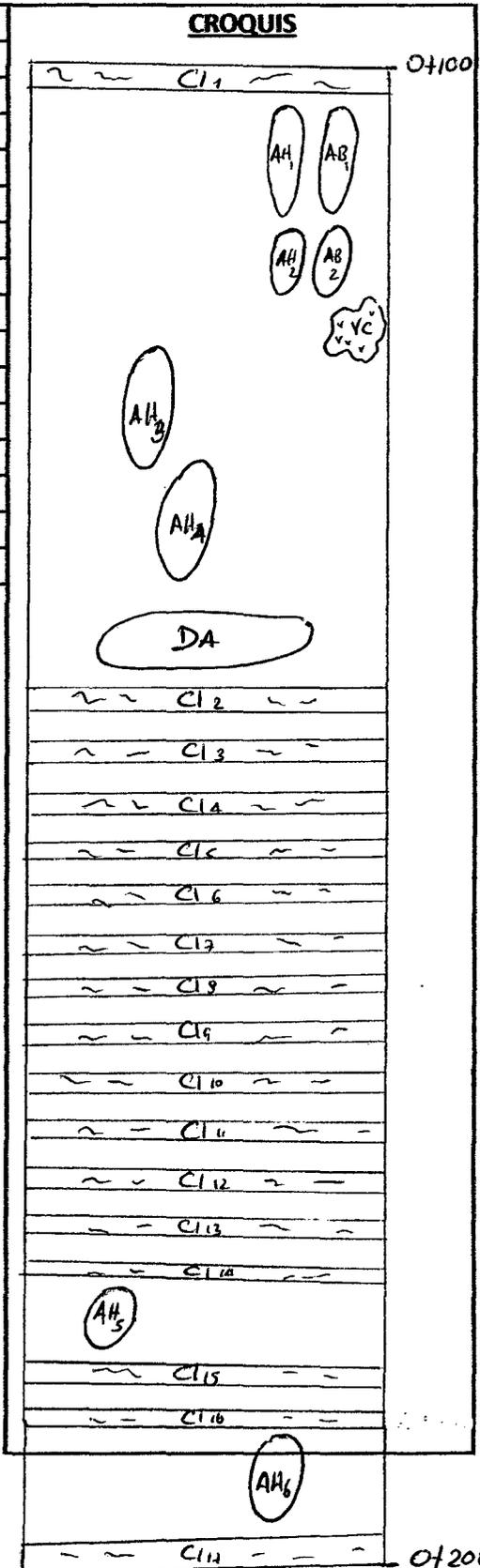
UNIDAD DE MUESTREO

Nº 2
 AREA DE MUESTREO
 725 m²
 FECHA
 18 - 09 - 2014

Deterioro		
Clase	Tipo	Simbolo
Deformaciones	Abultamiento	BA
	Ahuellamiento	AH
	Depresiones	DA
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS
	Pérdida de arena	PA
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB
	Desplazamiento de juntas	DJ
Fracturamientos	Fracturamiento	FA
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA
	Escal. entre adoquin y confinamiento	EC
	Juntas abiertas	JA
	Vegetación en la calzada	VC

Severidad	Baja	B
	Media	M
	Alta	A

Nº Muestra	Daño	Severidad	Area
2	C11	A	1.36 m ²
	AB1	A	0.37 m ²
	AH1	A	2.42 m ²
	AH2	M	3.08 m ²
	VC	M	1.73 m ²
	AB2	M	0.78 m ²
	AH3	A	2.76 m ²
	AH4	A	1.58 m ²
	DA	A	1.63 m ²
	C12	A	0.67 m ²
	C13	A	1.05 m ²
	C14	A	1.05 m ²
	C15	A	1.05 m ²
	C16	A	1.05 m ²
	C17	A	1.05 m ²
	C18	A	1.05 m ²
	C19	A	1.05 m ²
	C10	A	1.05 m ²



**FORMATO DE INSPECCION DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS INTERTRABADOS
(METODO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO)**

UBICACIÓN

DIST. JAÉN , PROV. JAÉN , DEP. CUSAMARCA

CALLE

CALLE UNIVERSIDAD

INSPECCIONADO POR

BACH. CARLOS ISMAEL BRAVO MONTENEGRO

UNIDAD DE MUESTREO

Nº 2

AREA DE MUESTREO

725 m²

FECHA

18 - 09 - 2014

Deterioro		
Clase	Tipo	Simbolo
Deformaciones	Abultamiento	BA
	Ahuellamiento	AH
	Depresiones	DA
Desprendimientos	Desgaste superficial	DS
	Pérdida de arena	PA
Desplazamientos	Desplazamiento de borde	DB
	Desplazamiento de juntas	DJ
Fracturamientos	Fracturamiento	FA
	Fracturamiento de confinamientos externos	CE
	Fracturamiento de confinamientos internos	CI
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines	EA
	Escal. entre adoquin y confinamiento	EC
	Juntas abiertas	JA
	Vegetación en la calzada	VC

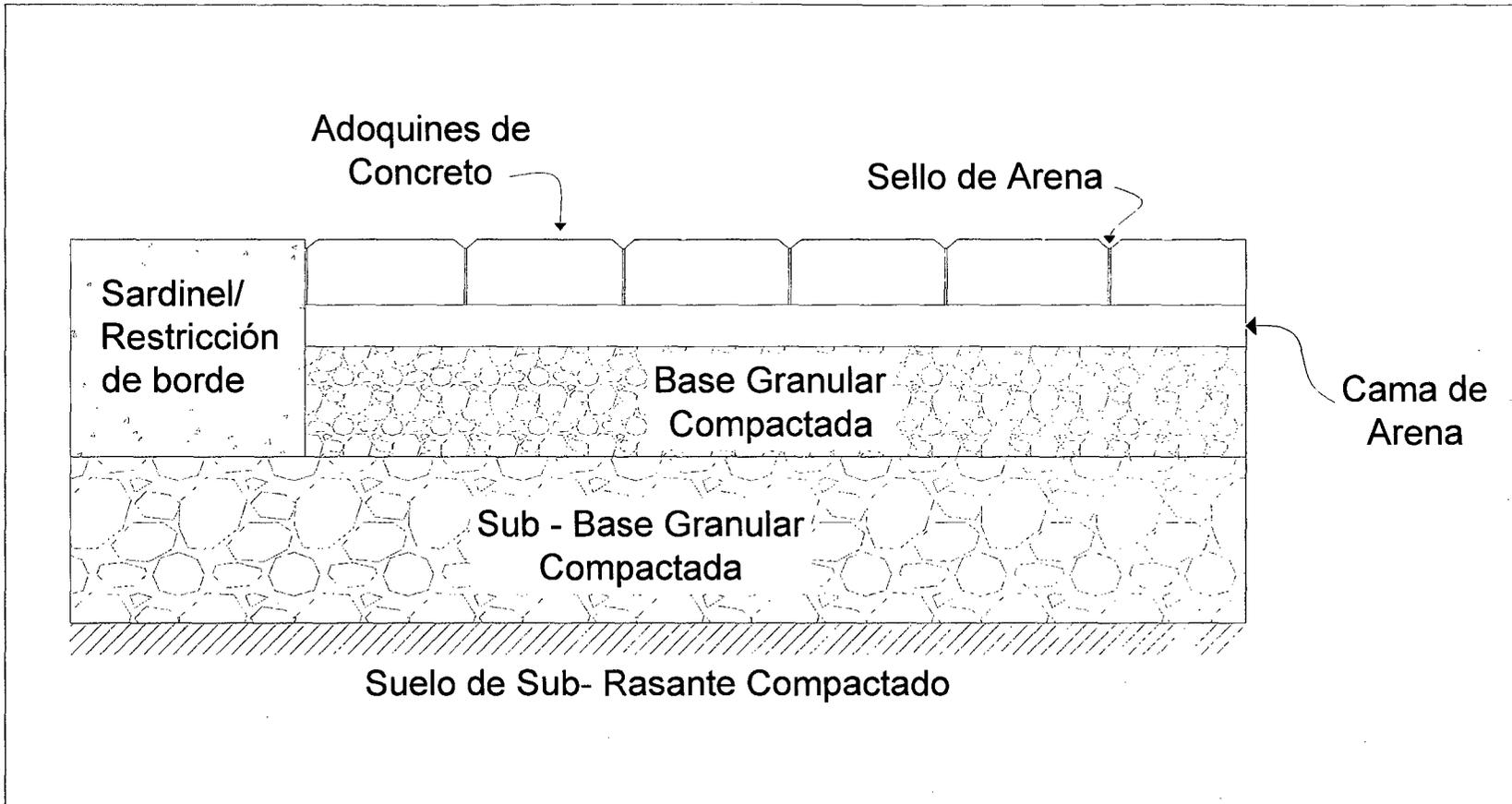
CROQUIS

Severidad	Baja	B
	Media	M
	Alta	A

Nº Muestra	Daño	Severidad	Area
2	CI 11	A	0.90 m ²
	CI 12	A	1.05 m ²
	CI 13	A	0.53 m ²
	CI 14	A	1.05 m ²
	AH 5	A	4.53 m ²
	CI 15	A	1.05 m ²
	CI 16	A	1.05 m ²
	AH 6	A	3.32 m ²
	CI 17	A	1.05 m ²



Anexo 2. Detalle de la Estructura del Pavimento Intertrabado



PLANOS