



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO DE LA AV. RAMÓN CASTILLA, CHULUCANAS, MEDIANTE EL MÉTODO PCI

Jenny Sánchez-Ramírez

Piura, abril de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Sánchez, J. (2017). *Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI* (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO DE LA AV. RAMÓN
CASTILLA, CHULUCANAS, MEDIANTE EL MÉTODO PCI**

Tesis para optar el Título de
Ingeniera Civil

Jenny Carolina Sánchez Ramírez

Asesor: Mgtr. Christian Varhen García
Co-asesor: Ing. Edgar Daniel Rodríguez Velásquez

Piura, abril de 2017

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme en cada paso que doy y por siempre manifestarme su infinito amor.

A mi padre, por apoyarme en todo momento, por motivarme y por confiar plenamente en mis decisiones.

A mi madre, por sus consejos, enseñanzas y por siempre querer lo mejor para mí.

A Victor Manuel, por su apoyo incondicional.

Prólogo

El mal estado de muchos pavimentos en el Perú, y específicamente en Piura, es motivo de gran preocupación para los ciudadanos. Pese a que es normal que se presenten algunas fallas en la superficie del pavimento debido al uso y factores climáticos, cuando el número de éstas es importante, se llega a afectar la calidad de vida del usuario. Es indudable que, para mejorar la condición de un pavimento, éste debe ser mantenido o reparado, pero no es posible hacerlo sin haber determinado antes el estado real en que se encuentra y sin una certeza sobre el tratamiento adecuado a utilizar.

A pesar de la existencia de equipos y nuevas tecnologías de identificación del grado de daño en una vía, estos por lo general no se encuentran al alcance de los gobiernos locales, tornándose imprescindible, por tanto, la aplicación de una técnica estándar de evaluación del comportamiento del pavimento basada en inspecciones visuales. Este método es el denominado “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos”, sigue los lineamientos de la norma ASTM D6433-03, y es más conocido como “Método PCI” (*Pavement Condition Index*).

El PCI constituye un indicador de la integridad estructural del pavimento y de las condiciones de operación de la superficie, y varía desde cero, para un pavimento fallado, hasta cien para un pavimento en perfectas condiciones. Entre las ventajas del Método PCI se encuentran su fácil implementación, el no ser necesario el uso de herramientas especializadas, y la posibilidad de detectar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación para lograr que las reparaciones correspondan a trabajos de conservación y no de reconstrucción, optimizando así dinero y recursos.

Se seleccionó el pavimento de concreto de la Av. Ramón Castilla, distrito de Chulucanas – Piura debido a que constituye el principal acceso a la ciudad y a los distritos serranos más próximos, siendo transitada tanto por vehículos livianos como por vehículos pesados, que generan un gran impacto en el pavimento. Además, en base a inspecciones visuales realizadas, se pudieron observar tramos de la vía total o parcialmente deteriorados, por lo que es necesario buscar métodos adecuados de reparación y mantenimiento para el pavimento.

Se espera que este documento sirva como material de apoyo para futuras obras de conservación y mantenimiento de la vía, y para otros proyectos de características similares en todo el territorio del Perú. Deseo expresar mi agradecimiento a mi asesor, Ing. Edgar Daniel Rodríguez Velásquez, por su orientación, motivación y valiosos aportes a esta tesis.

Resumen

Un pavimento, a lo largo de su vida útil, va deteriorándose y disminuyendo sus condiciones iniciales de servicio, por lo que necesitará, en algún momento, mantenimiento y reparación, los cuales no pueden realizarse sin conocer el estado real del pavimento. La presente tesis tiene como objetivo determinar el estado del pavimento de concreto de la Av. Ramón Castilla, mediante el cálculo de su índice de condición, para así elaborar unas propuestas de mejora para el mismo. Se utilizó el procedimiento establecido por la norma ASTM D6433-03, llamado *Pavement Condition Index* (PCI), para hallar un índice cuantificador del estado del pavimento según el tipo, severidad y cantidad de daños presentes.

Para la aplicación del método, se seleccionaron 2020 metros de pavimento, que se dividieron en tramos, secciones y unidades de muestra. Mediante inspección visual, se determinaron las condiciones generales del pavimento, y se registraron las fallas presentes. Con esta información, se calculó el índice de condición por unidad de muestra y por sección, obteniéndose para las secciones 1, 2, 3, 4 y 5 valores de PCI de 34.4 (malo), 78.3 (muy bueno), 32.4 (malo), 24.8 (muy malo) y 81.7 (muy bueno) respectivamente.

Se concluye que las secciones 2 y 5 son apropiadas para el tránsito vehicular, mientras que la 1, 3 y 4 deben ser reparadas para alcanzar una condición de servicio adecuada.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Información preliminar.....	3
1.1. Ubicación y características geográficas del distrito de Chulucanas	3
1.2. Situación actual de la red vial en el distrito de Chulucanas	4
1.3. Descripción de la Av. Ramón Castilla	7
1.4. Trabajos previos de mejoramiento de la Av. Ramón Castilla	9
1.5. Características del tránsito en la Av. Ramón Castilla	10
1.6. Importancia de la Av. Ramón Castilla	11
Capítulo 2: Marco Teórico	13
2.1. Definición de pavimento	13
2.2. Tipos de pavimento	13
2.3. Pavimentos urbanos de concreto	15
2.4. Importancia de la conservación vial.....	18
Capítulo 3: Fallas en pavimentos de concreto.....	19
3.1. Definición de falla	19
3.2. Definición de niveles de severidad de fallas	19
3.3. Tipos de fallas en pavimentos de concreto.....	20
Capítulo 4: Método PCI para pavimentos de concreto.....	35
4.1. Descripción.....	35
4.2. Antecedentes	36
4.3. Objetivos del método	36
4.4. Terminología	36
4.5. Materiales e instrumentos.....	37
4.6. Muestreo y unidades de muestra	39
4.7. Procedimiento de inspección.....	41
4.8. Cálculo del PCI para pavimentos de Concreto.....	41
Capítulo 5: Aplicación del método PCI en la Av. Ramón Castilla, Chulucanas.....	45
5.1. Consideraciones preliminares.....	45
5.2. Muestreo y unidades de muestra	48

5.3. Procedimiento de inspección.....	51
Capítulo 6: Resultados obtenidos y propuestas de mejora para el pavimento.....	101
6.1. Índices de condición del pavimento obtenidos.....	101
6.2. Interpretación de resultados.....	103
6.3. Métodos de reparación de pavimentos de concreto.....	106
Conclusiones	119
Referencias bibliográficas	121
Anexos.....	123
Anexos A: Curvas de valores deducidos para pavimentos de concreto	125
Anexo B: Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto	135

Introducción

La construcción de nuevas carreteras es sinónimo de crecimiento y desarrollo para un país, por lo que la actual gestión gubernamental busca promover proyectos viales que faciliten la comunicación y el transporte entre los diferentes centros urbanos y rurales dentro del territorio nacional. Sin embargo, dentro del presupuesto, es usual no considerar los gastos destinados al mantenimiento, por lo que muchas veces se observan pavimentos en mal estado, que afectan negativamente la comodidad del usuario que transita sobre ellos. Ya dañado el pavimento, resulta evidente que, para mejorar su condición, debe realizarse algún proceso de reparación, pero para ello debe determinarse antes el estado real en que se encuentra y con base en ello, tener una certeza del tratamiento adecuado a utilizar.

El Método PCI, desde su desarrollo en Estados Unidos entre los años 1974 y 1976, ha constituido un método completo y objetivo para evaluar los pavimentos por medio de inspecciones visuales, al punto que ha sido formalmente adoptado como procedimiento estándar por diferentes agencias, y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. Su fácil implementación, y el hecho de no requerir herramientas especializadas lo convierten en el procedimiento más adecuado para países con acceso limitado a las nuevas tecnologías de evaluación de pavimentos.

Por las razones antes mencionadas, se decidió aplicar este método en una de las vías del país, para lo cual se seleccionó la Av. Ramón Castilla, principal avenida del distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, debido a su importancia dentro del departamento de Piura. Se conoce que el último proyecto ejecutado en la Av. Ramón Castilla fue en el 2007, y consistió en la pavimentación con concreto de un tramo de la avenida. Desde entonces, no se han realizado trabajos de mantenimiento para el pavimento. Esto reafirma la situación de las vías en el país, mencionada al inicio del texto.

Por la Av. Ramón Castilla circulan, además de vehículos livianos, vehículos pesados que generan un gran impacto en diferentes zonas del pavimento, las cuales se encuentran total o parcialmente deterioradas, por lo que urge encontrar métodos adecuados de reparación y mantenimiento para las mismas. Es por ello que, luego de conocer el estado real del pavimento mediante el cálculo de su índice de condición, se han analizado los tramos más dañados de la avenida, para elaborar propuestas acerca de los métodos de reparación más adecuados para la misma.

Anteriormente, se han realizado dos tesis de pregrado relacionadas con el Método PCI. Éstos son los trabajos de Rodríguez Velásquez, Edgar Daniel (2009) y Gamboa Chicchón, Karla Patricia (2009), quienes utilizaron el procedimiento para evaluar el estado de dos avenidas construidas con pavimento asfáltico. La diferencia entre el presente trabajo de tesis y los recientemente mencionados radica en que la metodología de inspección de fallas en campo

y el cálculo del índice de condición, establecidos por la norma, varían para pavimento asfáltico y de concreto. Asimismo, esta tesis tendrá un capítulo adicional, que tratará sobre metodologías propuestas para la reparación del pavimento, de acuerdo a cada tipo de falla encontrada y al origen de su formación.

Este trabajo de tesis está constituido por seis capítulos. El primero es una puesta en contexto de la zona donde se está realizando la evaluación del pavimento. El segundo capítulo abarca el marco teórico, donde se definen los principales términos que se emplearán en la tesis. En el tercer capítulo, se describe con detalle las diferentes fallas que puede sufrir un pavimento de concreto, sus niveles de severidad y la forma de medición de las mismas. El cuarto capítulo describe la metodología a seguir para el cálculo del índice de estado en el pavimento, mientras que, en el quinto, se muestra la aplicación del método a un ejemplo concreto, en una parte de la Av. Ramón Castilla. Finalmente, en el último capítulo se muestran los resultados obtenidos, la interpretación de los resultados y las propuestas de mejora para las secciones en peor estado del pavimento analizado.

Los objetivos que se persiguen con este trabajo de tesis son los siguientes:

- Elaborar un registro de las fallas estructurales y funcionales presentes en el pavimento de concreto de la Avenida Ramón Castilla por inspección visual.
- Calcular el Índice de Condición del Pavimento de concreto de la Avenida Ramón Castilla, para determinar su estado en cuanto a integridad estructural y condiciones de operación.
- Brindar propuestas para el mantenimiento y rehabilitación del pavimento, de acuerdo al índice de condición obtenido y a la severidad y tipo de falla encontrados.

Capítulo 1 Información preliminar

1.1. Ubicación y características geográficas del distrito de Chulucanas

El distrito de Chulucanas se sitúa en la provincia de Morropón, departamento de Piura, y constituye la capital de dicha provincia. Se ubica a $5^{\circ} 5' 36''$ de Latitud Sur y a $80^{\circ} 09' 3''$ de Longitud Oeste y a una altura de 92 m.s.n.m. El acceso a esta ciudad, desde Piura, se da por la antigua carretera Panamericana hasta el Kilómetro 50, siguiendo una vía asfaltada de 8 km. En la **Figura 1** se muestra la ubicación del distrito de Chulucanas.

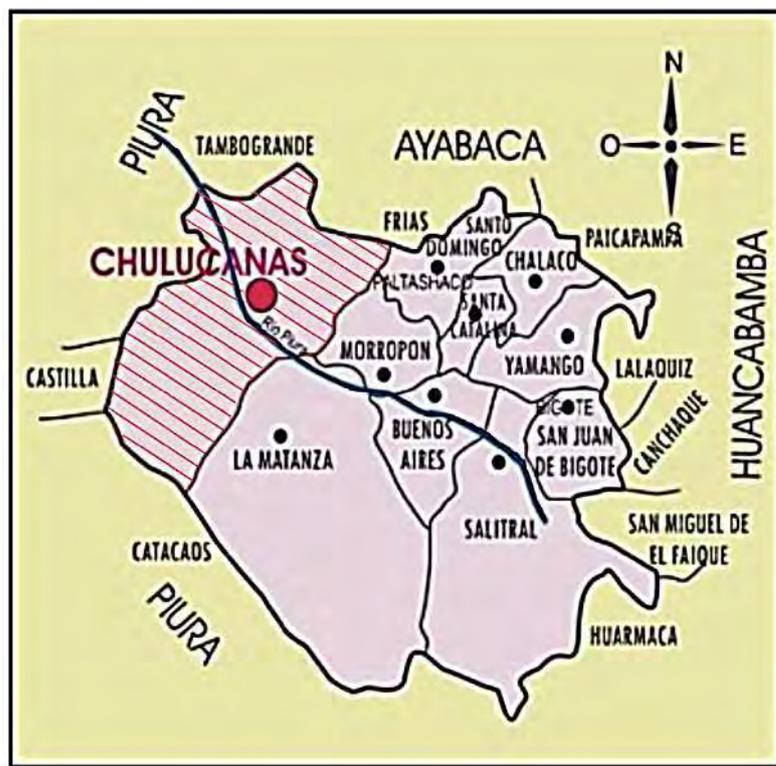


Figura 1. Mapa del distrito de Chulucanas, provincia de Morropón. *Fuente: Moya (2007).*

Según el Plan Director de la Ciudad de Chulucanas (2000), debido a su ubicación geográfica, el clima de esta ciudad debería ser cálido, húmedo y muy lluvioso; sin embargo, la presencia de la Cordillera de los Andes y de las corrientes de Humboldt y El Niño crea un clima subtropical, cálido y con presencia de nubes y garúa la mayor

parte del año, presentándose fuertes precipitaciones entre los meses de enero a marzo. La temperatura promedio anual del lugar es de 25°C.

El terreno es relativamente plano, con una pendiente de Este a Oeste, con presencia de los cerros Ñañañique (al Norte y Noreste) y Ñácara (al Sur).

La ciudad de Chulucanas se desarrolla sobre las márgenes derechas de los ríos Piura y Yapatera, en una región constituida por materiales de diferente composición, formando canteras de fosfatos, arenas de origen aluvial o eólico, y fundamentalmente arcillas, las cuales, debido a sus características expansivas, influyen de manera negativa en los pavimentos y otras construcciones.

1.2. Situación actual de la red vial en el distrito de Chulucanas

De acuerdo con el Plan Vial Departamental del Gobierno Regional de Piura (2005), en el Perú, los caminos existentes conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) y se clasifican jerárquicamente en red vial nacional, red vial departamental y red vial vecinal o rural. Ver **Figura 2**.

La red vial nacional está conformada por las carreteras que conectan al país tanto longitudinal como transversalmente, y permiten la vinculación con países vecinos, capitales de departamento y principales centros de producción y/o consumo.

La red vial departamental está constituida por las carreteras que interconectan la capital del departamento con las capitales de provincias o éstas entre sí, formando circuitos con otras carreteras departamentales o nacionales. Estas carreteras facilitan el transporte de personas y el comercio a nivel regional o departamental y tienen influencia en el movimiento económico regional.

Todos los caminos que no forman parte de la red vial nacional o departamental se consideran parte de la red vial vecinal o rural.

En la actualidad, las carreteras que conforman la red vial nacional y parte de la red vial departamental se encuentran en regular estado de conservación, sin embargo, en esta última y en la red vecinal, existen tramos intransitables y fuera de servicio debido al Fenómeno El Niño (FEN) de 1997-1998.

Piura, como segundo departamento más poblado del Perú -2.8% del territorio nacional- posee tres modos de transporte: aéreo, terrestre y marítimo, siendo el terrestre el más importante. De acuerdo con el inventario vial de Piura, ésta cuenta con 4 398 km de red, longitud que representa el 5.62% de las redes del país y se disgrega en:

- Red vial nacional: 857 km (19.49%)
- Red vial departamental: 578.20 km (13.15%)
- Red vial vecinal: 2962.8 km (67.36%)

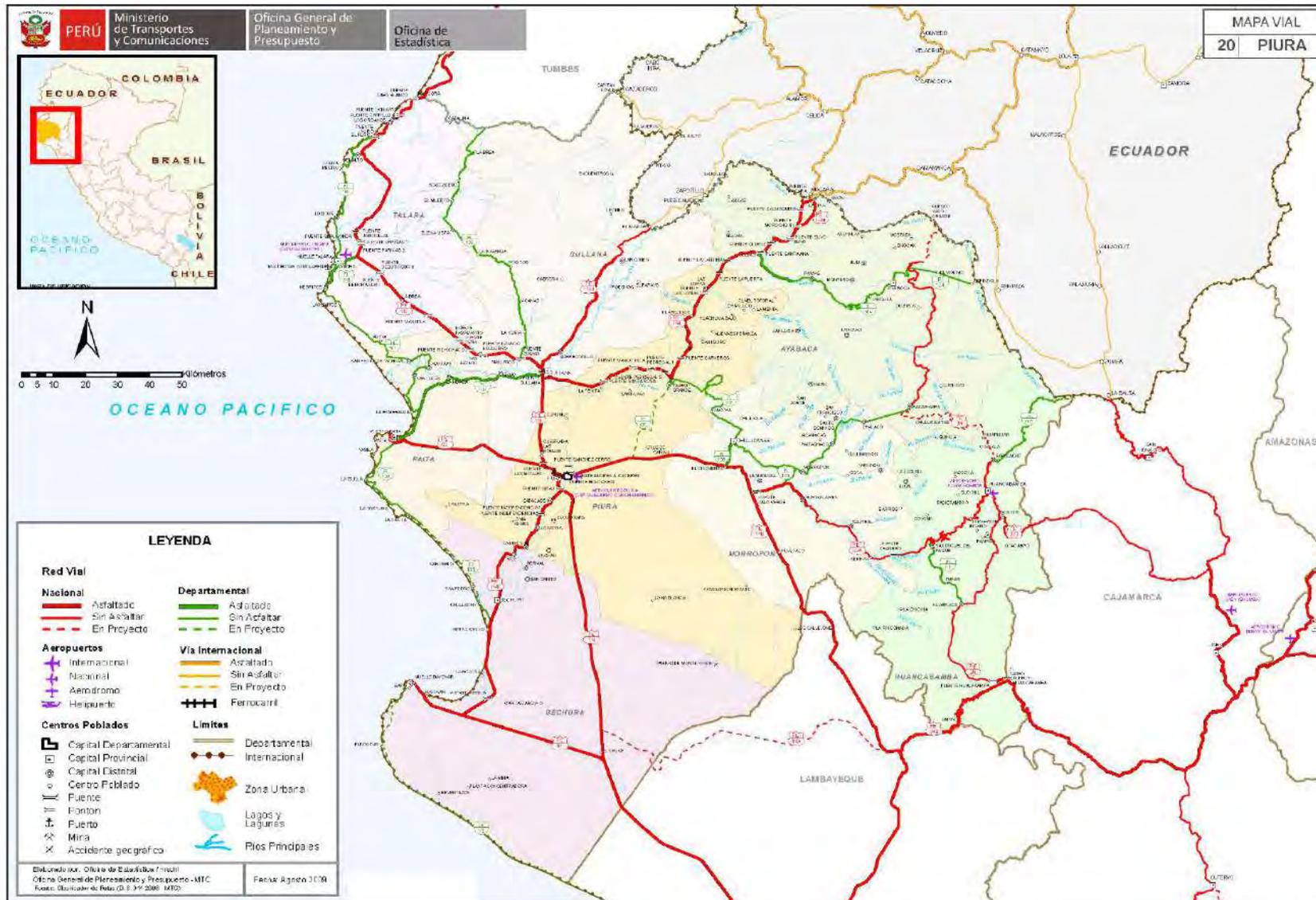


Figura 2. Mapa vial del departamento de Piura. Fuente: Gobierno Regional Piura, 2005.

De acuerdo con el Plan Director de la Ciudad de Chulucanas (2000), el sistema vial de la ciudad es lineal de Sur a Norte, desde el puente Ñácara (sobre el río Piura) hasta la salida al Centro Poblado Yapatera. El 100% de las vías pavimentadas del distrito están construidas con concreto. Las vías principales son: Av. Ramón Castilla, Tacna, Cuzco, Av. Lambayeque, Junín, Piura, Ayacucho, Pisagua, Amazonas y Huancavelica. De ellas, la Av. Ramón Castilla es la de mayor importancia, siendo la más transitada y la única de doble carril de Chulucanas.

Desde la Av. Ramón Castilla, que es la vía de ingreso a la ciudad, se llega a la calle Tacna, a partir de donde se generan los circuitos viales de la ciudad, siendo los puntos focales la Plaza de Armas, el paradero a Piura, el mercado y la salida a Yapatera. Cabe mencionar que desde Chulucanas también se tienen salidas hacia ciudades importantes del Perú, como Piura, Chiclayo y Lima. En cuanto a la distribución del flujo vehicular desde la ciudad, se conoce que el flujo más importante es hacia el Sur (79%), con destino a Piura (70%), Lima y Morropón.

Para el presente estudio, la vía seleccionada fue la avenida Ramón Castilla, la cual pertenece a la red vial departamental y tiene una longitud total de aproximadamente 2.2 km. En la **Figura 3**, se observa la ubicación de la Av. Ramón Castilla, de color amarillo.

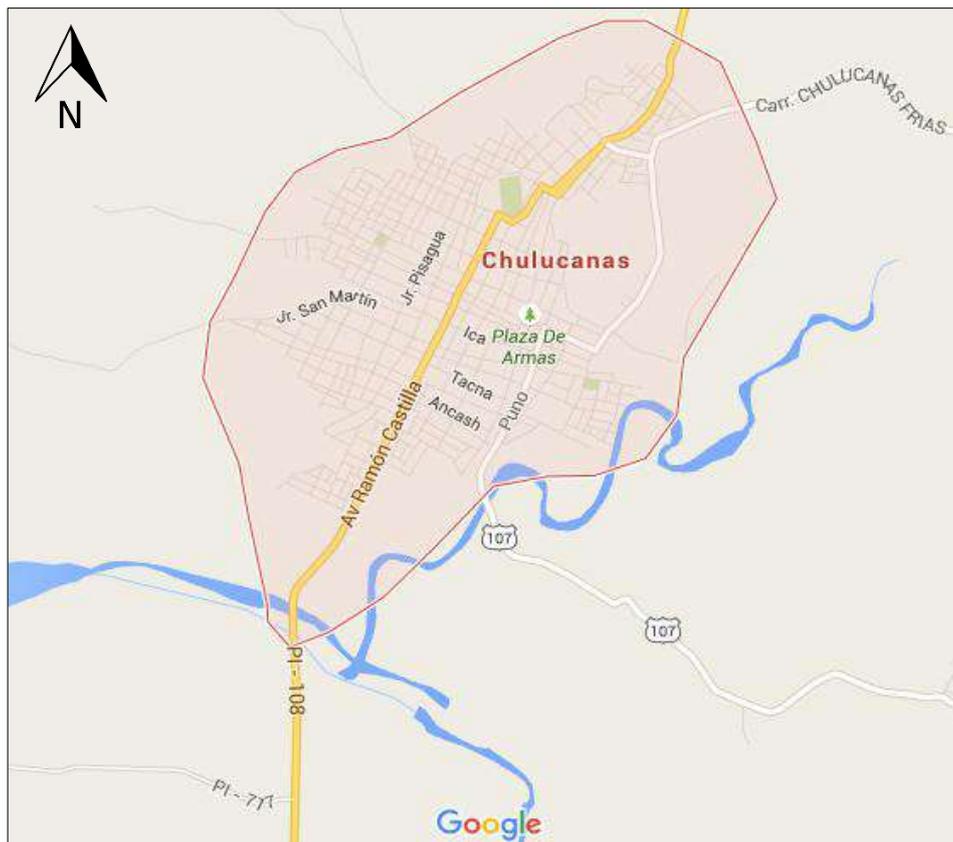


Figura 3. Ubicación de la Av. Ramón Castilla en el distrito de Chulucanas. *Fuente: Google Maps.*

1.3. Descripción de la Av. Ramón Castilla

La Av. Ramón Castilla es la principal carretera del distrito de Chulucanas, y constituye un importante punto de paso hacia ciudades como Piura, Lima y otros sitios del interior del país. En la **Figura 4** se observa una vista aérea de la avenida.

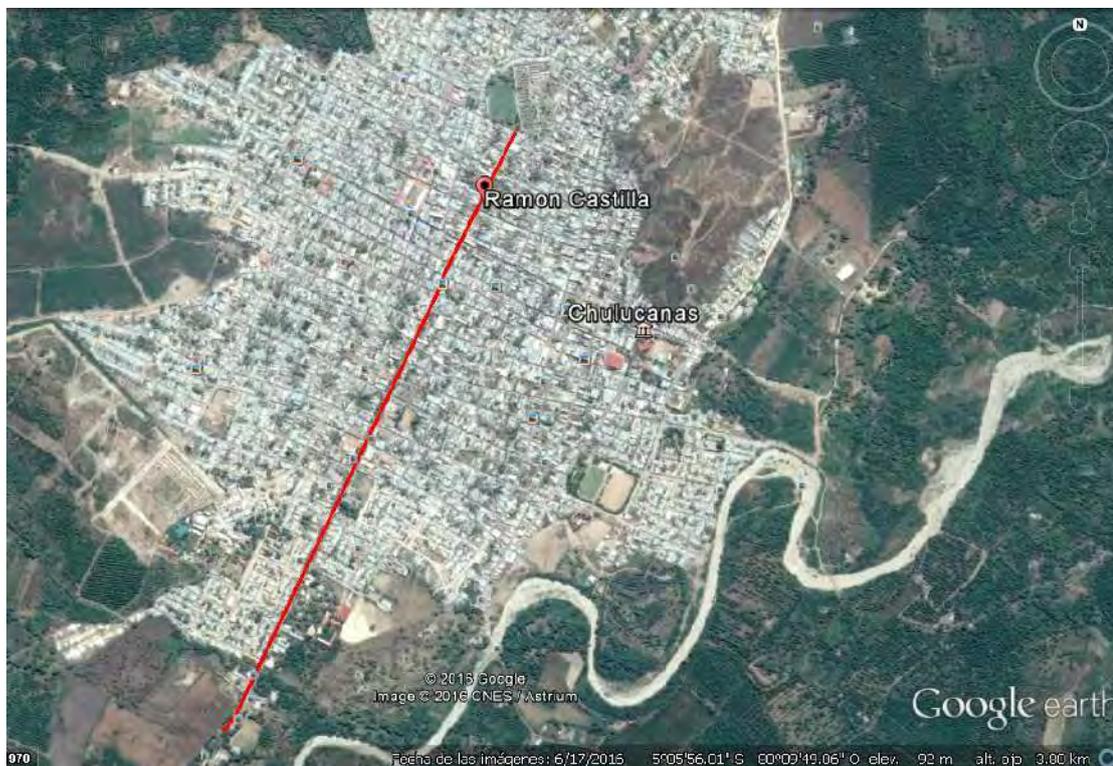


Figura 4. Av. Ramón Castilla señalada de color rojo. *Adaptado de Google Earth.*

Actualmente, la Av. Ramón Castilla está construida con pavimento de concreto. Es una carretera de doble vía y doble carril, con separador central y ancho de carril de 6 m en casi toda su longitud, excepto en el tramo final, desde la calle Lambayeque hasta la Bancharo Rossi, donde la avenida pasa a ser de un solo carril de doble sentido y de ancho igual a 8.10 m.

En la avenida se presentan tramos de pavimento de hasta 4 diferentes edades: Siguiendo el sentido Chulucanas-Piura, la avenida presenta, desde la Calle Bancharo Rossi hasta la Lambayeque, un pavimento construido hace muchas décadas. Luego, se observa el pavimento de concreto más reciente de toda la avenida, de menos de 10 años de construcción. A continuación, se puede ver un pavimento de aproximadamente 20 años, entre la Calle Moquegua y el Jr. Andrés Rázuri, y finalmente, desde el Jr. Andrés Rázuri hasta el punto conocido como PI 108, se observa un pavimento de aproximadamente 15 años. En la **Figura 5**, se pueden observar estos tramos de diferente edad.

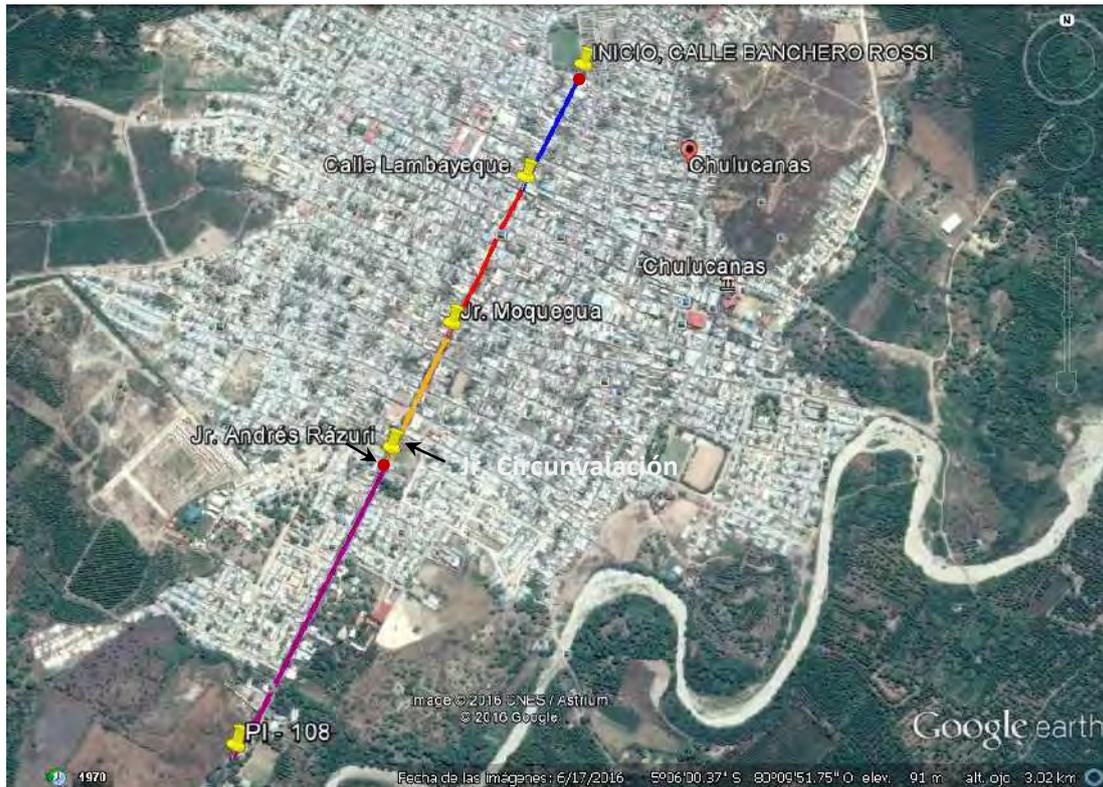


Figura 5. Tramos de diferente edad de construcción a lo largo de la Av. Ramón Castilla. *Adaptado de Google Earth*

Se cuenta con información técnica acerca del pavimento más reciente de la avenida, entre la calle Lambayeque y el jirón Moquegua. Las losas con que cuenta este tramo son de concreto de resistencia a la compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, y se encuentran colocadas sobre una base de 0.20 m de espesor y 0.20 m adicionales de material anticontaminante. Poseen dimensiones de 3.00 x 4.00 m y 0.20 m de espesor, aunque la longitud puede variar entre 3.30 a 4.80 m en algunas zonas de intersecciones con el eje de la calle transversal.

Las juntas longitudinales tienen dimensiones de 1 in x 2 in y llevan pasadores de fierro corrugado de $\frac{1}{2}$ in cada 0.50 m, de longitud 0.80 m. Las juntas transversales, tanto de contracción como de dilatación, poseen dimensiones de 1 in x 2 in, y llevan pasadores de fierro liso de $\frac{3}{4}$ in, de 0.50 m de longitud y separación de 0.30 m. En el caso de las juntas de dilatación, el fierro va dentro de una cápsula de PVC de 1 in taponada herméticamente. Todas las juntas se encuentran rellenas de mezcla asfalto-arena 1:4.

En los encuentros de las losas del pavimento con los sardineles, se presentan juntas de 1 in x 2 in rellenas con mezcla asfalto-arena 1:4, y el resto del espesor de las juntas (6 in) tienen aislamiento de tecnopor de 1 in.

De los 2.2 km que mide aproximadamente la Av. Ramón Castilla, se seleccionó el tramo comprendido entre la Calle Banchero Rossi y el Jirón Circunvalación para aplicar el Método del PCI y evaluar su estado. El tramo escogido se puede observar en rojo en la **Figura 6**.



Figura 6. Tramo de la Av. Ramón Castilla seleccionado para el estudio, indicado de color rojo. *Adaptado de Google Earth.*

1.4. Trabajos previos de mejoramiento de la Av. Ramón Castilla

En este apartado, se hará referencia a los diferentes trabajos de mejoramiento, remodelación y reparación realizados en la avenida de estudio, con el fin de utilizar esta información en el análisis de los resultados obtenidos al aplicar el método del PCI.

Se cuenta con información del último proyecto ejecutado en la zona de estudio. Dicho proyecto se denominó “Ampliación y mejoramiento de la Av. Ramón Castilla entre Jr. Ica y calle Banhero Rossi – Chulucanas”, con fecha 01 de febrero de 2007 y costo de S/. 200,000.00.

Este proyecto comprendió la pavimentación con concreto del tramo mencionado, además de otras obras como instalación de conexiones domiciliarias de agua potable y desagüe en las viviendas que no contaban con ellas, cambio de redes de agua potable de asbesto cemento a Policloruro de vinilo (PVC), cambio de redes de alcantarillado de concreto simple normalizado a PVC, reubicación de postes de telefonía y alumbrado eléctrico, reubicación de semáforos, construcción de veredas y sardineles, e instalación de zonas con áreas verdes.

Antes de este proyecto, la Av. Ramón Castilla contaba con un tramo de pavimento asfáltico y uno de concreto. El tramo de concreto se había visto afectado por trabajos de cambio de redes de agua y alcantarillado debido a la deficiente compactación durante los procesos de reposición del pavimento. De manera similar, el tramo asfaltado se había convertido en una vía limitadamente transitable debido a la pérdida casi total de la carpeta asfáltica. En la vía se podían observar baches, hundimientos y deformaciones, que dejaban en evidencia el mal estado de la vía, aunque no se realizó ningún estudio a profundidad para saber las condiciones reales del pavimento o el método adecuado para repararlo.

Otras obras ejecutadas en la Av. Ramón Castilla en años anteriores fueron:

- Remodelación de la Av. Ramón Castilla I etapa. Junio de 1996.
Comprendió la ejecución de veredas a ambos lados de la avenida, áreas de jardín y en algunos tramos un talud de concreto, áreas de estacionamiento, bermas, áreas de descanso peatonal, sardinel central y colocación de postes.
- Construcción del separador central de la Av. Ramón Castilla entre compañía de bomberos y grifo Daniel- Chulucanas. Junio de 1997.
En esta obra se culminó el separador central en toda la Av. Ramón Castilla, mediante la construcción y pintado de sardineles. Asimismo, el proyecto incluyó la colocación de postes de concreto en la avenida.
- Remodelación parcial de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, tramo entre compañía de bomberos y centro de salud. Octubre de 1997.
El proyecto comprendió la construcción de veredas laterales a ambos lados de la calzada, sardineles, bermas, conformación de ingresos vehiculares en los accesos establecidos, construcción de una canaleta para evacuación de aguas pluviales, y finalmente, la construcción de elementos de equipamiento urbano, constituidos por pérgolas, estares, paraderos y jardineras.

1.5. Características del tránsito en la Av. Ramón Castilla

Todo pavimento se diseña para resistir una carga de tránsito durante un periodo de tiempo determinado, de manera que al circular sobre él un flujo de vehículos, los esfuerzos generados no ocasionen daños permanentes a la estructura. Sin embargo, algunas veces, esta carga de tránsito difiere de la carga de diseño (distintos tipos o número de vehículos), generando impactos no previstos en la carretera. Por este motivo, es fundamental un estudio de tráfico completo para identificar el tipo de vehículos que se proyecta que circularán en una vía.

En el caso de la Av. Ramón Castilla, se pudo observar que es transitada por vehículos livianos como mototaxis, autos y camionetas, y por vehículos pesados como camiones y buses interprovinciales (**Figura 7**). “Asimismo, durante febrero y abril, que constituyen meses de comercialización de productos, llegan a la ciudad trailers y semi trailers, cuya circulación se torna difícil debido a la estrechez de las vías. Estos últimos generan el mayor impacto en el pavimento.” (Plan Director de la Ciudad de Chulucanas, 2000)



Figura 7. Características del tránsito en la Av. Ramón Castilla. *Fuente: elaboración propia.*

El flujo vehicular del pavimento en estudio no es constante, es decir, se puede apreciar una variación significativa del tránsito en determinado punto de la avenida. A partir de la calle Tacna, que es donde comienzan los circuitos viales de la ciudad, dejan de circular los buses interprovinciales, y se aprecia una disminución considerable del flujo de tránsito.

1.6. Importancia de la Av. Ramón Castilla

La Avenida Ramón Castilla es la arteria principal del distrito de Chulucanas, circulando por ella, además de la mayor parte del tránsito local, buses interprovinciales procedentes de ciudades importantes como Piura, Chiclayo y Lima, y de otros distritos y caseríos cercanos.

De acuerdo con el Plan Director de la ciudad de Chulucanas, ésta es el “centro urbano más importante del Alto Piura, con el 6º rango jerárquico a nivel del Sistema Urbano de la Región Piura-Tumbes”. Su capital, del mismo nombre, cuenta con una población de 57 317 habitantes (INEI, 2013). Gran parte de las viviendas de este lugar se encuentran construidas por material noble, aunque abundan también las de materiales rústicos como adobe, y en su mayoría poseen, además de los servicios básicos, telefonía, internet, televisión por cable y otros.

La principal actividad económica de la zona es la agricultura, siendo cultivados principalmente mango, limón, arroz, plátano y papaya. Ligada a la agricultura, se desarrolla también la ganadería, prevaleciendo la crianza de ganado vacuno, bovino, caprino y porcino. Toda esta producción se comercializa tanto en mercados locales como en distintos lugares de Piura, y constituye un rol preponderante en la economía regional. Asimismo, Chulucanas es conocida a nivel internacional por sus cerámicas y diversas artesanías, por lo que es continuamente visitada por turistas de diferentes países.

Todos estos factores evidencian la importancia económica del distrito de Chulucanas. Es trascendental mantener en buen estado de conservación de las vías, en especial de la Av. Ramón Castilla que es la principal carretera.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Definición de pavimento

Según Montejo (2008), un pavimento es una estructura formada por una o varias capas superpuestas, constituidas por material seleccionado y adecuadamente compactado, y comprendidas entre la superficie de rodadura y el terreno de fundación o subrasante. Este sistema de capas se denomina paquete estructural, y ha sido diseñado para soportar cargas externas, transmitiendo los esfuerzos desde la superficie hacia los estratos inferiores durante un determinado período de tiempo.

Debido a que el esfuerzo que soporta el pavimento es inversamente proporcional a la profundidad, las capas superiores deben estar constituidas por materiales con mayor resistencia y calidad que en las capas inferiores. Así, además, se obtiene un pavimento económico, pues al diseñar el espesor de una capa, se busca que éste sea el mínimo capaz de reducir los esfuerzos de la capa inmediatamente inferior. La resistencia de cada capa está determinada por las propiedades mecánicas de los materiales que las conforman, por la compactación que recibe, y por el drenaje que presenta.

La finalidad de un pavimento es permitir el tránsito de vehículos brindando comodidad y seguridad al usuario, para lo cual debe proporcionar una superficie de rodadura uniforme, con un color adecuado para evitar reflejos o deslumbramientos, y una textura acorde con la velocidad de circulación de los vehículos. Además, debe contar con un buen drenaje y ser resistente a la acción destructiva del tránsito, la intemperie y otros agentes perjudiciales. Otras condiciones necesarias son un adecuado ancho de la vía, buen trazo horizontal y vertical, adherencia apropiada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas, y una correcta señalización. (Montejo, 2008)

2.2. Tipos de pavimento

Tradicionalmente, de acuerdo a la forma en que transmiten las cargas vehiculares hacia el suelo de cimentación o subrasante, los pavimentos se han clasificado en flexibles y rígidos. Esta clasificación coincide con los tipos de pavimento según su material de construcción, es decir, el término “pavimento flexible” hace referencia a un pavimento asfáltico, mientras que “pavimento rígido” corresponde a un pavimento de concreto, presentando cada uno un diseño específico de su paquete estructural.

En la actualidad, sin embargo, se están presentando cambios en el diseño convencional de los pavimentos. Por ejemplo, algunos pavimentos asfálticos se diseñan con un

espesor de carpeta tal que llegan a comportarse como pavimentos rígidos. Otros pavimentos, llamados compuestos, consisten en una capa de concreto asfáltico construido sobre un pavimento de concreto ya construido (Huang, 2012). No obstante, en la presente tesis se utilizarán los términos “pavimento asfáltico” y “pavimento de concreto” para hacer referencia a la clasificación tradicional, y sólo se mencionarán brevemente los otros tipos de pavimento. Ver **Figura 8**.

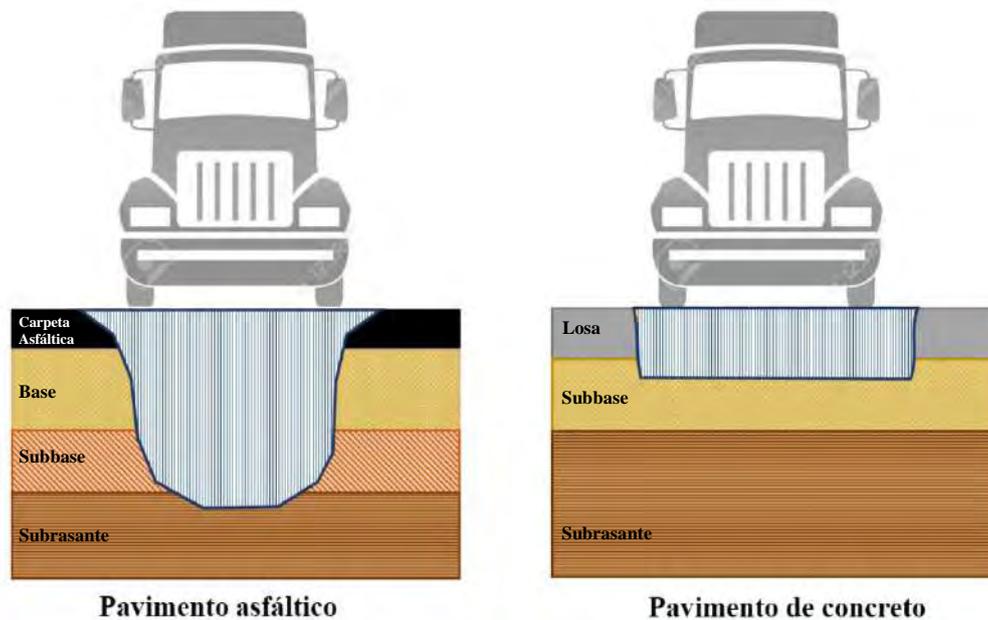


Figura 8. Distribución de esfuerzos desde la superficie hacia el suelo de cimentación en pavimento asfáltico y pavimento de concreto. *Fuente: Elaboración propia.*

Pavimento asfáltico:

Un pavimento asfáltico está conformado típicamente por una carpeta de asfalto construida sobre dos capas granulares llamadas base y sub-base, ambas a su vez apoyadas en la subrasante.

La carpeta asfáltica constituye la superficie de rodadura, que permanece expuesta a la intemperie y recibe directamente las cargas originadas por el tránsito, por lo que debe tener espesores adecuados.

La base es la capa ubicada inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica, mientras que la subbase se encuentra entre la base y la subrasante. Ambas capas tienen como finalidad distribuir y transmitir apropiadamente los esfuerzos, además de evitar que el agua del suelo ascienda.

Finalmente, la subrasante es la capa que soporta el sistema antes mencionado y puede absorber cargas mínimas transmitidas por las capas superiores. De su calidad depende también el espesor del pavimento, y, por ende, su economía.

Debido a la naturaleza flexible de la carpeta asfáltica, las cargas vehiculares se transmiten de forma poco eficiente hacia el terreno, por lo cual se requieren más capas granulares que en el pavimento de concreto.

Pavimento de concreto:

Un pavimento de concreto está constituido por una losa de hormigón apoyada en una capa granular llamada subbase, la cual a su vez descansa sobre el terreno de fundación o subrasante.

Debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, la losa absorbe la mayor parte de los esfuerzos producidos por las solicitaciones de carga y las distribuye adecuadamente, de forma que las tensiones en la subrasante resultan muy bajas. Este comportamiento es totalmente diferente al del concreto asfáltico, en el cual, al tener menos rigidez, los esfuerzos se transmiten hacia las capas inferiores

Según Montejo (2008), además de estos dos tipos de pavimentos, existen otros dos: los pavimentos semi-rígidos y los pavimentos articulados. Los semi-rígidos son pavimentos que guardan una estructura similar a la de un pavimento flexible, con la diferencia de que una de sus capas ha sido rigidizada artificialmente con un aditivo (emulsión, asfalto, cal o químicos), el cual corrige las propiedades mecánicas de materiales locales no aptos para la construcción del pavimento. Por otra parte, los pavimentos articulados se caracterizan por tener una capa de rodadura compuesta por bloques prefabricados de concreto, la cual puede ir apoyada sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de las especificaciones técnicas.

2.3. Pavimentos urbanos de concreto

2.3.1. Situación del concreto en el Perú

De acuerdo con Pasquel (1993), el uso del concreto en el Perú se remonta al año 1915, en el que llegó al país la compañía constructora *Foundation Co.* para ejecutar diversos proyectos en Lima, como la construcción del terminal marítimo del Callao y la pavimentación de numerosas carreteras como la Lima-Callao (hoy Av. Venezuela). Esta compañía trajo al Perú los primeros hornos de fabricación de cemento, con los cuales se inició la tecnología de concreto local. Estos hornos fueron comprados en 1916 por la Compañía Peruana de Cemento Portland, que instaló en el Rímac la primera fábrica de cemento.

Posteriormente, entre 1955 y 1975, se crearon otras fábricas de cemento, como Chilca, Andino y Pacasmayo, y durante los años siguientes, el uso del concreto en el país fue aumentando paulatinamente, aunque se destinaba principalmente a edificios, puentes, obras hidráulicas y aeropuertos.

2.3.2. Situación del pavimento de concreto en el Perú

Es importante recordar que, desde fines del siglo XIX, el pavimento de concreto ha sido empleado en el mundo como una solución al transporte, jugando un rol significativo en la competitividad de los países. Sin embargo, en Perú, en el ámbito vial, la especificación y construcción con concreto es bastante escasa, limitándose su uso a vías vecinales y teniendo poca participación en la red vial nacional. (Pasquel, 1993)

Pese a no existir información estadística sobre la incidencia de los pavimentos de concreto en las redes viales nacionales, se puede asumir que no es mayor al 1%, aunque sí existen algunas obras emblemáticas construidas con este material, como es el caso de algunas grandes avenidas en Lima. El Metropolitano (2010) es una de las más recientes. Éste constituye el primer sistema de transporte público masivo en el país, llegando a atender alrededor de 700 000 viajes diarios. El transporte se realiza en buses articulados, para los cuales fue necesario construir

corredores exclusivos de concreto, de estructura variable según las consideraciones de suelo y tránsito de cada tramo.

El bajo número de carreteras de concreto, y el amplio intervalo de tiempo entre cada una de sus construcciones, dejan al descubierto la amplia brecha de conocimientos y tecnología que limita el ingreso de este tipo de pavimentos en el Perú.

2.3.3. Clasificación de los pavimentos de concreto

a) Pavimento de concreto simple con juntas

Este tipo de pavimento no posee armadura en las losas, y las juntas de contracción transversal, varían entre 3.5 y 6 m, aunque se recomienda no exceder los 4.5 m. La transferencia de cargas entre losas adyacentes puede darse simplemente por unión mecánica de agregados o por uso de dispositivos de acero (pasadores). El objetivo de las juntas es inducir el agrietamiento del concreto debido a las variaciones de humedad y temperatura.

b) Pavimento de concreto reforzado con juntas

Estos pavimentos tienen como finalidad controlar las fisuras de contracción del concreto, por lo cual se refuerzan con mallas de acero. El espaciamiento entre juntas varía entre 7.5 y 9 m. La transferencia de carga entre paños adyacentes se efectúa mediante trabazón de agregados o uso de pasadores. Las juntas deben permanecer selladas para evitar el ingreso de agua u otro tipo de material incompresible.

c) Pavimento de concreto con refuerzo continuo

Posee armadura continua longitudinal que controla las tensiones, y no cuenta con juntas transversales, a excepción de las juntas de construcción. La armadura transversal es opcional. El objetivo de este refuerzo es controlar la aparición de fisuras, manteniendo un espaciamiento entre ellas de entre 0.6 y 2 m.

Este tipo de pavimento por lo general se diseña para periodos mayores a 30 años, por lo que no es común su uso en nuestro país, sino en Europa y Estados Unidos.

El pavimento más utilizado en Perú es el de concreto simple con juntas, y es el que corresponde a la avenida que se estudiará en la presente tesis.

2.3.4. Elementos de un pavimento de concreto

En este apartado, se describirán los elementos que conforman un pavimento de concreto, los cuales a su vez pueden observarse en la **Figura 9**.

Subrasante:

La subrasante es el terreno (natural, estabilizado o de préstamo), debidamente preparado y compactado, sobre el cual se coloca la estructura de un pavimento. El espesor del pavimento depende de la calidad de la subrasante, y ya que su función es darle al primero un apoyo uniforme, debe cumplir con los requisitos de

inmunidad a la expansión, incompresibilidad y resistencia. El suelo que se emplea en la subrasante es de tipo granular.

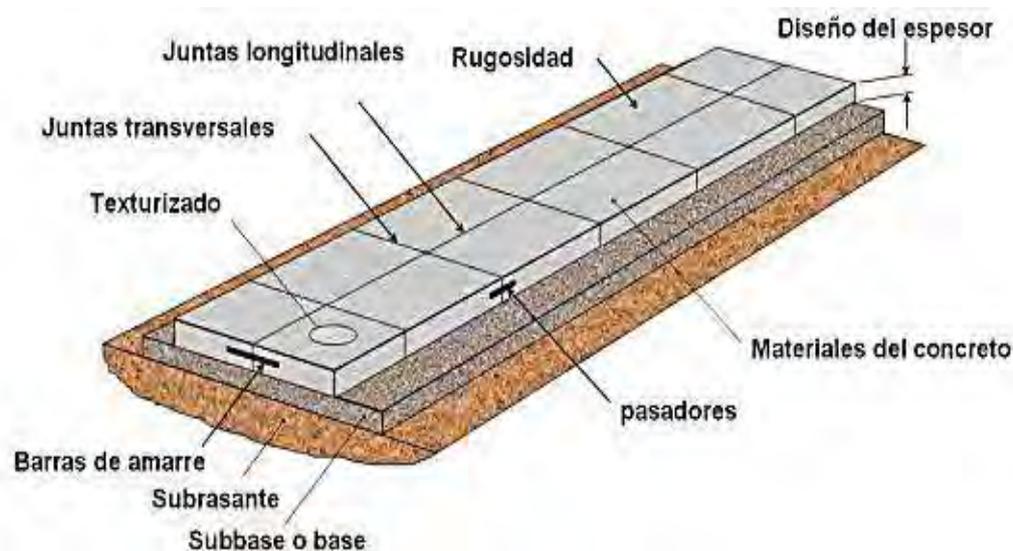


Figura 9. Elementos del pavimento de concreto. *Fuente: Duravía, 2012.*

Subrasante:

La subrasante es el terreno (natural, estabilizado o de préstamo), debidamente preparado y compactado, sobre el cual se coloca la estructura de un pavimento. El espesor del pavimento depende de la calidad de la subrasante, y ya que su función es darle al primero un apoyo uniforme, debe cumplir con los requisitos de inmunidad a la expansión, incompresibilidad y resistencia. El suelo que se emplea en la subrasante es de tipo granular.

Subbase:

La subbase es la capa que está apoyada sobre la subrasante. Su función principal es proteger la subrasante de la pérdida de finos debido al bombeo, aunque también permite mejorar la capacidad de soporte del suelo, lo cual se traduce en una ligera reducción del espesor de la capa de rodadura. Asimismo, proporciona estabilidad a la losa, protege al pavimento durante las heladas y provee drenaje cuando sea necesario. Esta capa está compuesta por materiales granulares de buena graduación.

Losa:

La losa es la capa superior de la estructura del pavimento, que constituye la superficie de rodadura. Está construida por concreto de cemento Portland, y debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, es la responsable de la capacidad portante del pavimento. El factor de cemento, la resistencia y la durabilidad de la losa dependen del diseño especificado.

En algunas situaciones extremas, es necesario incluir en el paquete estructural del pavimento una capa adicional, llamada base, entre la subbase y la losa. Además, en determinados casos pueden utilizarse bases estabilizadas con cemento que protegen más las subbases de erosión, flexiones y tensiones, y mejoran la transferencia de cargas.

Juntas:

Son elementos que permiten controlar la fisuración de la losa y permitir la expansión o el movimiento relativo entre losas. Pueden ser longitudinales o transversales. La importancia de las juntas en el pavimento de concreto se ve reflejada en la durabilidad del mismo, pues su deterioro puede evidenciar problemas estructurales en la vía.

Texturizado:

Es una técnica que brinda al pavimento un contacto adecuado entre el pavimento y el neumático, de forma que permite el tránsito de vehículos en condiciones seguras. Existen dos tipos de texturizado: microtexturizado, que se logra recorriendo la superficie del pavimento con una tela de yute, y macrotexturizado, que se logra utilizando herramientas mecánicas.

Confinamiento lateral:

Es el conjunto de elementos que permite controlar las tensiones por flexión y deflexiones en las losas. Una forma de confinamiento lateral son las bermas, que pueden ser de concreto, asfalto o material granular. Otra, las barras de amarre de acero corrugado, que controlan el movimiento lateral de los carriles y se colocan perpendiculares a la junta, espaciadas entre 50 y 100 cm.

Pasadores:

Los pasadores son barras de acero lisas y con los bordes redondeados que se colocan en el plano perpendicular al corte de la junta transversal. Deben estar centrados con respecto al espesor de la losa y permitir el movimiento entre paños adyacentes, sin restringir su movimiento.

2.4. Importancia de la conservación vial

Los pavimentos son estructuras que, además de involucrar una importante inversión inicial, necesitan mantenimiento y reparaciones a lo largo de su vida útil para mantener sus condiciones iniciales de servicio.

Como menciona Menéndez (2003), durante décadas, se consideró que el principal objetivo de los organismos estatales era la construcción de nuevos caminos, para lo cual se asignaban todos los recursos presupuestales, y se dejaban de lado o como un rol secundario la conservación de las vías ya existentes. Sin embargo, con el transcurrir de los años, la población se ha ido dando cuenta de la importancia de mantener los caminos en buen estado de funcionamiento: para lograr una buena circulación vehicular durante todas las épocas del año, reducir los costos de operación vehicular, tener un acceso permanente a servicios y mercados, ahorrar tiempo y preservar la inversión efectuada durante la construcción.

Capítulo 3

Fallas en pavimentos de concreto

3.1. Definición de falla

Se entiende por fallas a los daños que pueden presentarse en un pavimento y que disminuyen la funcionalidad y serviciabilidad del mismo. De acuerdo con la norma ASTM D6433-03, las fallas pueden ser definidas como “indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de éstas.”

Las fallas pueden clasificarse en:

- Fallas funcionales: son aquellas que afectan funciones iniciales de diseño, relacionadas con la transitabilidad, y, por ende, con la superficie de rodadura, la estética y la seguridad del pavimento. En su mayoría pueden detectarse por simple inspección visual.
- Fallas estructurales: son de mayor gravedad puesto que involucran daños en el paquete estructural del pavimento, afectando el comportamiento del mismo frente a las cargas externas. Aunque pueden detectarse por simple inspección, por lo general es necesario realizar ensayos destructivos o no destructivos en el pavimento.

3.2. Definición de niveles de severidad de fallas

Para establecer el nivel de severidad de las fallas en una vía, debe tomarse en cuenta la calidad del tránsito en la misma. De acuerdo con la norma ASTM D6433-03, existen tres grados de severidad de fallas: *Low* (Bajo), *Medium* (Medio) y *High* (Alto), para los cuales se utilizará la nomenclatura L, M y H respectivamente. Vásquez Varela (2002), en el Manual “*Pavement Condition Index* (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto”, define estos tres niveles de la siguiente forma:

L: Nivel en el cual se perciben vibraciones en el vehículo, pero no es necesaria una reducción de velocidad. Los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero en general no hay problemas de seguridad o comodidad.

M: Nivel en que las vibraciones percibidas en el vehículo son significativas. Los abultamientos o hundimientos generan un mayor rebote. Para mejorar la comodidad y seguridad, se torna necesario reducir un poco la velocidad.

H: Nivel en el cual las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable. Los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

3.3. Tipos de fallas en pavimentos de concreto

En este apartado se definirán los 19 tipos de fallas que se presentan en los pavimentos de concreto. Se dará una breve descripción de las mismas, explicando las razones por las cuales se producen, e indicando formas de identificarlas durante el proceso de inspección. Además, se brindarán pautas para diferenciar los tres niveles de severidad de cada falla y la forma de medir de cada una de ellas, todo según los lineamientos de la norma ASTM D6433-03.

a. Levantamiento / Pandeo

Son originadas por la dilatación por temperatura de las losas, generalmente en grietas o juntas transversales que no son lo suficientemente amplias para permitir estas expansiones. La insuficiencia del ancho de las juntas puede darse por la infiltración de material incompresible en las mismas. Debido al exceso de presión entre las losas, los bordes de las mismas se mueven hacia arriba o se fragmentan. Este tipo de fallas puede presentarse también en sumideros y en bordes de zanjas donde se instalan servicios públicos.

Niveles de Severidad:

L – Cuando se produce una calidad de tránsito de baja severidad.

M – Cuando se produce una calidad de tránsito de mediana severidad.

H – Cuando se produce una calidad de tránsito de alta severidad.

Los ejemplos se muestran en la **Figura 10**.



Figura 10. De izquierda a derecha, pandeo de baja, media y alta severidad. Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

En una fisura, un pandeo es contabilizado como presente en una losa; sin embargo, si el pandeo ocurre en una junta y afecta a dos losas, la falla debe ser registrada en ambas losas.

b. Fisura de esquina

Una grieta de esquina es aquella que intercepta las juntas a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la losa en ambos lados, medida desde la esquina. Esta grieta se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, lo que la diferencia de un descascaramiento, que más bien intercepta a la junta en un ángulo. Las grietas de esquina se producen debido a la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo.

Niveles de Severidad:

L – Si la fisura de baja severidad tiene un ancho menor a 13 mm, o cualquier fisura rellenada en forma eficiente, sin deterioro. El área entre la fractura y las juntas puede estar no fisurada o ligeramente fisurada.

M – Una fisura de mediana severidad puede ser una fisura sin relleno con ancho mayor a 13 mm y menor a 50 mm, una fisura sin relleno de ancho menor a 50 mm con deterioro menor a 10 mm, o cualquier fisura con relleno y con deterioro menor a 10 mm.

H – La fractura se define como una fisura de alta severidad si el área entre la fractura y las juntas está severamente fisurada. Puede ser una fisura sin relleno de ancho mayor a 50 mm, o cualquier fisura con o sin relleno con deterioro mayor a 10 mm.

En la **Figura 11** se muestran ejemplos de los niveles de severidad de este tipo de falla.

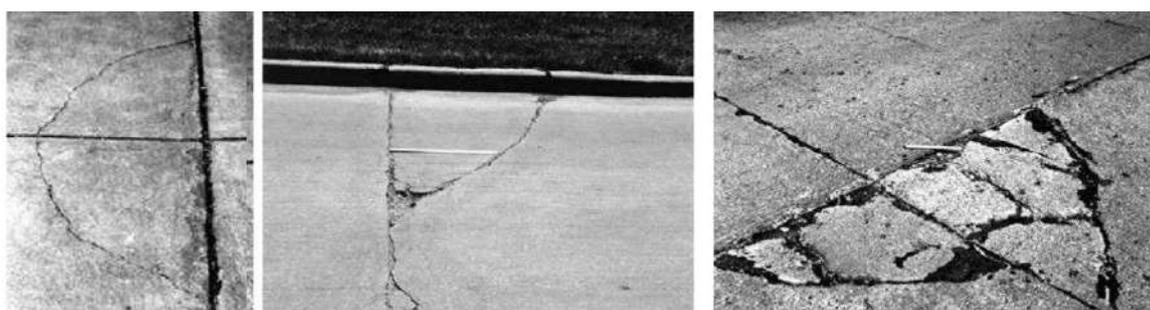


Figura 11. De izquierda a derecha, fisura de esquina de baja, media y alta severidad. *Fuente: ASTM D6433-03.*

Medida:

La losa con falla es registrada como una sola losa si se cumple que:

- Presenta sólo una fractura de esquina.
- Presenta más de una fractura de una severidad particular.
- Presenta dos o más fracturas de distinta severidad. En este caso, deberá registrarse el mayor nivel de severidad.

c. Losa dividida

Se considera que una losa es dividida cuando se observan cuatro o más pedazos de considerable tamaño. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, no se considera losa dividida, sino grieta de esquina severa. Esta falla se origina por sobrecarga o soporte inadecuado.

Niveles de Severidad:

La **Tabla 1** indica los niveles de severidad para losas divididas. Los ejemplos se observan en la **Figura 12**.

Tabla 1. Niveles de severidad para losa dividida

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PEDAZOS		
	2 a 3	4 a 5	Mayor que 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Adaptado de ASTM D6433-03.

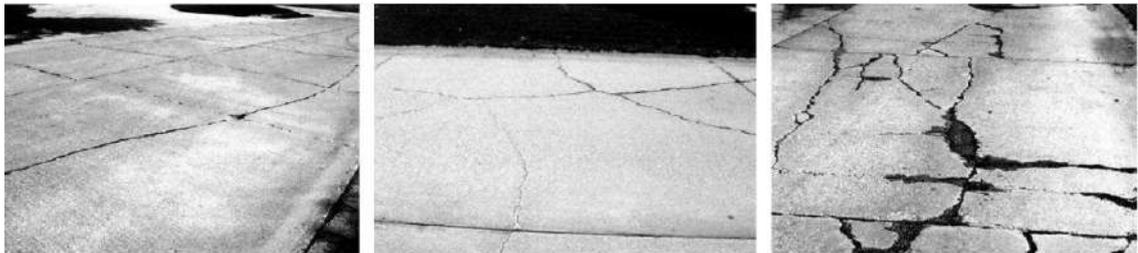


Figura 12. De izquierda a derecha, falla por losa dividida de baja, media y alta severidad. *Fuente: ASTM D6433-03.*

Medida:

Si la losa dividida es de mediana o alta severidad, ninguna otra falla debe ser registrada en la losa.

d. Fisura de durabilidad “D”

Consiste en un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o grieta lineal. Esta grieta se genera por cambios volumétricos en los agregados grandes, que, debido a procesos de congelamiento y descongelamiento, llegan a fracturar el concreto, pudiendo llevar a la destrucción total de la losa. Ya que el concreto se satura cerca de las juntas y grietas, generalmente se puede observar un depósito de color oscuro alrededor de las fisuras “D”.

No se encontró este tipo de falla en el pavimento en estudio.

e. Escalonamiento/ Desplazamientos verticales diferenciales

Es la diferencia de nivel entre losas que puede observarse en las juntas. Se generan debido a asentamientos ocasionados por terrenos inestables, bombeo o erosión del material bajo las losas, o alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura y humedad.

Niveles de Severidad:

Los niveles de severidad de la falla por escalonamiento se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta, como se indica en la **Tabla 2**. Los ejemplos se observan en la **Figura 13**.

Tabla 2. Niveles de severidad para falla por Escalonamiento

NIVEL DE SEVERIDAD	DIFERENCIA DE NIVELES
L	3 a 10 mm (1/8 in a 3/8 in)
M	10 a 20 mm (3/8 a 3/4 in)
H	Más de 20 mm (más de 3/4 in)

Adaptado de ASTM D6433-03.



Figura 13. De izquierda a derecha, falla por escalonamiento de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

El escalonamiento a través de una junta se cuenta como una losa, y se consideran sólo las losas afectadas. El escalonamiento a través de una grieta no se cuenta como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

f. Deterioro del sello de junta

Se produce por acumulación de suelo, roca u otros materiales dañinos en las juntas. Esto impide la adecuada expansión de las losas, causando fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes, a la vez que permite una considerable infiltración de agua.

Este tipo de falla presenta por lo general alguna de las siguientes características: desprendimiento del sellante de la junta, derrame del sellante, crecimiento de

vegetación, endurecimiento del material llenante o pérdida de adherencia a los bordes de la losa.

Niveles de Severidad:

L – Cuando el sellante de la junta en su mayoría se encuentra en buena condición, sólo con daños menores. El daño en el sello de la junta es de baja severidad si los sellantes de unas pocas juntas muestran poca adherencia pero aún siguen en contacto con los bordes de las juntas. Esta condición se cumple si una hoja de cuchillo puede ser insertada entre el sellante y la cara de la junta sin resistencia alguna.

M – Cuando el sellante de la junta se encuentra en regular condición en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, presentes en forma moderada. El daño en el sello de la junta es de mediana severidad si unas pocas juntas cumplen con alguna de las siguientes condiciones: el sellante se encuentra en su lugar, pero la filtración de agua es posible a través de pequeñas aberturas visibles de ancho menor a 3 mm (1/8 in), si una hoja de cuchillo no puede ser insertada fácilmente entre el sellante y la cara de la junta, el daño no se considera como de severidad media; se aprecia material bombeado desde la base de la losa en la junta; el sellante de junta está oxidado pero flexible, y generalmente llena la abertura de la junta; o, se aprecia vegetación en la junta pero ésta no impide que las aberturas sean visibles.

H – Cuando el sellante de junta generalmente se encuentra en pobre condición en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, presentes en forma moderada. El daño en el sello de la junta presenta un nivel de severidad alto si 10% o más del sellante de la junta cumple con las condiciones mencionadas en el punto anterior, o si 10% o más del sellante se ha desprendido.

En la **Figura 14** se muestran ejemplos de los niveles de severidad de este tipo de falla.



Figura 14. De izquierda a derecha, deterioro de junta de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Los daños en el sello de las juntas no son contados losa por losa, sino que son calificados de acuerdo a su condición en conjunto dentro del área total examinada.

g. Desnivel Carril - Berma

Como el mismo nombre lo dice, es la diferencia de nivel entre la berma y el borde del pavimento, debido a asentamientos, erosión o infiltración de agua. Esta falla puede causar una importante infiltración de agua, y además constituye un peligro para la seguridad vial.

Niveles de Severidad:

L – La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es > 25 y ≤ 50 mm (> 1 y ≤ 2 in).

M – La diferencia en elevación es > 50 y ≤ 100 mm (> 2 y ≤ 4 in)

H – La diferencia en elevación es > 100 mm (> 4 in).

En la **Figura 15** se muestran ejemplos de los niveles de severidad de este tipo de falla.

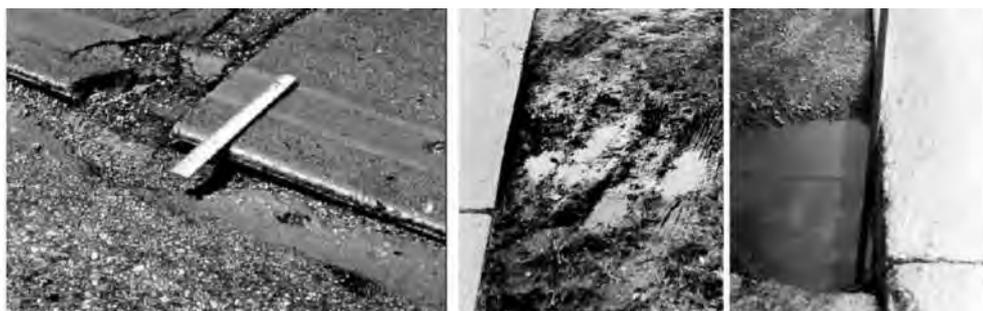


Figura 15. De izquierda a derecha, falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad.
Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

El valor medio del desnivel carril-berma se obtiene promediando el máximo y el mínimo desnivel a lo largo de la losa. Cada losa que presenta esta falla es medida por separado y contabilizada individualmente con su nivel de severidad apropiado.

h. Grietas lineales: longitudinales, transversales y diagonales

Son aquellas que dividen la losa en como máximo tres pedazos. Generalmente se originan por la repetición de cargas de tránsito y alabeo causado por variaciones de temperatura o humedad. Dentro de este tipo de fallas se encuentran las grietas de baja severidad y las grietas capilares. Las grietas muy finas, de corta longitud y que no se extienden a través de toda la losa, se clasifican como fisuras por contracción.

Niveles de Severidad:

L – Las fisuras sin relleno o sello de ancho ≤ 13 mm o fisuras con relleno de cualquier ancho con material de relleno en condición satisfactoria. No existen desniveles.

M – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho > 13 y ≤ 50 mm; fisuras sin relleno de cualquier ancho ≤ 50 mm con algún desnivel < 10 mm, o fisuras con relleno de cualquier ancho con algún desnivel < 10 mm.

H – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho > 50 mm; o fisuras con o sin relleno de cualquier ancho con algún desnivel > 10 mm.

En **Figura 16** se muestran ejemplos de los niveles de severidad de este tipo de falla.

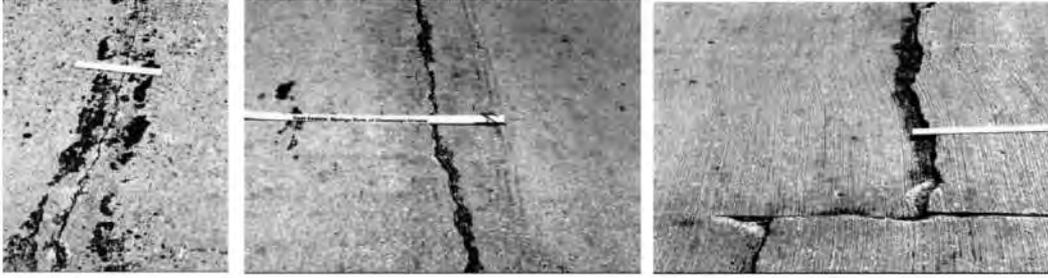


Figura 16. De izquierda a derecha, grietas lineales de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Una vez que se haya determinado la severidad de la fisura, la falla es registrada como una losa. Si se registran dos fisuras con mediano nivel de severidad en una misma losa, entonces se considera como si la losa tuviera una sola fisura de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más partes, se cuentan como losas divididas. Para el caso de losas con refuerzo, las fisuras de ancho <3 mm (1/8 in) son contabilizadas como fisuras de contracción. Las losas de longitud mayor a 9 m (29.5 ft) son divididas en losas imaginarias de longitudes aproximadamente iguales y con juntas imaginarias que supuestamente se encuentran en perfectas condiciones.

i. Parcheo grande

Son áreas mayores a 0.5 m², donde se ha reemplazado el concreto original por uno nuevo, comúnmente para realizar instalaciones o mantenimiento de servicios públicos subterráneos.

Niveles de Severidad:

L – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro.

M– Cuando el parche está moderadamente deteriorado, o se aprecia descascaramiento moderado alrededor de los bordes, o ambos. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche.

H – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo.

Los ejemplos se muestran en la **Figura 17**.



Figura 17. De izquierda a derecha, parcheo grande de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si alguna losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, esta se cuenta como una losa que contiene dicha falla. Si alguna losa tiene más de un nivel de severidad, esta se cuenta como una losa considerando su más alto nivel de severidad.

j. Parcheo pequeño

Son áreas menores a 0.5 m², donde se ha reemplazado el concreto original por uno nuevo.

Niveles de Severidad:

L – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro.

M – Cuando el parche está moderadamente deteriorado. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche.

H – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo.

En la **Figura 18** se muestran ejemplos de los niveles de severidad de este tipo de falla.



Figura 18. De izquierda a derecha, parcheo pequeño de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si alguna losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, ésta se cuenta como una losa que contiene dicha falla. Si alguna losa tiene más de un nivel de severidad, esta se cuenta como una losa considerando su más alto nivel de severidad.

k. Pulimento de agregados

Se manifiesta cuando los agregados de la superficie del pavimento se tornan suaves al tacto, reduciéndose la fricción entre los vehículos y el pavimento. Por lo general, esta falla se determina solo después de un estudio exhaustivo, donde se revele que sobre la superficie del pavimento se extiende solo una pequeña porción de agregados. La causa son las constantes repeticiones de cargas de tránsito.

Niveles de Severidad:

No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable antes de que sea incluido en la inspección como una falla.

En la **Figura 19** se muestra un ejemplo de falla por pulimento de agregados.

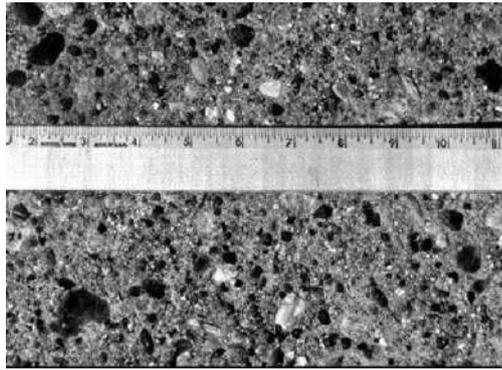


Figura 19. Pulimento de agregados. *Fuente: ASTM D6433-03.*

Medida:

El agregado pulido en una losa, se cuenta como una losa.

1. Popouts

Son diminutos desprendimientos de pavimento en la superficie del mismo. Su tamaño varía entre 25 mm y 102 mm y su espesor entre 13 mm y 51 mm. Se generan debido a la acción sucesiva de congelamiento y descongelamiento, y a la presencia de agregados expansivos o elementos extraños en el concreto, que han ido desgastándose con el paso de los vehículos.

Niveles de Severidad:

No hay grados de severidad definidos para los Popouts; sin embargo, deben ser extensivos antes de que sean considerados como falla. La densidad promedio de los Popouts debe ser aproximadamente mayor a 3 popouts/m² sobre el área de una losa completa.

En la **Figura 20** se muestra un ejemplo de este tipo de falla.



Figura 20. Popouts. *Fuente: ASTM D6433-03.*

Medida:

Se debe estimar la densidad de la falla. Si hay alguna duda de que la densidad promedio es mayor a 3 popouts/ m², entonces se debe realizar un chequeo en tres

áreas de 1 m² escogidas en forma aleatoria. La losa debe ser contabilizada cuando el promedio es mayor a dicha densidad.

m. Bombeo

Es la expulsión del material de fundación por las juntas o grietas. Se genera por la combinación de tres factores: presencia de una junta o grieta, presencia de agua en las capas inferiores del pavimento y la acción del tránsito. Debido a la deflexión de las losas por el paso de vehículos, el agua en el interior se mueve, erosionando y removiendo las partículas del suelo, y generando su expulsión a través de las grietas. Esto a su vez ocasiona pérdida de soporte, que a la larga producirá más grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por la presencia de un sellante pobre.

El bombeo se puede diagnosticar por la presencia de manchas o de material del paquete estructural del pavimento en la superficie.

Niveles de Severidad:

No hay grados de severidad definidos. Es suficiente indicar que existe bombeo. Los ejemplos se muestran en la **Figura 21**.

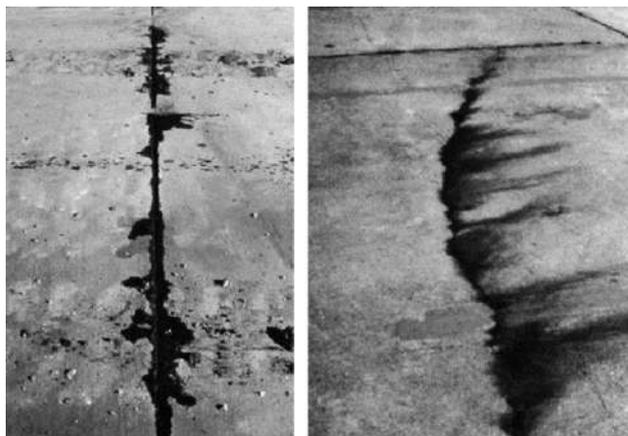


Figura 21. Manifestaciones de falla por bombeo. *Fuente: ASTM D6433-03.*

Medida:

Una junta con bombeo entre dos losas, es contabilizada como dos losas; sin embargo, si las otras juntas alrededor de la losa también presentan bombeo, una losa es adicionada por cada junta con bombeo.

n. Punzonamiento

Es una falla en un área localizada de la losa. Se evidencia porque esta área se encuentra rota en pedazos, y se ubica entre una junta y una grieta o entre dos grietas muy cercanas. La distancia entre la junta y la fisura, o dos fisuras espaciadas cercanamente es menor a 1.5 m (5 ft) de ancho. Su causa es la repetición de cargas pesadas, descuidos en la colocación del concreto, el inadecuado espesor de la losa, y pérdida de soporte en el pavimento.

Niveles de Severidad:

En la **Tabla 3** se indican los niveles de severidad para punzonamiento, y en la **Figura 22** se muestran algunos ejemplos.

Tabla 3. Niveles de severidad para Punzonamiento

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PEDAZOS		
	2 a 3	4 a 5	Mayor que 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Adaptado de ASTM D6433-03.



Figura 22. De izquierda a derecha, falla por punzonamiento, de baja, media y alta severidad respectivamente.
Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si una losa contiene más de un punzonamiento, o un punzonamiento y una fisura, ésta se cuenta como fragmentada.

o. Cruce de vía férrea

Se caracterizan por presentar depresiones o abultamientos alrededor de los rieles. No se encontró este tipo de falla en el pavimento en estudio.

p. Mapa de grietas / desconchamiento / descascaramiento/ craquelado

Es un conjunto de grietas finas que se presentan solo en la superficie de la capa de rodadura. Éstas por lo general se interceptan a 120°. Se genera por deficiencias constructivas y agregados de mala calidad.

Niveles de Severidad:

L – Cuando el mapa de fisuras o craquelado existe sobre la mayoría del área de la losa; la superficie se encuentra en buenas condiciones, con presencia de descascaramientos menores.

M – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área menor al 15% del total.

H – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área mayor al 15% del total.

Los ejemplos se muestran en la **Figura 23**.

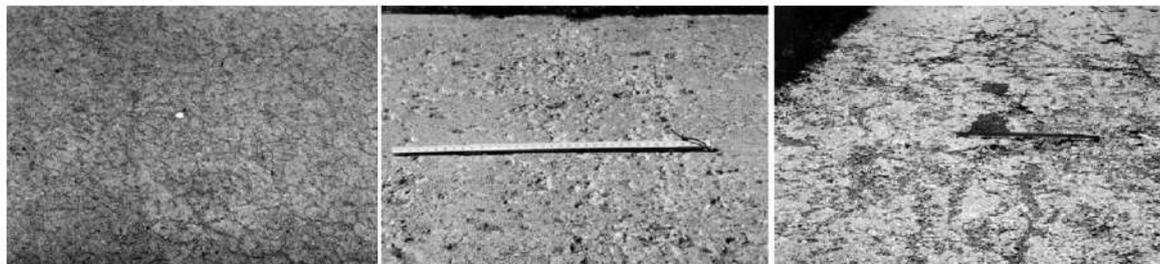


Figura 23. De izquierda a derecha, mapa de grietas de baja, media y alta severidad.
Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Una losa descascarada es contabilizada como una sola losa. Un craquelado de baja severidad sólo debe ser contabilizado si se aprecia que existe un potencial e inminente descascaramiento, o si unas cuantas pequeñas piezas se han desprendido.

q. Fisuras de contracción

Son grietas capilares que se forman durante el fraguado y curado del concreto, de poca longitud, y por lo general no atraviesan todo el espesor de la losa. Se originan durante la colocación y fraguado del concreto, y generalmente no se extienden a través de todo el espesor de la losa.

Niveles de Severidad:

No existen niveles de severidad definidos. Es suficiente indicar que existen fisuras de contracción.

En la **Figura 24** se muestra un ejemplo de este tipo de falla.



Figura 24. Fisuras de contracción. *Fuente: ASTM D6433-03.*

Medida:

Si se encuentran algunas fisuras de contracción en una losa en particular, entonces, esta es contabilizada como una losa con fisura de contracción.

r. Descascaramiento de esquina

Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente desciende hasta interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Niveles de Severidad:

La **Tabla 4** indica los niveles de severidad para descascaramientos de esquina. Los ejemplos se muestran en la **Figura 25**.

Los descascaramientos con áreas menores a 650 cm^2 (10 in^2) desde la fisura hasta la esquina por ambos lados, no deben ser contados.

Tabla 4. Niveles de severidad para los Descascaramientos de esquina.

PROFUNDIDAD DE DESCASCARAMIENTO	DIMENSIÓN DE LOS LADOS DEL DESCASCARAMIENTO	
	130x130 mm a 300x300 mm (5x5 in a 12x12 in)	300x300 mm (>12x12 in)
< 25 mm (1 in)	L	L
> 25 a 50 mm (1 a 2 in)	L	M
> 50 mm (2 in)	M	H

Adaptado de ASTM D6433-03.



Figura 25. De izquierda a derecha, descascaramiento de esquina de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si uno o más descascaramientos de esquina con el mismo nivel de severidad ocurren en una misma losa, la losa es contabilizada como una sola losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad en la losa, entonces se cuenta como una losa con el más alto nivel de severidad presente.

s. Descascaramiento de junta

Es la rotura de los bordes de la losa a los aproximadamente 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Sus causas son los esfuerzos excesivos en la junta debido a las cargas de tránsito o a la infiltración de material incompresible, y la presencia de concreto débil en la junta.

Niveles de Severidad:

Los niveles de severidad para descascaramiento de junta se muestran en la **Tabla 5**. Una junta erosionada donde el concreto ha sido removido a lo largo de toda la junta es calificada como de baja severidad.

Los ejemplos se muestran en la **Figura 26**.

Tabla 5. Niveles de severidad del Descascaramiento de Junta

PIEZAS DEL DESCASCARAMIENTO	ANCHO DEL DESCASCARAMIENTO	LONGITUD DEL DESCASCARAMIENTO	
		<0.5 m (<1.5 ft)	>0.5 m (>1.5 ft)
Apretadas: no pueden ser removidas fácilmente. Pueden haber algunas piezas perdidas.	<100 mm (4 in)	L	L
	>100 mm	L	L
Sueltas: pueden ser removidas y algunas se han desprendido. Si la mayoría o todas las piezas se salieron, el descascaramiento es superficial, menor a 25 mm (1 in).	<100 mm	L	M
	>100 mm	M	M
Perdidas: la mayoría o todas las piezas han sido removidas.	<100 mm	L	M
	>100 mm	M	H

Adaptado de ASTM D6433-03.

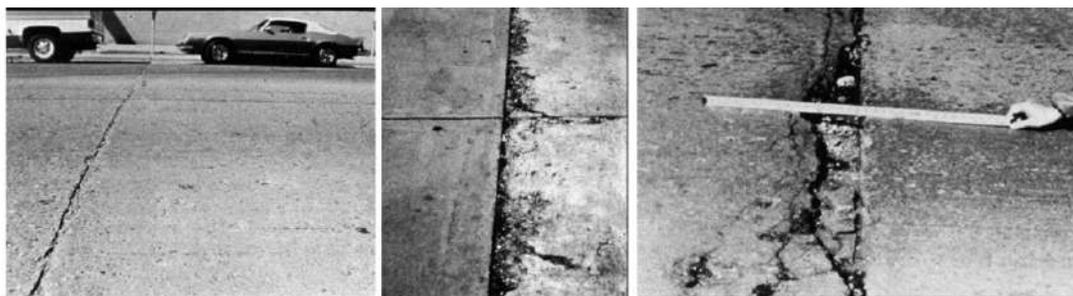


Figura 26. De izquierda a derecha, descascaramiento de junta de baja, media y alta severidad.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si el descascaramiento ocurre a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una sola losa con descascaramiento de junta. Si el descascaramiento ocurre en más de un borde en la misma losa, entonces el borde con mayor nivel de severidad se contabiliza y se registra como si fuera una sola losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza como una losa con descascaramiento de junta.

Es importante mencionar que, de acuerdo con la norma ASTM D6433-03, las fallas en los pavimentos de concreto se enumeran de la forma mostrada en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Listado de fallas en pavimentos de concreto

LISTA DE FALLAS	
21. Pandeo	31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina	32. Popouts
23. Losa dividida	33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"	34. Punzonamiento
25. Escala	35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta	36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma	37. Retracción
28. Grieta lineal	38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)	39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)	

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4

Método PCI para pavimentos de concreto

4.1. Descripción

El Índice de Condición del Pavimento es un método que permite la evaluación de pavimentos rígidos y flexibles, constituyendo un indicador objetivo de la integridad estructural del pavimento y de las condiciones de operación de la superficie. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado, hasta cien (100) para un pavimento en perfectas condiciones. La escala de graduación puede observarse en la **Figura 27**.

La evaluación del pavimento se realiza por medio de inspecciones visuales, y toma en cuenta la clase, severidad y cantidad de fallas presentes. Es un procedimiento que no requiere herramientas especializadas, y es de fácil implementación.



Figura 27. Escala de graduación del Índice de Condición del Pavimento.
Adaptado de ASTM D6433-03

Debido a que el deterioro de la estructura del pavimento depende de la clase de daño, severidad y cantidad, obtener un índice que considere estos tres factores resultaba complicado pues existía un gran número de posibles combinaciones. Es por ello que se introdujeron los “valores deducidos”, como un modelo de factor de ponderación que

podiese indicar el efecto que cada combinación de clase de falla, severidad y cantidad tiene sobre el pavimento.

Cabe mencionar que este método no pretende solucionar aspectos de seguridad, sino que fue desarrollado para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento, mantenimiento y reparación.

4.2. Antecedentes

El método del PCI fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el fin de obtener un sistema con el cual administrar el mantenimiento de los pavimentos tanto rígidos como flexibles.

Dado que el PCI constituyó un método completo y objetivo para la evaluación de los pavimentos, fue formalmente adoptado como procedimiento estándar por diferentes agencias, como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el *American Public Work Association* (APWA) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

En 1982 la *Federal Aviation Administration* (FAA), a través de su Circular AC 150/5380-6 de 03/12/1982, denominada “*Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement*”, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE.UU.

4.3. Objetivos del método

Los objetivos del método PCI son los siguientes:

- Determinar el estado de un pavimento en lo referente al nivel de servicio que ofrece al usuario, y de forma indirecta, cuantificar su integridad estructural, por medio del cálculo del índice de condición del mismo.
- Obtener un indicador objetivo que permita comparar la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación para el mismo, seleccionando la técnica más acorde a su estado.

4.4. Terminología

A continuación, se mencionarán los términos que se han utilizado en el trabajo.

- **Tramo de pavimento:** Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento que es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.
- **Sección:** es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.

- **Unidad de muestra:** es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar de 20 losas contiguas (+/-8 losas, si el número total de losas en la sección no es exactamente divisible entre 20 o para acomodar condiciones de campo específicas) para pavimentos de concreto.
- **Muestra al azar:** unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio, tales como el uso de una tabla de números al azar o procedimientos aleatorios sistemáticos.
- **Grado de la condición del pavimento:** es una descripción verbal de la condición del pavimento como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente” como se muestra en la **Figura 27**.
- **Conos de seguridad vial:** Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento.

4.5. Materiales e instrumentos

Los materiales e instrumentos que se utilizaron para la inspección en campo fueron los siguientes:

- *Escalímetro*, de 12 pulgadas (300 mm) que lea hasta 1/8 de pulgada (3 mm) o más. Adicionalmente es necesario una regla de 12 pulgadas (300 mm) para medir los desniveles en juntas de pavimentos de concreto.
- *Regla de aluminio de 50 cm* para medir los desniveles entre losas.
- *Plano de distribución*, de la red que será evaluada.
- *Conos y chalecos de seguridad*, para aislar el área en estudio y prevenir accidentes de tránsito durante las inspecciones.
- *Libreta de campo*, para realizar anotaciones relacionadas con lo observado durante la inspección.
- *Cámara*, para obtener un registro visual de las fallas y otras condiciones y elementos de la avenida en estudio.
- *Formato de registro de datos*, conteniendo fecha, ubicación, nombre del personal que realiza la inspección, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra (número de losas por unidad de muestra), además de los tipos de fallas, severidad y cantidades. Ver **Figura 28**.

4.6. Muestreo y unidades de muestra

Para llevar a cabo el muestreo, se siguió el siguiente procedimiento:

1. División del pavimento en estudio en tramos, de acuerdo a criterios como uso, diseño del pavimento y tráfico.
2. División de cada tramo en secciones, basándose en la historia de construcción (edad del pavimento) y condición del pavimento.
3. División de las secciones en unidades de muestra.
4. Identificación y señalización de las unidades de muestra, con el fin de que sean fácilmente localizables sobre la superficie del pavimento durante las inspecciones, y a la vez, que sea posible verificar las fallas existentes y hacer un seguimiento en el tiempo de las variaciones en cada unidad de muestra.
5. Elección de las unidades de muestra a ser inspeccionadas, la cual puede darse de las siguientes formas: evaluando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestra que garantice un nivel de confiabilidad del 95%, o considerando un número menor dependiendo del objetivo de la inspección.
 - 5.1. Lo ideal para una mejor estimación del estado del pavimento y del mantenimiento o reparaciones necesarias es inspeccionar todas las unidades de muestra.
 - 5.2. El mínimo número de unidades de muestra (n) a inspeccionar en una sección para obtener una confiabilidad del 95%, se calcula con la fórmula presentada a continuación, y redondeando el valor obtenido al próximo número entero mayor. Ver **Ecuación 1**.

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

Ecuación 1

Donde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección; comúnmente, e=+/- 5 puntos del PCI.

s = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección. Al realizar la inspección se asume que la desviación estándar es 15 para un pavimento de concreto. Esta suposición debe ser comprobada de la forma como se describe a continuación después de haber determinado los valores del PCI. Para subsiguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser utilizada para determinar el valor de “n”.

N = número total de unidades de muestra en la sección.

- 5.2.1. Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar

asumido. Calcular el valor actual de la desviación (es) estándar de la siguiente manera:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2}{\sqrt{n-1}}$$

Ecuación 2

Donde:

PCI_i = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas i .

PCI_s = valor PCI de la sección.

n = número total de unidades de muestra inspeccionadas.

5.2.2. Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas utilizando la desviación estándar calculada (**Ecuación 2**). Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra “ n ” obtenido en la **Ecuación 1**, usando la desviación estándar total de muestras real.

5.3. Una vez determinado el número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas, y utilizando el muestreo sistemático al azar, calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades, mediante la **Ecuación 3**, presentada a continuación, y redondeando el resultado al próximo número entero menor.

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

Ecuación 3

Donde:

N = número total de unidades de muestra en la sección.

n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta “ i ”. Las unidades de muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo “ i ” después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas.

6. Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

4.7. Procedimiento de inspección

1. Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
2. Graficar la unidad de muestra señalando la ubicación de losas.
3. Registrar el tramo, número de sección, el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional), el número de losas en la unidad de muestra y el tamaño de la losa.
4. Realizar la inspección de las fallas, caminando sobre la acera o berma de la unidad de muestra, registrando todas las fallas presentes, así como sus niveles de severidad, de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 3.
5. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

4.8. Cálculo del PCI para pavimentos de Concreto

4.8.1. Determinación del PCI de la unidad de muestra

El procedimiento seguido fue el presentado a continuación:

1. Contabilizar el número de losas en las que ocurre cada combinación particular de tipo de falla y nivel de severidad.
2. Dividir el número de losas contabilizadas en el paso 1 entre el número de losas de la unidad de muestra, y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad de cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad, expresada en porcentaje.
3. Determinar el valor deducido (DV, por sus siglas en inglés) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad, utilizando la curva correspondiente de valores deducidos que se encuentra en el Apéndice 1.
4. Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV, por sus siglas en inglés) a partir de los DVs, de la siguiente forma:
 - 5.1. Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos, el valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito en los puntos 5.2 – 5.5.
 - 5.2. Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente.
 - 5.3. Determinar el número de deducciones permisibles, m , o empleando la siguiente fórmula:

$$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) \leq 10$$

Ecuación 4

Donde:

m = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez), y

HDV = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

- 5.4. El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos m , incluyendo su parte fraccionaria. Si

contamos con un número de valores deducidos menor a m, todos los valores deducidos deben ser usados.

5.5. Determinar el máximo CDV en forma iterativa

- 5.5.1. Determinar el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales.
- 5.5.2. Determinar q como el número de valores deducidos mayores a 2.
- 5.5.3. Determinar el valor de CDV a partir del valor deducido total y del valor de q utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos de concreto, ubicadas en el Anexo 1.
- 5.5.4. Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de 4.5.1. – 4.5.3. hasta que q sea igual a 1.
- 5.5.5. El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.

6. Calcular el PCI restándole a 100 el máximo CDV: $PCI=100 - \text{máx. CDV}$.

4.8.2. Determinación del PCI de la sección

1. Si todas las unidades de muestra inspeccionadas son escogidas en forma aleatoria, entonces el PCI de la sección (PCIs) es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria (PCIr) usando la **Ecuación 5**.

$$PCI_s = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{r_i} \times A_{r_i})}{\sum_{i=1}^n A_{r_i}}$$

Ecuación 5

Donde:

PCI_r = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria,

PCI_{ri} = PCI de la unidad de muestra aleatoria i,

A_{ri} = área de la unidad de muestra aleatoria i,

N = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

2. Si hubiera unidades de muestra adicionales que han sido inspeccionadas, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales inspeccionadas (PCIa) es calculado empleando la **Ecuación 6**. El PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la **Ecuación 7**.

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}}$$

Ecuación 6

$$PCI_s = (PCI_r * \left(A - \sum_{i=1}^m A_{ai} \right) + \frac{PCI_a * (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A}$$

Ecuación 7

Donde:

PCI_a = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales,

PCI_{ai} = PCI de la unidad de muestra adicional i ,

A_{ai} = área de la unidad de muestra adicional i ,

A = área de la sección,

m = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas,

PCI_s = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

- Determinar el grado de condición de la sección en conjunto utilizando el PCI de la sección y la escala del grado de condición que se muestra en la **Figura 27**.

Capítulo 5

Aplicación del método PCI en la Av. Ramón Castilla, Chulucanas

En este capítulo, se detallará aplicación del método en el caso específico de la Av. Ramón Castilla, siguiendo los lineamientos definidos por la ASTM D6433-03, “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos”.

5.1. Consideraciones preliminares

Para la aplicación del método se escogió una longitud de 2020 metros lineales de pavimento de concreto de la Av. Ramón Castilla. El punto de inicio para el estudio es el eje de la calle Banchemo Rossi, y el punto final es la intersección de la avenida con el Jr. Circunvalación. El sentido seguido es Chulucanas - Piura. Ver **Figura 29**.

El pavimento seleccionado fue dividido en tres tramos, tomando como criterio el sentido del tráfico y cambios en el diseño de la avenida. Asimismo, cada tramo se dividió en secciones de acuerdo a la edad del pavimento.

El primer tramo, tomando el sentido Chulucanas-Piura, comienza en la Calle Banchemo Rossi y termina en la Calle Lambayeque. Corresponde a un pavimento de concreto muy antiguo, con notables daños que afectan la circulación vehicular. Debido a que en todo el tramo la edad del pavimento no varía, se consideró una sola sección para el mismo.

El segundo tramo comienza en la calle Lambayeque y termina en Jr. Circunvalación (sentido Noreste-Suroeste). Está conformado por pavimento de dos edades, por lo cual se tomaron dos secciones: La primera sección del tramo 2 (sección 2) cuenta con concreto nuevo, construido en el año 2007 durante la obra: “Ampliación y mejoramiento de la Av. Ramón Castilla entre Jr. Ica y calle Banchemo Rossi – Chulucanas”. La segunda sección del tramo 2 (sección 3) corresponde a una edad intermedia, de unos 20 años aproximadamente, de acuerdo a datos obtenidos de los pobladores de la zona. Esta sección tiene algunas zonas muy deterioradas, y algunas en mejor estado.

El tercer tramo empieza en Jr. Circunvalación y termina en la Calle Lambayeque (sentido Suroeste-Noreste). De manera similar al segundo tramo, el pavimento tiene dos edades diferentes, pero el sentido del tramo es Piura - Chulucanas, de forma que la primera sección del tramo 3 (sección 4) corresponde al concreto de aproximadamente 20 años, y la segunda sección del tramo 3 (sección 5) es la que cuenta con concreto construido en el 2007.

Al mismo tiempo, y de acuerdo a lo establecido por la norma, cada sección se subdividió en unidades de muestra.

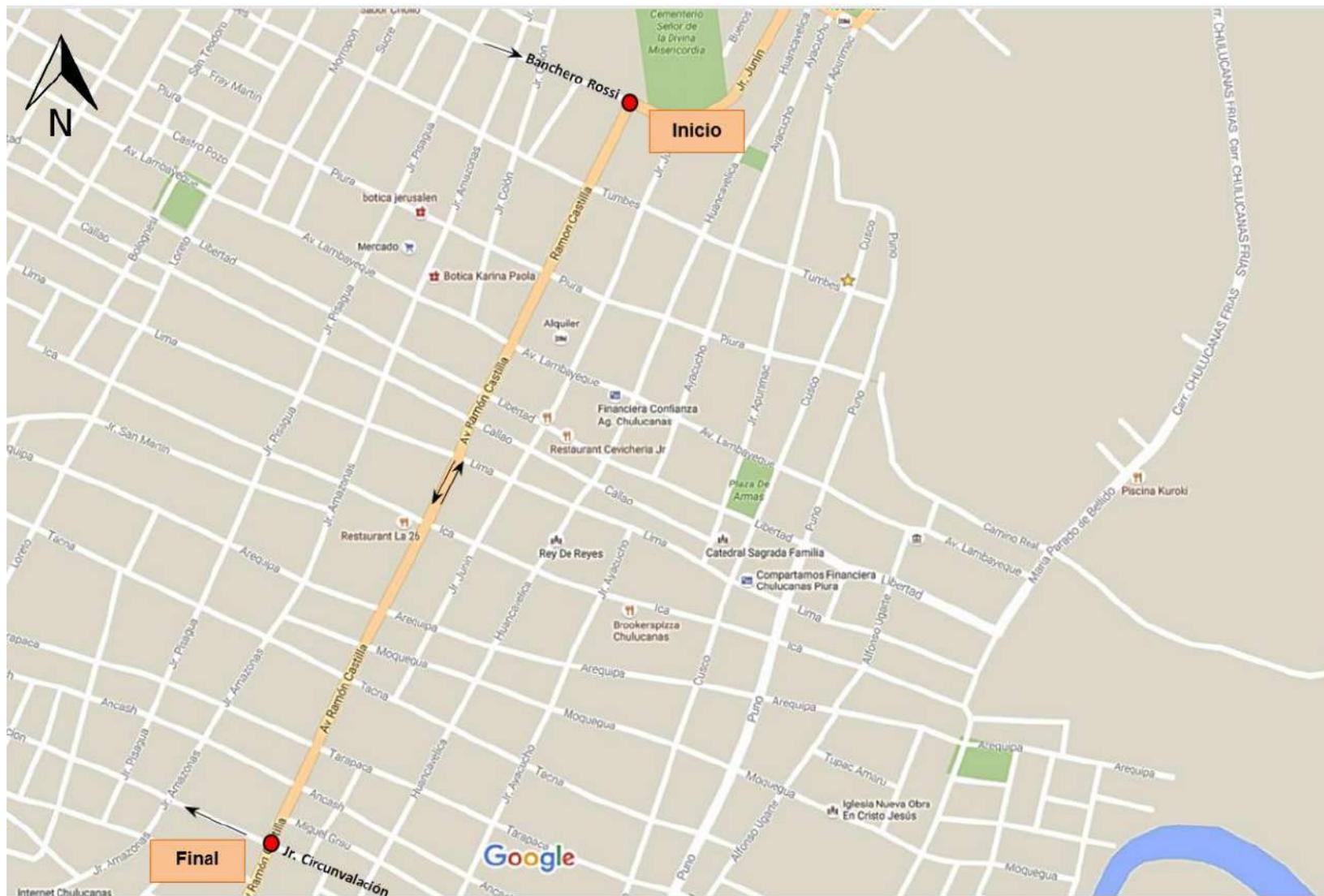


Figura 29. Mapa de Chulucanas. En rojo, puntos de inicio y fin del estudio. Adaptado de Google Maps.



Figura 30. División del pavimento en tres tramos. En azul, tramo 1; en rojo, tramo 2; en verde, tramo 3. *Adaptado de Google Earth.*

5.2. Muestreo y unidades de muestra

El muestreo se realizará de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Definición del sistema de pavimento a analizar

En este caso, el sistema estará conformado por 2020 metros lineales de pavimento de concreto de la Avenida Ramón Castilla. Dentro de ese sistema, se seleccionaron para su estudio los tres tramos descritos anteriormente:

El tramo 1, de un solo carril de doble sentido, desde la Calle Banchemo Rossi hasta la calle Lambayeque, con una longitud de 396 m. El tramo 2, que va desde la Calle Lambayeque hasta Jr. Circunvalación, y consta de 485 m de pavimento en cada sentido del tránsito (en total 970 m), y finalmente, el tramo 3, desde Jr. Circunvalación hasta la Calle Lambayeque, formado por 327 m en cada sentido del tránsito (en total 654 m). Ver **Figura 30**.

2. División de tramos en secciones.

Para esto, se consideraron criterios como edad, diseño y condición del pavimento, tomándose la edad de construcción como principal factor, la cual se encuentra, aparentemente, directamente relacionada con la condición del mismo.

De acuerdo con lo anterior, puesto que todo el pavimento presenta la misma edad y condición, en el tramo 1 no se realizó ninguna división, considerándose una sola sección en el mismo: la sección 1.

El tramo 2, correspondiente al carril en el sentido Chulucanas-Piura, sí fue dividido en dos secciones, tomando en cuenta la diferencia de edades de construcción: los primeros 490 m del pavimento, de pocos años de construcción, constituyen la sección 2, y los otros 320 m, de mayor edad, conforman la sección 3.

El tramo 3 también se dividió en dos secciones. Este tramo corresponde al carril en el sentido Piura-Chulucanas. Los primeros 320 m conforman la sección 4, y los otros 490 m constituyen la sección 5.

En la **Figura 31** se puede observar la división de cada tramo de la Av. Ramón Castilla en secciones.

A continuación, se describe con mayor detalle cada una de las secciones.

Sección 1:

Esta sección, construida con pavimento antiguo, cuenta con un carril de doble sentido, cuyo ancho está conformado por dos losas, de anchos 4.40 m y 3.70 m respectivamente. La longitud de esta sección está cubierta por 70 losas, es decir, tiene un total de 140 losas. Debido a que, según la norma, el área debe ser de 20 ± 8 losas, se optó por tomar 7 unidades de 20 losas.



Figura 31. División de los tramos del pavimento en secciones. En azul, la sección 1; en amarillo, la sección 2; en celeste, la sección 4; en rojo, la sección 4, y en verde, la sección 5.
Adaptado de Google Earth.

En la **Figura 32**, se muestra la parte final de la sección 1, en la calle Lambayeque.



Figura 32. Cambio de sección en el pavimento, de la sección 1 a las secciones 2 y 5.
Adaptado de Google Street View.

Sección 2:

Esta sección se encuentra pavimentada con concreto nuevo, de aproximadamente 10 años de edad. El tráfico se mueve en sentido Chulucanas-Piura.

En el cambio de sección 1 a 2, se observa un ensanchamiento de la vía, la cual pasa de un solo carril doble sentido a dos carriles, divididos por un separador central. Cada carril tiene de ancho 6 m (dos losas de 3 m de ancho).

Se contabilizó que el área de la sección estaba conformada por 252 losas, por lo cual se dividió en 9 unidades de muestra de 28 losas, lo cual se encuentra dentro del rango establecido por la norma. En la **Figura 33**, se muestra el cambio de la sección 2 a la sección 3 en el pavimento, en la calle Moquegua.



Figura 33. Cambios de sección en el pavimento, de la sección 2 a la 3, y de la 4 a la 5.
Adaptado de Google Street View

Sección 3:

Esta sección cuenta con pavimento de concreto de aproximadamente 20 años, de acuerdo a lo preguntado a los pobladores de la zona. El sentido del tráfico es Chulucanas-Piura. Esta sección continúa siendo de dos carriles, del mismo ancho que en la sección 2, pero con la diferencia de que ahora cada carril cuenta en su ancho con una sola losa de 6 m.

En esta sección se contabilizó un área de 60 losas, por lo que se optó por trabajar con 5 unidades de muestra de 12 losas. En la **Figura 33** se puede observar el comienzo de la sección 3, en la calle Moquegua.

Sección 4:

Esta sección cuenta con pavimento de concreto de aproximadamente 20 años. El tráfico se mueve en sentido Piura-Chulucanas. Esta sección continúa siendo de dos carriles, del mismo ancho que en la sección 3, pero con la diferencia de que cada carril tiene de ancho una losa de 6 m.

En esta sección se contabilizó un área de 60 losas, por lo que se optó por trabajar con 5 unidades de muestra de 12 losas. En la **Figura 33** se muestra la parte final de la sección 4, en la calle Moquegua.

Sección 5:

Esta última sección se encuentra pavimentada con concreto nuevo, de aproximadamente 10 años de edad. El sentido del tráfico es de Piura-Chulucanas.

En el cambio de sección 5 a 1, se observa un ensanchamiento de la vía, la cual pasa a ser de dos carriles, divididos por un separador central. Cada carril tiene de ancho 6m (dos losas de 3 m de ancho).

En esta sección se contabilizó un área de 250 losas, por lo que se optó por trabajar con 10 unidades de muestra de 25 losas. En la **Figura 33** se observa el inicio de la sección 5, en la calle Moquegua.

3. División de secciones en unidades de muestra.

Cada unidad de muestra fue marcada en el pavimento, e identificada con un código; por ejemplo, UM 4 indica que se trata de la unidad de muestra 4. Esto con el fin de facilitar una posible verificación de información en un futuro.

En total, resultaron 36 unidades de muestra por analizar. De acuerdo a la norma, es permisible trabajar con un número mínimo que permita un 95% de confiabilidad, pero al realizar el cálculo, el número mínimo no se alejaba mucho del número total de unidades de muestra, por lo que se decidió analizarlas todas. Además, el inspeccionar todas permitía obtener una mejor estimación del estado en que se encuentran.

5.3. Procedimiento de inspección

Para realizar el trabajo de campo, la cuadrilla estuvo compuesta por dos personas. Los materiales y equipos utilizados fueron:

- Regla de aluminio de 50 cm
- Wincha de 30 m y 5 m
- Escalímetro de 50 cm
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Conos de seguridad y chalecos de seguridad

Se usó la división ya explicada: Tres tramos y cinco secciones. La inspección visual se realizó de acuerdo al Manual de Daños de la norma ASTM D6433-03. A continuación, se da un ejemplo de los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas en la Av. Ramón Castilla, en la unidad de muestra 1 de la sección 1, tramo 1.

5.3.1. *Determinación del PCI de la unidad de muestra*

SECCIÓN 1

Unidad de muestra UM1

La unidad de muestra UM1 pertenece al tramo 1 de la Av. Ramón Castilla, y está conformada por 20 losas.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: pandeo, grieta de esquina, escalonamiento, deterioro del sello de junta, parcheo grande, mapa de grietas y descascaramiento de junta. Las fallas de mediana severidad encontradas fueron: grietas de esquina, losa dividida, grieta lineal, parcheo grande y mapa de

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{2}{20} * 100 = 10\%$$

Tabla 7. Hoja de registro de la unidad de muestra 1, sección 1, tramo 1.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u>		U.M.: <u>1</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>20</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
21	L	1	5	4.5
22	L	1	5	4.3
22	M	3	15	22.5
22	H	1	5	16.5
23	M	2	10	24
23	H	3	15	30
25	L	12	60	24.3
25	H	3	15	23.5
26	M	-	-	4
28	M	6	30	20
28	H	1	5	13.5
29	L	5	25	9.5
29	M	9	45	31
36	L	2	10	2.5
36	M	1	5	6
37	-	1	5	0
39	L	1	5	1

Fuente: Elaboración propia

Luego, con los valores obtenidos de densidad, se consiguieron los valores deducidos de cada combinación de falla, ingresando a las curvas correspondientes a pavimento de concreto. Por ejemplo, para la misma combinación, se ingresó a la curva de valores deducidos de la **Figura 35**, y se obtuvo, para una densidad del 10% y una combinación de tipo de falla y nivel de severidad 23M, un valor deducido DV=24. Se siguió el mismo procedimiento para calcular los valores deducidos de las demás combinaciones.

Posteriormente, se calculó el máximo valor deducido corregido (CDV). Dado que había 14 DVs mayores que dos, se siguió el procedimiento siguiente: Primero, crear una lista de ellos en orden descendente.

31, 30, 24.3, 24, 23.5, 22.5, 20, 16.5, 13.5, 9.5, 6, 4.5, 4.3, 2.5, 2, 1, 0

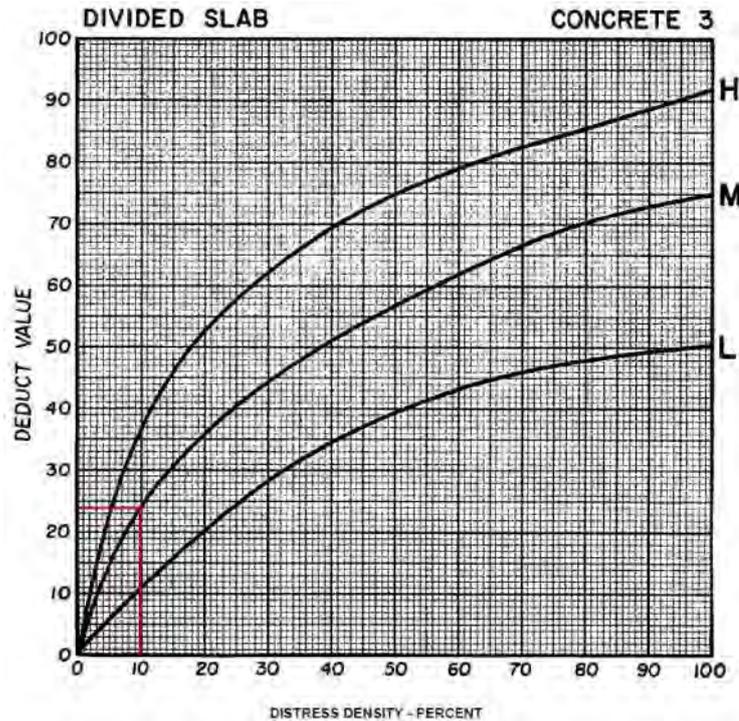


Figura 35. Curvas de valores deducidos para la falla por losas divididas.
Adaptado de Headquarters, Department of Army, 1982.

En segundo lugar, calcular el número de deducciones permisibles, m , utilizando la **Ecuación 4**. En este caso, $HDV=31$, resultando el número máximo de deducciones, $m=7.3$, como se muestra a continuación.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) (100 - 31) = 7.3$$

El número de valores deducidos individuales se redujo al máximo admisible de valores deducidos m , incluyendo su parte fraccionaria. Es decir, se tomaron los 7 mayores valores deducidos individuales más el 30% del octavo ($0.3 \cdot 16.5$).

$$31, 30, 24.3, 24, 23.5, 22.5, 20, 4.95$$

Este valor indica cuáles son las fallas que afectan más al pavimento. La falla más influyente en el deterioro de esta unidad de muestra es el parcheo grande de mediana severidad, el cual se presentó en casi la totalidad de la superficie analizada.

Las fallas que menos afectan al pavimento son las grietas de retracción, el descascaramiento de junta, el deterioro del sello de junta y el mapa de grietas ya que se encontraron en poca cantidad y el tamaño de las mismas no es significativo comparado con toda la unidad de muestra. Es por ello que el valor deducido de las mismas varía entre 0 y 3.

Se determinó el máximo CDV de forma iterativa:

- Determinar el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales:

$$31 + 30 + 24.3 + 24 + 23.5 + 22.5 + 20 + 4.95 = 180.25$$

- Determinar q como el número de valores deducidos mayores a 2. En este caso, $q=8$.

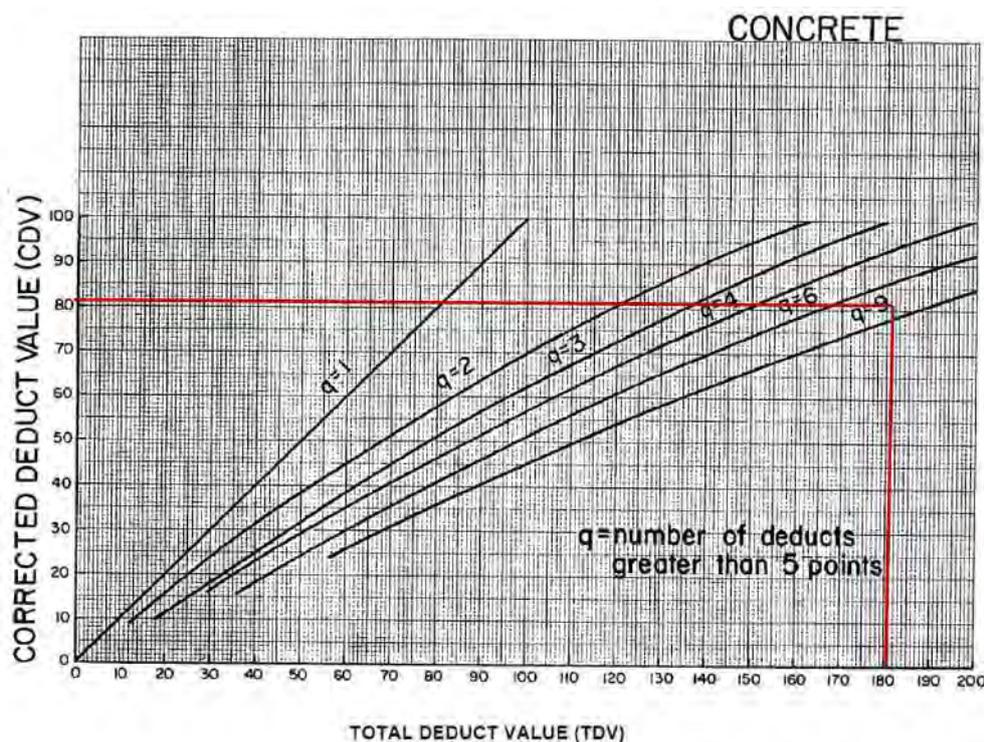


Figura 36. Curvas de corrección de valores deducidos.
Adaptado de Headquarters, Department of Army, 1982.

- Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento hasta que q sea igual a 1.
- Determinar el valor de CDV a partir del valor deducido total y el valor de q , utilizando la curva de corrección para pavimentos de concreto del Anexo 1.
- El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs. En este caso, el máximo CDV fue 81.

En la **Tabla 8** se muestra el procedimiento seguido para obtener el máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 1.

Finalmente, se realizó el cálculo del PCI de la unidad de muestra, el cual se obtuvo restandole a 100 el máximo CDV:

$$PCI=100 - 81= 19.$$

Este PCI de 19 equivale a un pavimento de muy mala condición. Para las unidades de muestra restantes, el cálculo del PCI se realizó de la misma manera.

Tabla 8. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX											
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO											
Nº	Valores Deducidos								Total	q	CDV
1	31	30	24.3	24	23.5	22.5	20	4.95	180.25	8	81
2	31	30	24.3	24	23.5	22.5	20	2	177.3	7	81
3	31	30	24.3	24	23.5	22.5	2		157.3	6	77
4	31	30	24.3	24	23.5	2			134.8	5	71
5	31	30	24.3	24	2				111.3	4	62.5
6	31	30	24.3	2					87.3	3	55.5
7	31	30	2						63	2	47
8	31	2							33	1	33

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM2

La unidad de muestra UM2 de la sección 1 está conformada por 20 losas. Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: grieta de esquina, escalonamiento, grieta lineal, parcheo grande, mapa de grietas y descascaramiento de junta. Las fallas de mediana severidad encontradas fueron: grietas de esquina, escalonamiento, parcheo grande, mapa de grietas y descascaramiento de junta. Asimismo, se observaron también grietas de esquina y escalonamiento de alta severidad. Ver **Tabla 9**.

Tabla 9. Registro de datos de la unidad de muestra 2, sección 1, tramo 1.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u> U.M.: <u>2</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> Nº Losas/U.M.: <u>20</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo		31. Pulimento de agregados		
22. Grieta de esquina		32. Popouts		
23. Losa dividida		33. Bombeo		
24. Grieta de durabilidad "D"		34. Punzonamiento		
25. Escala		35. Cruce de vía férrea		
26. Deterioro de sello de junta		36. Mapa de grietas		
27. Desnivel Carril/ Berma		37. Retracción		
28. Grieta lineal		38. Descascaramiento de esquina		
29. Parcheo (grande)		39. Descascaramiento de junta		
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	Nº Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	1	5	4.3
22	M	3	15	22.5
22	H	1	5	16.5
25	L	9	45	21
25	M	4	20	8
25	H	1	5	9.5
26	M	-	-	4
28	L	5	25	12.5
29	L	16	80	25
29	M	2	10	5
36	L	5	25	5
36	M	1	5	6
37	-	3	15	0
39	L	9	45	9
39	M	2	10	4

Fuente: Elaboración propia

La falla más influyente en el deterioro de esta unidad de muestra es el parcheo grande de baja severidad, puesto que nuevamente se presenta a lo largo de casi toda la unidad. Por otra parte, la falla que menos daño ocasiona es la fisura de retracción, ya que solo se observó en tres losas. En la **Tabla 10** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 58, con el cual se obtuvo un PCI de 42, el cual representa un pavimento de condición regular.

Tabla 10. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 2 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1	25	22.5	21	16.5	12.5	9.5	9	7.2	123.2	8	58	
2	25	22.5	21	16.5	12.5	9.5	9	2	118	7	58	
3	25	22.5	21	16.5	12.5	9.5	2		109	6	51	
4	25	22.5	21	16.5	12.5	2			99.5	5	54	
5	25	22.5	21	16.5	2				87	4	50	
6	25	22.5	21	2					70.5	3	45	
7	25	22.5	2						49.5	2	38	
8	25	2							27	1	26	

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM3

La unidad de muestra UM3 del tramo 1 está conformada por 20 losas.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: losa dividida, escalonamiento, grieta lineal, parcheo grande, mapa de grietas, descascaramiento de juntas y deterioro del sello de junta.

Las fallas de mediana severidad observadas fueron: grieta de esquina, parcheo grande y descascaramiento de junta.

No se encontraron fallas de alta severidad.

Las fallas encontradas, junto con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 11**.

La falla más influyente en esta unidad es el parcheo grande de baja severidad, presente en casi la totalidad del área, mientras que la falla que menos afecta es la grieta por retracción.

En la **Tabla 12** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 11. Registro de datos de la unidad de muestra 3, sección 1, tramo 1

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u>		U.M.: <u>3</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>20</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	M	1	5	8
23	L	1	5	5.5
25	L	4	20	6.5
26	M	-	-	4
28	L	3	15	8.5
29	L	18	90	27
29	M	2	10	5
31	-	11	55	7
36	L	3	15	3.5
37	-	2	10	0
39	L	6	30	6
39	M	1	5	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 3 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos								Total	q	CDV	
1	27	8.5	8	7	6.5	6	5.5	3.5	72	8	34	
2	27	8.5	8	7	6.5	6	5.5	2	70.5	7	34	
3	27	8.5	8	7	6.5	6	2		65	6	33	
4	27	8.5	8	7	6.5	2			59	5	33	
5	27	8.5	8	7	2				52.5	4	31	
6	27	8.5	8	2					45.5	3	29	
7	27	8.5	2						37.5	2	29.5	
8	27	2							29	1	29	

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 34, con el cual se obtuvo un PCI de 66, equivalente a un pavimento en buen estado.

Unidad de muestra UM4

La unidad de muestra UM4 del tramo 1 está conformada por 20 losas.

En esta unidad, las fallas con nivel de severidad bajo encontradas fueron: grieta de esquina, escalonamiento, grieta lineal, parcheo grande, mapa de grietas y

descascamiento de junta. Las fallas de mediana severidad observadas fueron: losa dividida, grieta lineal, parcheo grande, mapa de grietas, escalonamiento y descascamiento de junta. Asimismo, se encontró parcheos grandes de alta severidad.

Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Registro de datos de la unidad de muestra 4, sección 1, tramo 1.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u>		U.M: <u>4</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M: <u>20</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascamiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascamiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	3	15	12.5
23	M	1	5	14
25	L	12	60	24.5
25	M	1	5	20
26	M	-	-	4
28	L	3	15	18.5
28	M	7	35	22
29	L	5	25	9.5
29	M	6	30	20.5
36	L	2	10	2.5
36	M	4	20	14.5
39	L	4	20	4
39	M	3	15	6
29	H	5	25	35
31	-	4	20	3.2

Fuente: Elaboración propia

La falla que más influye en esta unidad de muestra es un parche grande de alta severidad, el cual se encuentra muy deteriorado, afectando la calidad del tránsito. Por otra parte, la falla que menos daño ocasiona es el mapa de grietas de baja severidad.

En la **Tabla 14**, se presenta la obtención del máximo valor deducido corregido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 73, con el cual se obtuvo un PCI de 27, que representa un pavimento de condición mala.

Tabla 14. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 4 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	35	24.5	22	20.5	20	18.5	13.92	154.42	7	73
2	35	24.5	22	20.5	20	18.5	2	142.5	6	71
3	35	24.5	22	20.5	20	2		124	5	66
4	35	24.5	22	20.5	2			104	4	59
5	35	24.5	22	2				83.5	3	53
6	35	24.5	2					61.5	2	46
7	35	2						37	1	37

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM5

La unidad de muestra UM5 del tramo 1 está conformada por 20 losas. Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: grieta de esquina, escalonamiento, grieta lineal, parcheo grande, mapa de grietas y descascaramiento de junta. Las fallas de mediana severidad observadas fueron: grietas de esquina, escalonamiento, grieta lineal, parcheo grande y descascaramiento de junta. Las fallas de alta severidad fueron: grietas de esquina, escalonamiento y parcheo grande. Ver **Tabla 15**.

Tabla 15. Registro de datos de la unidad de muestra 5, sección 1, tramo 1

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u> U.M: <u>5</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> N° Losas/U.M: <u>20</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	1	5	4.3
22	M	3	15	22.5
22	H	2	10	26.5
25	L	8	40	19.3
25	M	4	20	15.5
25	H	1	5	9.5
26	M	-	-	4
28	L	7	35	16
28	M	5	25	17.5
29	L	13	65	22.3
29	M	4	20	12
29	H	2	10	19
36	L	7	35	7
39	L	2	10	2
39	M	6	30	13

Fuente: Elaboración propia

La falla que genera mayor impacto en el pavimento de esta unidad de muestra es la grieta de esquina de alta severidad, la cual se encontró presente en dos losas, afectando gravemente la calidad del tránsito. La falla que menos daño ocasiona es el parcheo grande de baja severidad.

En la **Tabla 16** se presenta la obtención del máximo valor deducido corregido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 71.5, con el cual se obtuvo un PCI de 18.5, equivalente a un pavimento en muy mal estado.

Tabla 16. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 5 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX											
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO											
N°	Valores Deducidos								Total	q	CDV
1	26.5	22.5	22.3	19.3	19	17.5	16	12.4	155.5	8	71.5
2	26.5	22.5	22.3	19.3	19	17.5	16	2	145.1	7	69
3	26.5	22.5	22.3	19.3	19	17.5	2		129.1	6	65
4	26.5	22.5	22.3	19.3	19	2			111.6	5	60
5	26.5	22.5	22.3	19.3	2				92.6	4	53
6	26.5	22.5	22.3	2					73.3	3	47
7	26.5	22.5	2						51	2	39
8	26.5	2							28.5	1	28.5

Fuente: *Elaboración propia*

Unidad de muestra UM6

La unidad de muestra UM6 del tramo 1 está conformada por 20 losas.

En esta unidad, las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: escalonamiento, grieta lineal, parcheo grande y mapa de grietas.

Las fallas de mediana severidad observadas fueron: grietas de esquina, losas divididas, escalonamiento, grietas lineales, parcheos grandes y descascaramientos de juntas.

Las fallas de alta severidad encontradas fueron: losas divididas, escalonamientos, parcheos grandes y mapas de grietas.

Todas las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 17**.

La falla que más influye en el deterioro de esta unidad de muestra es la falla por losas divididas de mediana severidad, pues a pesar de que la de alta severidad daña más el pavimento, la primera se encuentra presente en un mayor número de losas. Por otra parte, la falla que menos afecta al pavimento es el mapa de grietas de baja severidad.

Tabla 17. Registro de datos de la unidad de muestra 6, sección 1, tramo 1

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u>		U.M.: <u>6</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>20</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	M	1	5	8
23	M	7	35	48
23	H	2	10	36.5
25	L	5	25	9.7
25	M	2	10	7.7
25	H	1	5	9.5
26	M	-	-	4
28	L	1	5	3
28	M	1	5	5
29	L	3	15	3.5
29	M	5	25	16
29	H	1	5	11.8
30	H	2	10	4.5
36	L	1	5	1.3
36	H	3	15	23.5
39	M	3	15	6

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 18** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 72, con el cual se obtuvo un PCI de 28, equivalente a un pavimento de mala condición.

Tabla 18. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 6 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX									
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO									
N°	Valores Deducidos						Total	q	CDV
1	48	36.5	23.5	16	11.8	7.76	143.56	6	72
2	48	36.5	23.5	16	11.8	2	137.8	5	72
3	48	36.5	23.5	16	2		126	4	70
4	48	36.5	23.5	2			110	3	67.5
5	48	36.5	2				86.5	2	62
6	48	2					50	1	50

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM7

La última unidad de muestra de la sección 1, tramo 1, la UM7, está conformada por 20 losas. Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: parcheos pequeños, escalonamiento, parcheos grandes, descascaramientos de junta. Las fallas de nivel de severidad medio fueron: escalonamiento, grietas lineales, parcheos grandes, mapas de grietas y descascaramientos de junta. Finalmente, las fallas de alta severidad observadas fueron: escalonamientos, grietas lineales, un parcheo grande, mapa de grietas y descascaramiento de junta.

Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 19**.

Tabla 19. Registro de datos de la unidad de muestra 7, sección 1, tramo 1

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>1</u>		Sección: <u>1</u>		U.M.: <u>7</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>20</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
30	L	1	5	1
25	L	4	20	6.5
25	M	3	15	11.5
25	H	1	5	9
26	M	-	-	4
28	M	2	10	8.5
28	H	1	5	13.5
29	L	2	10	1.5
29	M	5	25	16
29	H	3	15	25.5
36	M	1	5	6
36	H	8	40	41
39	L	2	10	2
39	M	3	15	6
39	H	1	5	8.5

Fuente: *Elaboración propia*

La falla que ocasiona más daños en esta unidad de muestra es el mapa de grietas de alta severidad, debido a que se presentó en una extensa parte de la superficie. La falla que influyó menos en el deterioro de la unidad fue el parcheo grande de baja severidad.

En la **Tabla 20** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 20. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 1.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	41	25.5	16	13.5	11.5	9	3.4	119.9	7	58
2	41	25.5	16	13.5	11.5	9	2	118.5	6	60
3	41	25.5	16	13.5	11.5	2		109.5	5	58
4	41	25.5	16	13.5	2			98	4	56
5	41	25.5	16	2				84.5	3	53.5
6	41	25.5	2					68.5	2	50.1
7	41	2						43	1	43

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 60, con el cual se obtuvo un PCI de 40, que corresponde a un pavimento de mala condición.

SECCIÓN 2

Unidad de muestra UM1

La unidad de muestra UM1 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas. Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: escalonamientos, grietas lineales, deterioro del sello de junta, parcheos grandes y un parche pequeño. Las fallas de mediana severidad observadas en esta unidad fueron: escalonamientos y mapas de grietas. No se registraron fallas de severidad alta. Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Registro de datos de la unidad de muestra 1, sección 2, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M.: <u>1</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>28</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina				32. Popouts	
23. Losa dividida				33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento	
25. Escala				35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción	
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
25	L	6	21.43	7.5	
25	M	5	17.86	13.5	
26	L	-	-	2	
28	L	1	3.57	2	
29	L	2	7.14	1	
30	L	1	3.57	0.5	
36	M	1	3.57	4.5	
37	-	2	7.14	0	

Fuente: Elaboración propia

La falla que tiene mayor impacto en el pavimento de la presente unidad de muestra es el escalonamiento de mediana severidad, mientras que la falla que genera menos deterioro es la grieta de retracción. En la **Tabla 22** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 22. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	13.5	7.5	4.5	2	2	1	0.5	31	3	18.5
2	13.5	7.5	2					23	2	17
3	13.5	2						15.5	1	15

Fuente: *Elaboración propia*

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 18.5, con el cual se obtuvo un PCI de 81.5, el cual corresponde a un pavimento de muy buena condición, de acuerdo a la escala de graduación del PCI presentada antes.

Unidad de muestra UM2

La unidad de muestra UM2 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas. Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: escalonamientos, grietas lineales, parcheos pequeños, mapas de grietas y descascamiento de junta. Se encontraron también parcheos grandes de mediana severidad, y falla por pulimento de agregados. Ver **Tabla 23**.

Tabla 23. Registro de datos de la unidad de muestra 1, sección 2, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u> U.M.: <u>2</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> N° Losas/U.M.: <u>28</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascamiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascamiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	10	35.71	17
26	L	-	-	2
28	L	2	7.14	4.3
29	M	2	7.14	3.3
30	L	2	7.14	0
31	-	1	3.57	0.5
36	L	4	14.29	3.3
39	L	1	3.57	1

Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede observar, la falla que más deteriora el pavimento de esta unidad de muestra es el escalonamiento de baja severidad, mientras que la que menos afecta es el parcheo pequeño de severidad baja.

En la **Tabla 24** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 24. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 2 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
Nº	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	17	4.3	3.3	3.3	2	1	0.5	31.4	4	18
2	17	4.3	3.3	2				26.6	3	15
3	17	4.3	2					23.3	2	18
4	17	2						19	1	19

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 19, con el cual se obtuvo un PCI de 91, el cual es equivalente a un pavimento de muy mala condición.

Unidad de muestra UM3

La unidad de muestra UM3 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas.

En esta unidad sólo se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: escalonamientos, grietas lineales, un parche grande, un parche pequeño, mapas de grietas, grieta de retracción y descascaramientos de juntas.

Las fallas presentes en esta unidad de muestra, junto con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 25**.

La falla que más afecta el pavimento de esta unidad de muestra es el escalonamiento de baja severidad, que a la vez es la falla más frecuente en el área, presentándose en 8 losas, es decir, en el 28.57% de esta unidad. Por otra parte, las fallas que menos daño generan en esta unidad son el parche grande de baja severidad, el parche pequeño de severidad baja y las grietas de retracción, ya que cada una se presenta en una sola losa, lo cual se traduce en un valor deducido de cero.

En la **Tabla 26** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 14, con el cual se obtuvo un PCI de 86, valor que corresponde a un pavimento de excelente condición.

Tabla 25. Registro de datos de la unidad de muestra 3, sección 2, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M.: <u>3</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>28</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados		
22. Grieta de esquina			32. Popouts		
23. Losa dividida			33. Bombeo		
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento		
25. Escala			35. Cruce de vía férrea		
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas		
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción		
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina		
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta		
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
25	L	8	28.57	12	
26	L	-	-	2	
28	L	2	7.14	4.5	
29	L	1	3.57	0	
30	L	1	3.57	0	
36	L	4	14.29	3.5	
37	-	1	3.57	0	
39	L	2	7.14	1.5	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 3 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX								
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
N°	Valores Deducidos					Total	q	CDV
1	12	4.5	3.5	2	1.5	23.5	3	14
2	12	4.5	2			18.5	2	14
3	12	2				14	1	14

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM4

La unidad de muestra UM4 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas.

En esta unidad de muestra sólo se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: escalonamientos, grietas lineales, parcheos pequeños, pulimento de agregados y deterioro del sello de junta.

Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 27**.

La falla que tiene mayor impacto en el pavimento de esta unidad de muestra es el escalonamiento de baja severidad, mientras que la falla que genera menos deterioro es el parcheo pequeño de baja severidad. En la **Tabla 28** se presenta la

obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 27. Registro de datos de la unidad de muestra 4, sección 2, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M: <u>4</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M: <u>28</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	7	25.00	9.5
26	L	-	-	2
28	L	1	3.57	2
30	L	2	7.14	0
31	L	1	3.57	0.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 4 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX							
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
N°	Valores Deducidos				Total	q	CDV
1	9.5	2	2	0.5	14	1	14

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 14, con el cual se obtuvo un PCI de 86, valor que corresponde a un pavimento en excelente condición.

Unidad de muestra UM5

La unidad de muestra UM5 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas. En esta unidad de muestra se encontraron las siguientes fallas de bajo nivel de severidad: escalonamientos, parches pequeños, deterioro del sello de juntas, una grieta de retracción y descascaramientos de juntas. Asimismo, se pudo observar escalonamientos de mediana severidad. Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 29**.

La falla que más deteriora el pavimento de esta unidad de muestra es el escalonamiento de mediana severidad, nuevamente debido a la frecuencia con

que se presenta en esta zona. Por otro lado, las fallas que menos afectan son el parcheo pequeño de severidad baja y las fisuras de retracción.

Tabla 29. Registro de datos de la unidad de muestra 5, sección 2, tramo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M.: <u>5</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>28</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	5	17.86	5.5
25	M	2	7.14	6
26	L	-	-	2
30	L	2	7.14	0
37	L	1	3.57	0
39	L	2	7.14	2

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 30** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 30. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 5 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX							
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
N°	Valores Deducidos				Total	q	CDV
1	6	5.5	2	2	15.5	2	12
2	6	2			8	1	8

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 12, con el cual se obtuvo un PCI de 88, el cual equivale a un pavimento en excelente estado.

Unidad de muestra UM6

La unidad de muestra UM6 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas. En esta unidad se encontraron las siguientes fallas de bajo nivel de severidad: escalonamientos, parches pequeños, pulimentos de agregados, mapas

de grietas, deterioro del sello de juntas, popouts, grieta lineal, parcheos grandes, y descascamientos de juntas. Asimismo, se pudo observar escalonamientos y descascamientos de juntas de mediana severidad.

Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 31**.

Tabla 31. Registro de datos de la unidad de muestra 6, sección 2, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M: <u>6</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M: <u>28</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascamiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascamiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	3	10.71	2.5
25	M	2	7.14	5.5
26	L	-	-	2
28	L	1	3.57	2
29	L	9	32.14	13
30	L	4	14.29	0
31	-	6	21.43	3.5
32	-	2	7.14	1
36	L	4	14.29	3.5
39	L	7	25.00	5
39	M	2	7.14	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 32. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 6 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1	13	5.5	5	3.5	3.5	3	2.5	2	1.98	39.98	7	12
2	13	5.5	5	3.5	3.5	3	2			35.5	6	15.5
3	13	5.5	5	3.5	3.5	2				32.5	5	15
4	13	5.5	5	3.5	2					29	4	16
5	13	5.5	5	2						25.5	3	15
6	13	5.5	2							20.5	2	16
7	13	2								15	1	15

Fuente: *Elaboración propia*

Al observar los valores deducidos obtenidos, se tiene que la falla con mayor impacto en el pavimento de la presente unidad de muestra es el parcheo grande

de baja severidad, mientras que la falla que genera menos deterioro es el parcheo pequeño de severidad baja.

En la **Tabla 32** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 16, con el cual se obtuvo un PCI de 84, que corresponde a un pavimento de muy buena condición.

Unidad de muestra UM7

La unidad de muestra UM7 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas.

En esta unidad se encontraron las siguientes fallas de bajo nivel de severidad: escalonamiento, grietas lineales, parcheos grandes, pulimento de agregados, popouts y descascaramiento de juntas. También se pudo observar fallas de mediana severidad: grietas de esquina, losas divididas y grietas lineales. Todas estas fallas, junto con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 33**.

Tabla 33. Registro de datos de la unidad de muestra 7, sección 2, tramo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M.: <u>7</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>28</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	M	2	7.14	11
23	M	3	10.71	11.5
25	L	1	3.57	1
26	L	-	-	2
28	L	4	14.29	8
28	M	2	7.14	7
29	L	13	46.43	18
31	-	11	39.29	6
32	-	1	3.57	0.5
39	L	2	7.14	1.5

Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo con los valores deducidos obtenidos, la falla que más deteriora el pavimento de esta unidad de muestra es el parcheo grande de baja severidad,

debido a que se presenta en casi la mitad del área de esta unidad. Por otra parte, las fallas que menos afectan son los popouts y el escalonamiento de baja severidad, ya que se presenta cada uno en una sola losa.

En la **Tabla 34** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI. El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 33, con el cual, se obtuvo un PCI de 67.

Tabla 34. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 7 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1	18	11.5	11	8	7	6	2	1.5	1	66	6	33
2	18	11.5	11	8	7	2				57.5	5	32
3	18	11.5	11	8	2					50.5	4	29
4	18	11.5	11	2						42.5	3	26
5	18	11.5	2							31.5	2	25
6	18	2								20	1	20

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM8

La unidad de muestra UM8 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas.

En esta unidad de muestra se encontraron las fallas de bajo nivel de severidad: grieta de esquina, losas divididas, escalonamientos, deterioro de sello de junta, grietas lineales, parcheos grandes, un parche pequeño y descascaramiento de juntas. También se encontró un parche grande de alta severidad y un parche pequeño de mediana severidad.

Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 35**.

La falla que más deteriora el pavimento de esta unidad de muestra, de acuerdo con los valores deducidos obtenidos, es el parcheo grande de baja severidad, mientras que las que menos afectan son los parcheos pequeños de baja y media severidad.

En la **Tabla 36** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 34.5, con el cual se obtuvo un PCI de 65.5, correspondiente a un pavimento en buen estado.

Tabla 35. Registro de datos de la unidad de muestra 8, sección 2, tramo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M.: <u>8</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>28</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados		
22. Grieta de esquina			32. Popouts		
23. Losa dividida			33. Bombeo		
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento		
25. Escala			35. Cruce de vía férrea		
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas		
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción		
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina		
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta		
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
22	L	3	10.71	9	
23	L	2	7.14	8	
25	L	7	25.00	9.5	
25	M	2	7.14	5.5	
26	L	-	-	2	
28	L	5	17.86	10	
29	L	14	50.00	19	
29	H	1	3.57	8	
30	L	1	3.57	0	
30	M	1	3.57	1	
39	L	2	7.14	1.5	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 8 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1	19	10	9.5	9	8	8	5.5	2	0.6	71.6	7	34.5
2	19	10	9.5	9	8	8	2			65.5	6	33
3	19	10	9.5	9	8	2				57.5	5	31
4	19	10	9.5	9	2					49.5	4	29
5	19	10	9.5	2						40.5	3	25.5
6	19	10	2							31	2	25
7	19	2								21	1	21

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM9

La unidad de muestra UM9 de la sección 2, tramo 2, está conformada por 28 losas.

En esta unidad se encontraron las fallas de bajo nivel de severidad: una grieta de esquina, una losa dividida, escalonamientos, grietas lineales, parcheos grandes y descascaramientos de juntas. Se observaron además parches grandes y una grieta lineal de mediana severidad, además de escalonamientos de alta severidad. Por último, se encontraron también grietas de retracción.

Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 37**.

Tabla 37. Registro de datos de la unidad de muestra 9, sección 2, tramo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>2</u>		U.M.: <u>9</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>28</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina				32. Popouts	
23. Losa dividida				33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento	
25. Escala				35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción	
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
22	L	1	3.57	3	
23	L	1	3.57	4	
25	L	2	7.14	1.5	
25	H	2	7.14	13	
26	L	-	-	2	
28	L	8	28.57	14	
28	M	1	3.57	3.5	
29	L	12	42.86	17	
29	M	2	7.14	3.5	
37	-	5	17.86	0	
39	L	10	35.71	7	

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 38** se presenta la obtención del máximo valor deducido corregido de esta unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 38. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 9 de la sección 2.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1	17	14	13	7	4	3.5	3.5	3	1.24	66.24	8	31
2	17	14	13	7	4	3.5	3.5	2		64	7	31
3	17	14	13	7	4	3.5	2			60.5	6	30
4	17	14	13	7	4	2				57	5	32
5	17	14	13	7	2					53	4	34
6	17	14	13	2						46	3	29
7	17	14	2							33	2	26
8	17	2								19	1	19

Fuente: Elaboración propia

Al observar la columna de valores deducidos obtenidos, se tiene que la falla que ocasiona más daños en esta unidad de muestra es el parcheo grande de baja severidad, debido a que se presentó en una extensa parte de la superficie. Por

otra parte, se observa que la falla que menos influye en el deterioro de la unidad fue la fisura por retracción, que se encuentra solo en 5 losas.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 34, con el cual se obtuvo un PCI de 66, equivalente a un pavimento de condición buena.

SECCIÓN 3

Unidad de muestra UM1

La unidad de muestra UM1 de la sección 3, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: grieta de esquina, escalonamiento, parcheo grande, descascaramiento de juntas. También se pudo observar fallas de mediana severidad: losas divididas, escalonamientos, grietas lineales, parcheo grande, descascaramiento de esquina, mapa de grietas y descascaramiento de juntas. Asimismo, se encontraron fallas de alta severidad: losas divididas y mapa de grietas. Ver **Tabla 39**.

Tabla 39. Registro de datos de la unidad de muestra 1, sección 3, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>3</u>		U.M.: <u>1</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>12</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	1	8.33	7
23	M	7	58.33	61
23	H	2	16.67	48.5
25	L	1	8.33	2
25	M	2	16.67	13
26	M	-	-	4
28	M	2	16.67	19
29	L	1	8.33	1
29	M	1	8.33	4
31	-	2	16.67	2.5
38	M	1	8.33	2
36	M	1	8.33	7
36	H	1	8.33	17
39	L	1	8.33	2
39	M	1	8.33	3

Fuente: Elaboración propia

La falla que tiene mayor impacto en el pavimento de esta unidad de muestra es la de losas divididas de mediana severidad, mientras que la falla que genera menos deterioro es el parcheo grande de baja severidad, ya que se encuentra en una sola losa.

En la **Tabla 40** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 40. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 3.

PAVEMENT CONDITION INDEX								
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
Nº	Valores Deducidos					Total	q	CDV
1	61	48.5	19	17	7.54	153.04	5	79
2	61	48.5	19	17	2	147.5	4	80
3	61	48.5	19	2		130.5	3	77.5
4	61	48.5	2			111.5	2	76
5	61	2				63	1	63

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 80, con el cual se obtuvo un PCI de 20, valor que indica un pavimento de condición muy mala.

Unidad de muestra UM2

La unidad de muestra UM2 de la sección 3, tramo 3, está conformada por 12 losas.

Al inspeccionar esta unidad de muestra, se encontraron las siguientes fallas de baja severidad: losa dividida, escalonamientos, grietas lineales, descascaramientos de esquina y descascaramiento de junta. Además, se observaron otras fallas de mediana severidad: una losa dividida, grietas lineales, mapas de grietas y descascaramientos de juntas. Finalmente, en la UM2 se encontraron también grietas de retracción y pulimento de agregados.

Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 41**.

De acuerdo con los valores deducidos obtenidos, las fallas que más deterioran el pavimento de esta unidad de muestra son las grietas lineales de mediana severidad, ya que se presentan en la mitad del área y les corresponde un valor deducido de 27, mientras que las que menos afectan son las grietas de retracción, que tienen un valor deducido de 0.

En la **Tabla 42** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, el cual fue 52. Con este se obtuvo un valor de PCI de 48, equivalente a un pavimento de condición regular.

Tabla 41. Registro de datos de la unidad de muestra 2, sección 3, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra							
Tramo:	<u>2</u>			Sección:	<u>3</u>	U.M.:	<u>2</u>
Inspección por:	<u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>			Fecha:	<u>24/03/2016</u>	N° Losas/U.M.:	<u>12</u>
Lista de Fallas							
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados			
22. Grieta de esquina				32. Popouts			
23. Losa dividida				33. Bombeo			
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento			
25. Escala				35. Cruce de vía férrea			
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas			
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción			
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina			
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta			
30. Parcheo (pequeño)							
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido			
23	L	1	8.33	9			
23	M	1	8.33	21			
25	L	4	33.33	16			
28	L	3	25.00	13			
28	M	6	50.00	27			
31	M	9	75.00	8			
36	L	5	41.67	10			
37	-	2	16.67	0			
38	L	2	16.67	2			
39	L	1	8.33	2			
39	M	2	16.67	7			
26	M	-	-	4			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 2 de la sección 3.

PAVEMENT CONDITION INDEX												
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO												
N°	Valores Deducidos								Total	q	CDV	
1	27	21	16	13	10	9	8	4.9	108.9	8	51	
2	27	21	16	13	10	9	8	2	106	7	52	
3	27	21	16	13	10	9	2		98	6	50	
4	27	21	16	13	10	2			89	5	48	
5	27	21	16	13	2				79	4	45	
6	27	21	16	2					66	3	42	
7	27	21	2						50	2	38	
8	27	2							29	1	29	

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM3

En la unidad de muestra UM3 de la sección 3, tramo 3, conformada por 12 losas, se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: losas divididas, escalonamiento, grietas lineales, parcheos grandes, mapas de grietas, descascaramientos de esquina y descascaramientos de junta. Se encontraron también las siguientes fallas de mediana severidad: escalonamiento, grietas lineales, mapas de grietas y descascaramiento de juntas.

Se pudo observar, además, una grieta lineal y descascaramiento de una junta, ambos de severidad alta. Finalmente, en la UM3 se encontraron grietas de retracción y pulimento de agregados. Ver **Tabla 43**.

Tabla 43. Registro de datos de la unidad de muestra 3, sección 3, tramo 2.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>3</u>		U.M.: <u>3</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>12</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
23	L	3	25	24
25	L	3	25	9.5
25	M	1	8.33	6.5
26	M	-	-	4
28	L	2	16.67	9
28	M	5	41.67	24
28	H	1	8.33	18
29	L	2	16.67	4
31	-	8	66.67	8
36	L	3	25.00	5
36	M	3	25.00	16.5
37	-	2	16.67	0
38	L	2	16.67	2
39	L	2	16.67	3
39	M	3	25.00	11
39	H	1	8.33	13

Fuente: *Elaboración propia*

En la **Tabla 44** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 44. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 3 de la sección 3.

PAVEMENT CONDITION INDEX											
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO											
N°	Valores Deducidos								Total	q	CDV
1	24	24	18	16.5	13	11	9.5	8.82	124.82	8	58
2	24	24	18	16.5	13	11	9.5	2	118	7	57.5
3	24	24	18	16.5	13	11	2		108.5	6	55
4	24	24	18	16.5	13	2			97.5	5	53
5	24	24	18	16.5	2				84.5	4	48
6	24	24	18	2					68	3	43.5
7	24	24	2						50	2	38
8	24	2							26	1	26

Fuente: *Elaboración propia*

Las fallas que tienen mayor impacto en el pavimento de esta unidad de muestra son las losas divididas de baja severidad, y las grietas lineales de severidad media. Por otra parte, la falla que genera menos daño en la unidad es el parcheo grande de baja severidad.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 58, con el cual se obtuvo un PCI de 42, correspondiente a un pavimento regular.

Unidad de muestra UM4

La unidad de muestra UM4 de la sección 3, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad se encontraron cuatro fallas de bajo nivel de severidad: losas divididas, escalonamientos, mapas de grietas y descascamiento de juntas. También se pudo observar losas divididas de mediana severidad, grietas lineales y mapas de grietas de mediana severidad. Finalmente, se encontró una losa dividida de severidad alta, además de una pequeña grieta de retracción. Ver **Tabla 45**.

La falla que ocasiona más daños en esta unidad de muestra es la de losas divididas de mediana severidad, mientras que la que influyó menos en el deterioro del pavimento fue la fisura por retracción.

Tabla 45. Registro de datos de la unidad de muestra 4, sección 3, tramo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>3</u> U.M: <u>4</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> N° Losas/U.M: <u>12</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascamiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascamiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
23	L	3	25	24
23	M	3	25	40.5
23	H	1	8.33	32
25	L	4	33.33	16
26	M	-	-	4
28	M	4	33.33	21
36	L	1	8.33	2
36	M	2	16.67	13
37	-	1	8.33	0
39	L	1	8.33	2

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 46** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 46. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 4 de la sección 3

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	40.5	32	24	21	16	13	1.84	148.34	6	77
2	40.5	32	24	21	16	2		135.5	5	71
3	40.5	32	24	21	2			119.5	4	67
4	40.5	32	24	2				98.5	3	61.5
5	40.5	32	2					74.5	2	54
6	40.5	2						42.5	1	42.5

Fuente: *Elaboración propia*

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 77, con el cual se obtuvo un PCI de 23, el cual indica un pavimento en muy mal estado.

Unidad de muestra UM5

La unidad de muestra UM5 de la sección 3, tramo 3, está conformada por 12 losas. Como se observa en la **Tabla 47**, en esta unidad se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: losas divididas, escalonamiento y grietas lineales.

Tabla 47. Registro de datos de la unidad de muestra 5, sección 3, tramo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>2</u>		Sección: <u>3</u>		U.M.: <u>5</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>12</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	M	1	8.33	13
23	L	3	25	24.5
23	H	3	25	57.5
25	L	1	8.33	2
26	M	-	-	4
28	L	2	16.67	9
28	M	4	33.33	15
36	M	8	66.67	26
39	M	1	8.33	3.5
39	H	1	8.33	13

Fuente: *Elaboración propia*

Asimismo, se encontró una grieta de esquina, descascaramiento de junta, grietas lineales y mapas de grietas, todos de severidad media. Finalmente, se pudieron observar tres losas divididas de alta severidad y un descascaramiento de junta, también de severidad alta.

La falla que tiene mayor impacto en el pavimento de esta unidad de muestra es la de losas divididas de alta severidad, mientras que la falla que genera menos deterioro es el escalonamiento de severidad baja. En la **Tabla 48** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 48. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 5 de la sección 3.

PAVEMENT CONDITION INDEX								
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
N°	Valores Deducidos					Total	q	CDV
1	57.5	26	24.5	15	11.7	134.7	5	71
2	57.5	26	24.5	15	2	125	4	69
3	57.5	26	24.5	2		110	3	67.5
4	57.5	26	2			85.5	2	61
5	57.5	2				59.5	1	59.5

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 71, con el cual se obtuvo un PCI de 29, valor que corresponde a un pavimento de mala condición.

SECCIÓN 4

Unidad de muestra UM1

La unidad de muestra UM1 de la sección 4, tramo 3, está conformada por 12 losas.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: escalonamientos, losa dividida, deterioro del sello de junta, mapa de grietas y parches pequeños. Las fallas de mediana severidad existentes en la unidad de muestra fueron: losas divididas, escalonamientos, grietas lineales y mapas de grietas. Finalmente, las fallas de alta severidad que se encontraron fueron losas divididas y descascaramiento de junta.

Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 49**.

Una vez obtenidos los valores deducidos, se encontró que la falla que ocasiona más daños en esta unidad de muestra es la de losas divididas de alta severidad, mientras que la que influyó menos fue el deterioro por sello de juntas.

Tabla 49. Registro de datos de la unidad de muestra 1, sección 4, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>4</u>		U.M: <u>1</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M: <u>12</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
23	L	1	8.33	9
23	M	3	25.00	40
23	H	4	33.33	64.5
25	L	2	16.67	5
26	M	-	-	4
28	M	3	25.00	17.5
29	L	5	41.67	16.5
36	L	4	33.33	7
36	M	1	8.33	8
39	H	1	8.33	13

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 50** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 50. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 4

PAVEMENT CONDITION INDEX								
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
N°	Valores Deducidos					Total	q	CDV
1	64.5	40	17.5	16.5	3.38	141.88	5	74
2	64.5	40	17.5	16.5	2	140.5	4	76
3	64.5	40	17.5	2		124	3	74.5
4	64.5	40	2			106.5	2	74
5	64.5	2				66.5	1	66.5

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 76, con el cual se obtuvo un PCI de 24, el cual corresponde a un pavimento en muy mala condición.

Unidad de muestra UM2

La unidad de muestra UM2 de la sección 4, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra se encontraron losas divididas y una grieta lineal de mediana severidad, losas divididas de alta severidad y falla por pulimento de agregados. Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 51**.

Tabla 51. Registro de datos de la unidad de muestra 2, sección 4, tramo 3

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>4</u>		U.M.: <u>2</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>12</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
23	M	5	41.67	52
23	H	6	50.00	75
26	M	-	-	4
28	M	1	8.33	8
31	-	1	8.33	1.5

Fuente: Elaboración propia

La falla con mayor impacto en el pavimento de esta unidad de muestra es la de losas divididas de alta severidad, mientras que la falla que genera menos deterioro es el pulimento de agregados.

En la **Tabla 52** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 52. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 2 de la sección 4.

PAVEMENT CONDITION INDEX							
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
N°	Valores Deducidos				Total	q	CDV
1	75	52	8	1.184	136.184	3	80
2	75	52	2		129	2	76
3	75	2			77	1	74.5

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 80, con el cual se obtuvo un PCI de 20, el cual es un valor muy bajo que corresponde a un pavimento de condición muy mala.

Unidad de muestra UM3

La unidad de muestra UM3 de la sección 4, tramo 3, está conformada por 12 losas.

Aquí se encontraron las siguientes fallas de baja severidad: losa dividida, escalonamientos, grietas lineales, parches grandes, mapas de grietas y descascaramientos de junta. Las fallas de mediana severidad fueron: losa dividida, escalonamientos, grietas lineales, parcheos grandes, mapas de grietas y descascaramientos de juntas. Asimismo, se encontró un mapa de grietas de alta severidad. Todas las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 53**.

Tabla 53. Registro de datos de la unidad de muestra 3, sección 4, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>4</u>		U.M.: <u>3</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>12</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo		31. Pulimento de agregados			
22. Grieta de esquina		32. Popouts			
23. Losa dividida		33. Bombeo			
24. Grieta de durabilidad "D"		34. Punzonamiento			
25. Escala		35. Cruce de vía férrea			
26. Deterioro de sello de junta		36. Mapa de grietas			
27. Desnivel Carril/ Berma		37. Retracción			
28. Grieta lineal		38. Descascaramiento de esquina			
29. Parcheo (grande)		39. Descascaramiento de junta			
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
23	L	1	8.33	9	
23	M	1	8.33	21	
25	L	2	16.67	4.5	
25	M	4	33.33	26	
26	M	-	-	4	
28	L	4	33.33	15.5	
28	M	4	33.33	21	
29	L	7	58.33	37	
29	M	2	16.67	9	
36	L	4	33.33	7	
36	M	4	33.33	19.5	
36	H	1	8.33	17	
39	L	2	16.67	3	
39	M	2	16.67	7	

Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo con los valores deducidos obtenidos, las fallas que más deterioran el pavimento de esta unidad de muestra son los parcheos grandes de baja severidad, pues a pesar de que también se observan parcheos grandes de mediana severidad, los primeros se encuentran presentes en 7 losas, es decir, en más de la mitad del área de esta unidad, mientras que los segundos, solo en 2. Por otro lado, las fallas

que menos afectan son los descascaramientos de juntas de severidad baja, presentes solo en dos losas.

En la **Tabla 54** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 54. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 3 de la sección 4.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
Nº	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	37	26	21	21	19.5	17	12.4	153.9	7	73
2	37	26	21	21	19.5	17	2	143.5	6	71
3	37	26	21	21	19.5	2		126.5	5	67
4	37	26	21	21	2			107	4	61
5	37	26	21	2				86	3	54.5
6	37	26	2					65	2	47
7	37	2						39	1	39

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 73, con el cual se obtuvo un PCI de 27.

Unidad de muestra UM4

La unidad de muestra UM4 de la sección 4, tramo 3, está también conformada por 12 losas.

Aquí se encontraron las siguientes fallas de baja severidad: una losa dividida, escalonamientos, grietas lineales, parches grandes y descascaramientos de junta. Las fallas de mediana severidad observadas fueron: losas divididas, escalonamientos, grietas lineales, parcheos grandes, mapas de grietas y descascaramientos de juntas. Por último, también se encontró pulimento de agregados y popouts.

Todas las fallas encontradas en la UM4, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 55**.

De los valores deducidos obtenidos, se observa que las fallas que generan mayor daño o impacto en esta unidad de muestra son las grietas lineales de mediana severidad y los escalonamientos de mediana severidad, correspondiéndoles a ambos un valor deducido de 27. Por otro lado, las fallas que menos afectan al pavimento de esta zona son los popouts, ya que se presentan solo en una losa, y, por tanto, tener un valor deducido de 1.

A partir de los valores deducidos, se halló el máximo valor deducido corregido de esta unidad de muestra. El cálculo se presenta en la **Tabla 56**, donde se puede observar que el máximo valor deducido corregido encontrado fue 71, con el cual se obtuvo un PCI de 29, indicador de un pavimento en mal estado.

Tabla 55. Registro de datos de la unidad de muestra 4, sección 4, tramo 3

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra							
Tramo:	<u>3</u>			Sección:	<u>4</u>	U.M.:	<u>4</u>
Inspección por:	<u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>			Fecha:	<u>24/03/2016</u>	N° Losas/U.M.:	<u>12</u>
Lista de Fallas							
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados			
22. Grieta de esquina				32. Popouts			
23. Losa dividida				33. Bombeo			
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento			
25. Escala				35. Cruce de vía férrea			
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas			
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción			
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina			
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta			
30. Parcheo (pequeño)							
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido			
23	L	1	8.33	9			
23	M	2	16.67	17			
25	L	4	33.33	16			
25	M	4	33.33	27			
26	M	-	-	4			
28	L	2	16.67	9			
28	M	6	50.00	27			
29	L	7	58.33	21			
29	M	3	25.00	16			
32	-	1	8.33	1			
31	-	9	75.00	1.5			
36	M	7	58.33	23			
39	L	4	33.33	6.5			
39	M	1	8.33	3			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 4 de la sección 4

PAVEMENT CONDITION INDEX											
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO											
N°	Valores Deducidos								Total	q	CDV
1	27	27	23	21	17	16	16	6.3	153.3	8	70
2	27	27	23	21	17	16	16	2	149	7	71
3	27	27	23	21	17	16	2		133	6	63
4	27	27	23	21	17	2			117	5	62.5
5	27	27	23	21	2				100	4	57.5
6	27	27	23	2					79	3	50.5
7	27	27	2						56	2	42
8	27	2							29	1	29

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM5

La unidad de muestra UM5 de la sección 4, tramo 3, está conformada por 12 losas. Aquí se encontraron las siguientes fallas de baja severidad: grieta de esquina, escalonamiento, parcheo grande y descascaramiento de junta. También

se observaron fallas de mediana severidad: losas divididas, grietas lineales, un parche grande, mapas de grietas y descascaramiento de juntas. Por último, se encontraron losas divididas de alta severidad. Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 57**.

Tabla 57. Registro de datos de la unidad de muestra 5, sección 4, tramo 3

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>4</u> U.M.: <u>5</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> N° Losas/U.M.: <u>12</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo		31. Pulimento de agregados		
22. Grieta de esquina		32. Popouts		
23. Losa dividida		33. Bombeo		
24. Grieta de durabilidad "D"		34. Punzonamiento		
25. Escala		35. Cruce de vía férrea		
26. Deterioro de sello de junta		36. Mapa de grietas		
27. Desnivel Carril/ Berma		37. Retracción		
28. Grieta lineal		38. Descascaramiento de esquina		
29. Parcheo (grande)		39. Descascaramiento de junta		
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	1	8.33	7
23	M	7	58.33	61
23	H	2	16.67	48
25	L	1	8.33	2
26	M	-	-	4
28	M	2	16.67	12
29	L	2	16.67	4.5
29	M	1	8.33	4
36	M	1	8.33	8
39	L	1	8.33	2
39	M	1	8.33	3

Fuente: Elaboración propia

Con los valores deducidos obtenidos, se pudo conocer que la falla que ocasiona el mayor daño en el pavimento de esta unidad es la de losas divididas. Esta falla se presenta en mediana y alta severidad; sin embargo, la que más afecta es la de mediana severidad, por encontrarse presente en 7 losas y afectar en buena medida el tránsito vehicular, mientras que la de alta severidad solo se observa en 2 losas.

Por otro lado, las fallas que menos afectan son el escalonamiento de baja severidad y el descascaramiento de junta de baja severidad, cada uno presente en 1 losa.

En la **Tabla 58** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, el cual fue 72. Con este valor, se calculó el PCI del pavimento, el cual resultó 28, correspondiente a un pavimento de condición mala.

Tabla 58. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 5 de la sección 4

PAVEMENT CONDITION INDEX								
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
Nº	Valores Deducidos					Total	q	CDV
1	61	48	12	8	4.2	133.2	5	70
2	61	48	12	8	2	131	4	72
3	61	48	12	2		123	3	69
4	61	48	2			111	2	76
5	61	2				63	1	63

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 5

Unidad de muestra UM1

La unidad de muestra UM1 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. Aquí se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: escalonamiento, mapas de grietas y descascaramientos de juntas. Asimismo, se pudo observar escalonamientos de alta severidad, y pulimento de agregados. Ver **Tabla 59**.

Tabla 59. Registro de datos de la unidad de muestra 1, sección 5, tramo 3

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo:	<u>3</u>		Sección:	<u>5</u>
Inspección por:	<u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		U.M.:	<u>1</u>
			Fecha:	<u>24/03/2016</u>
			Nº Losas/U.M.:	<u>25</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	Nº Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	5	20	6.5
25	H	2	8	13.5
26	L	-	-	2
36	L	11	44	8
39	L	7	28	5.5
31	-	6	24	4

Fuente: Elaboración propia

La falla que ocasiona un mayor daño en el pavimento de esta unidad de muestra es el escalonamiento de alta severidad, aunque no es un daño que afecte en gran medida a toda la unidad, sino solo a dos losas. Por otro lado, la falla que menos influye en el deterioro de esta unidad es el pulimento de agregados, el cual se presenta en seis losas.

En la **Tabla 60** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, el cual resultó 20. Con este valor, se calculó un PCI de 80, correspondiente a un pavimento de condición muy buena.

Tabla 60. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 1 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX									
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO									
N°	Valores Deducidos						Total	q	CDV
1	13.5	8	6.5	5.5	4	2	39.5	5	20
2	13.5	8	6.5	5.5	2		35.5	4	20
3	13.5	8	6.5	2			30	3	18
4	13.5	8	2				23.5	2	18
5	13.5	2					15.5	1	15.5

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM2

La unidad de muestra UM2 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra se encontraron las siguientes fallas de bajo nivel de severidad: una grieta de esquina, una losa dividida, escalonamientos, grietas lineales, parcheos grandes, mapas de grietas y descascaramientos de junta. También se encontraron grietas de retracción. Ver **Tabla 61**.

Tabla 61. Registro de datos de la unidad de muestra 2, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>2</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina				32. Popouts	
23. Losa dividida				33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento	
25. Escala				35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción	
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
22	L	1	4	3.5	
23	L	1	4	4.7	
25	L	2	8	2	
26	L	-	-	2	
28	L	8	32	15	
29	L	10	40	16	
36	L	3	12	3	
37	-	2	8	0	
39	L	7	28	5.5	

Fuente: Elaboración propia

Las fallas que generan mayor daño en esta unidad de muestra son los parcheos grandes de baja severidad y las grietas lineales de baja severidad, debido a la frecuencia con la que se presentan, mientras que los que menos afectan son las fisuras por retracción y el deterioro del sello de junta.

En la **Tabla 62** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, el cual fue 26. Con este se obtuvo un PCI de 74, que corresponde a un pavimento de muy buena condición.

Tabla 62. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 2 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX											
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO											
N°	Valores Deducidos								Total	q	CDV
1	16	15	5.5	4.7	3.5	3	2	2	51.7	6	25
2	16	15	5.5	4.7	3.5	2			46.7	5	24
3	16	15	5.5	4.7	2				43.2	4	25
4	16	15	5.5	2					38.5	3	24
5	16	15	2						33	2	26
6	16	2							18	1	18

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM3

La unidad de muestra UM3 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. Aquí se pudo encontrar escalonamientos, deterioro del sello de juntas y parcheos grandes, todos de baja severidad. Ver **Tabla 63**.

Tabla 63. Registro de datos de la unidad de muestra 3, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u> U.M.: <u>3</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> N° Losas/U.M.: <u>25</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	5	20	6.7
26	L	-	-	2
26	M	2	8	4
29	L	12	48	18.5

Fuente: Elaboración propia

La falla más frecuente en esta unidad de muestra es el parcheo grande de baja severidad, que debido a que se presenta en 12 losas, es también la falla que más afecta. Por otra parte, la falla que menos daño ocasiona es el deterioro de sello de junta de baja severidad, el cual se obtuvo de una evaluación general del pavimento de esta unidad.

En la **Tabla 64** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 64. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 3 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX							
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
N°	Valores Deducidos				Total	q	CDV
1	18.5	6.7	4	2	31.2	3	19
2	18.5	6.7	2		27.2	2	21
3	18.5	2			20.5	1	20.5

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 21, con el cual se obtuvo un PCI de 79, equivalente a un pavimento de muy buena condición.

Unidad de muestra UM4

La unidad de muestra UM4 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: grieta de esquina, escalonamiento, grietas lineales, parcheos grandes, descascaramientos de juntas. Además, se observaron grietas de esquina de alta severidad, y grietas por retracción.

Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se pueden observar en la **Tabla 65**.

La falla que más afecta esta unidad es el parcheo grande de severidad baja, mientras que la falla que no ocasiona impacto negativo en el pavimento es la fisura por retracción.

En la **Tabla 66** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 34, con el cual, de acuerdo a la escala de graduación, se obtuvo un PCI de 66, indicador de un pavimento en buen estado.

Tabla 65. Registro de datos de la unidad de muestra 4, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>4</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	H	2	8	23
22	L	1	4	3.5
25	L	1	4	1
26	L	-	-	2
28	L	3	12	7
29	L	12	48	18.5
37	-	4	16	0
39	L	6	24	4.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 4 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	23	18.5	7	4.8	3.5	2	1	59.8	5	33
2	23	18.5	7	4.8	2			55.3	4	32.5
3	23	18.5	7	2				50.5	3	32
4	23	18.5	2					43.5	2	34
5	23	2						25	1	25

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM5

La unidad de muestra UM5 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: grieta lineal, escalonamientos, deterioro del sello de junta, parches pequeños y pulimento de agregados. También se encontró un parche grande de mediana severidad.

Las fallas encontradas, con sus respectivos niveles de severidad, se muestran en la **Tabla 67**.

Tabla 67. Registro de datos de la unidad de muestra 5, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra					
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>5</u>	
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>	
Lista de Fallas					
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina				32. Popouts	
23. Losa dividida				33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento	
25. Escala				35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción	
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)					
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido	
22	L	1	4	3.5	
25	L	2	8	2	
26	L	-	-	2	
29	M	1	4	2	
30	L	2	8	0	
31	-	1	4	0.5	
39	L	2	8	2	

Fuente: Elaboración propia

En esta unidad de muestra, la falla más influyente es la grieta de esquina de baja severidad, presente en 1 losa, mientras que la falla que menos afecta es el parcheo pequeño de baja severidad, aunque debido a que ambas presentan bajos valores deducidos, se comprueba que esta unidad se encuentra en buen estado. En la **Tabla 68** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 68. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 5 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX									
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO									
N°	Valores Deducidos					Total	q	CDV	
1	3.5	2	2	2	2	0.5	12	1	12

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 12, con el cual se obtuvo un PCI de 88, correspondiente a un pavimento de excelente condición.

Unidad de muestra UM6

La unidad de muestra UM6 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra solamente se encontraron fallas de bajo nivel

de severidad: escalonamientos, deterioros del sello de juntas, mapas de grietas y pulimento de agregados, las cuales se presentan en la **Tabla 69**.

Tabla 69. Registro de datos de la unidad de muestra 6, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>6</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	4	16	4.5
26	L	-	-	2
31	-	1	4	0.5
36	L	11	44	8

Fuente: *Elaboración propia*

La falla más influyente en el deterioro de esta unidad de muestra es el escalonamiento de baja severidad, mientras que la menos influyente es la falla por pulimento de agregados. Sin embargo, en general, esta unidad no presenta grandes daños.

En la **Tabla 70** se muestra la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 70. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 6 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX							
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
N°	Valores Deducidos				Total	q	CDV
1	8	4.5	2	0.5	15	2	11
2	8	2			10	1	10

Fuente: *Elaboración propia*

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 11, con el cual se obtuvo un PCI de 89, que indica un pavimento de muy buena condición.

Unidad de muestra UM7

La unidad de muestra UM7 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad se encontraron fallas de bajo nivel de severidad: escalonamientos, deterioros del sello de juntas, una grieta lineal, mapas de grietas, descascamiento de una junta y pulimento de agregados. De mediana severidad, solamente se encontró falla por pulimento de agregados. Todas estas y sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 71**.

Tabla 71. Registro de datos de la unidad de muestra 7, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>7</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascamiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascamiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	3	12	3
26	M	-	-	4
28	L	1	4	2.5
36	L	11	44	8
39	L	1	4	1
31	-	1	4	0.5

Fuente: *Elaboración propia*

En la **Tabla 72** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 72. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 7 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX									
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO									
N°	Valores Deducidos						Total	q	CDV
1	8	4	3	2.5	1	0.5	19	4	9
2	8	4	3	2			17	3	9
3	8	4	2				14	2	10.5
4	8	2					10	1	10

Fuente: *Elaboración propia*

En esta unidad de muestra, la falla que más afecta es el deterioro del sello de junta de baja severidad, mientras que la falla menos influyente es el pulimento de agregados. Nuevamente, por los bajos valores deducidos obtenidos, se infiere que esta unidad no presenta grandes daños.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 10.5, con el cual se obtuvo un PCI de 89.5, correspondiente a un pavimento de excelente condición.

Unidad de muestra UM8

La unidad de muestra UM8 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. Se pudieron encontrar en esta unidad de muestra las siguientes fallas de nivel de severidad bajo: escalonamientos, un parche pequeño y mapas de grietas. Las fallas de mediana severidad encontradas fueron escalonamiento y deterioro del sello de junta, y, además se pudo observar pulimento de agregados y algunas grietas de retracción.

Todas las fallas encontradas y sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 73**.

Tabla 73. Registro de datos de la unidad de muestra 8, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>8</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo			31. Pulimento de agregados	
22. Grieta de esquina			32. Popouts	
23. Losa dividida			33. Bombeo	
24. Grieta de durabilidad "D"			34. Punzonamiento	
25. Escala			35. Cruce de vía férrea	
26. Deterioro de sello de junta			36. Mapa de grietas	
27. Desnivel Carril/ Berma			37. Retracción	
28. Grieta lineal			38. Descascaramiento de esquina	
29. Parcheo (grande)			39. Descascaramiento de junta	
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	L	3	12	3
25	M	1	4	3
26	M	-	-	4
30	L	1	4	0
31	-	1	4	0.5
36	L	7	28	6
37	-	1	4	0

Fuente: *Elaboración propia*

Al observar los valores deducidos obtenidos, se aprecia que la falla más influyente de esta unidad de muestra es el mapa de grietas, ya que se presentó en un mayor número de losas. Por otra parte, se tiene que los parches pequeños y las fisuras de retracción generan un daño mínimo, al corresponderles un valor deducido de 0. Sin embargo, también se observa que el valor deducido más alto

en esta unidad es 4, por lo que se podría afirmar que ésta no se encuentra muy dañada, o que su estado es bastante bueno.

En la **Tabla 74** se presenta la obtención del máximo valor deducido corregido de la unidad de muestra, el cual resultó ser 8, con el cual se obtuvo un PCI de 92. Este valor de PCI es un indicador de que el pavimento se encuentra en excelente condición.

Tabla 74. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 8 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX								
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
N°	Valores Deducidos					Total	q	CDV
1	6	4	3	3	0.5	16.5	4	7
2	6	4	3	2		15	3	8
3	6	4	2			12	2	8
4	6	2				8	1	8

Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestra UM9

La unidad de muestra UM9 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra se encontraron: escalonamientos, grieta de esquina, deterioro del sello de juntas, grietas lineales, mapas de grietas, descascamiento de juntas y pulimento de agregados, todas éstas fallas de baja severidad. Ver **Tabla 75**.

Tabla 75. Registro de datos de la unidad de muestra 9, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u> U.M: <u>9</u>		
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u> N° Losas/U.M: <u>25</u>		
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascamiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascamiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	1	4	3.5
25	L	4	16	5
26	L	-	-	2
28	L	3	12	7
31	-	3	12	2
36	L	16	64	10
39	L	1	4	1

Fuente: Elaboración propia

En esta unidad de muestra, la falla que más impacto tiene en el pavimento es el mapa de grietas, presente en un gran número de losas, mientras que las fallas que menos influyen en el deterioro son el descascamiento de junta de baja severidad, el pulimento de agregados y el deterioro de sello de junta de baja severidad. Sin embargo, nuevamente, los bajos valores deducidos obtenidos en la unidad señalan que el estado de la misma es bastante bueno.

En la **Tabla 76** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

Tabla 76. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 9 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
Nº	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	10	7	5	3.5	2	2	1	30.5	4	17
2	10	7	5	2				24	3	14
3	10	7	2					19	2	15
4	10	2						12	1	12

Fuente: Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 17, con el cual se obtuvo un PCI de 83, que señala un pavimento en muy buen estado.

Unidad de muestra UM10

La unidad de muestra UM10 de la sección 5, tramo 3, está conformada por 12 losas. En esta unidad de muestra se encontraron las siguientes fallas de bajo nivel de severidad: deterioro del sello de junta, escalonamientos, grietas lineales, mapas de grietas y descascamiento de juntas.

Las fallas encontradas con sus respectivos niveles de severidad se muestran en la **Tabla 77**.

De los valores deducidos obtenidos en esta unidad de muestra, se tiene que la falla que genera mayor daño en el pavimento de esta unidad es el escalonamiento de baja severidad, mientras que la que menos afecta es el deterioro de sello de junta de baja severidad, aunque, en general, ya que todos los valores deducidos son bajos, se infiere que la unidad no está muy dañada.

En la **Tabla 78** se presenta la obtención del máximo valor deducido de la unidad de muestra, para el posterior cálculo del PCI.

El máximo valor deducido corregido obtenido en esta unidad de muestra fue 24, con el cual se obtuvo un PCI de 76, correspondiente a un pavimento en muy buena condición.

Tabla 77. Registro de datos de la unidad de muestra 10, sección 5, tramo 3.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO Exploración de la condición por unidad de muestra				
Tramo: <u>3</u>		Sección: <u>5</u>		U.M.: <u>9</u>
Inspección por: <u>Jenny C. Sánchez Ramírez</u>		Fecha: <u>24/03/2016</u>		N° Losas/U.M.: <u>25</u>
Lista de Fallas				
21. Pandeo				31. Pulimento de agregados
22. Grieta de esquina				32. Popouts
23. Losa dividida				33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"				34. Punzonamiento
25. Escala				35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta				36. Mapa de grietas
27. Desnivel Carril/ Berma				37. Retracción
28. Grieta lineal				38. Descascaramiento de esquina
29. Parcheo (grande)				39. Descascaramiento de junta
30. Parcheo (pequeño)				
Falla	Severidad	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	1	4	3.5
25	L	4	16	5
26	L	-	-	2
28	L	3	12	7
31	-	3	12	2
36	L	16	64	10
39	L	1	4	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Cálculo del máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 10 de la sección 5.

PAVEMENT CONDITION INDEX										
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	10	7	5	3.5	2	2	1	30.5	4	17
2	10	7	5	2				24	3	14
3	10	7	2					19	2	15
4	10	2						12	1	12

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Determinación del PCI de la sección

Debido a que se decidió inspeccionar todas las unidades de muestra de todas las secciones, el PCI de la sección (PCIs) se calculó como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria (PCIr) usando la **Ecuación 8**.

$$PCI_s = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{r_i} \times A_{r_i})}{\sum_{i=1}^n A_{r_i}}$$

Ecuación 8

Donde:

PCI_r = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria,

PCI_{ri} = PCI de la unidad de muestra aleatoria i ,

A_{ri} = área de la unidad de muestra aleatoria i ,

N = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas

Capítulo 6

Resultados obtenidos y propuestas de mejora para el pavimento

6.1. Índices de condición del pavimento obtenidos

En el presente apartado, se muestran los resultados alcanzados a partir del cálculo del índice de condición de pavimento de cada tramo, sección y unidad de muestra analizada, con el fin de obtener un índice global del estado de la Av. Ramón Castilla. Los resultados obtenidos se resumen en la **Tabla 79**, y se ilustran en la **Figura 37**.

6.1.1. Resultados del tramo 1

El tramo 1 coincide con la sección 1, la cual fue dividida en 7 unidades de muestra, cada una de 20 losas.

El PCI obtenido en la sección 1, y por lo tanto también en el tramo 1, fue 34.4, correspondiente a un pavimento en mal estado. Este resultado puede deberse a que el pavimento de este tramo tiene varias décadas de servicio desde su construcción, por lo que ha sufrido el tránsito constante de vehículos de diferentes categorías. Asimismo, la cercanía de este tramo con el mercado del distrito atrae a cientos de personas diariamente, lo cual también contribuye con el deterioro de esta zona.

6.1.2. Resultados del tramo 2

El tramo 2 ocupa la vía de sentido Chulucanas-Piura. Este tramo fue dividido en las secciones 2 y 3, tomando como criterio el cambio en el diseño del pavimento. El carril correspondiente a la sección 2 está diseñado con dos losas de 3m de ancho, mientras que la sección 3 presenta una sola losa de 6m a lo ancho del carril. La sección 2 se dividió a su vez en 9 unidades de muestra de 28 losas y la sección 3 en 5 unidades de muestra de 12 losas.

El PCI de la sección 2 fue 78.3, el cual indica que es un pavimento en muy buen estado, mientras que el PCI de la sección 3 fue 32.4, correspondiente a un pavimento malo. Como se puede notar, existe una gran diferencia entre estos dos valores, y esto se debe a que cada sección cuenta con un diseño distinto y a que la sección 3 fue construida aproximadamente una década antes que la sección 2, teniendo más años de uso y desgaste.

El PCI del tramo 2 se calculó como un promedio de los valores de PCI de las secciones que lo componen, resultando para este caso, un PCI de 55.9, el cual corresponde a un pavimento en buen estado. Sin embargo, cabe mencionar que existe gran variabilidad en el diseño de las secciones que conforman este tramo, con lo cual el PCI debe ser interpretado sección por sección.

6.1.3. Resultados del tramo 3

El tramo 3 ocupa la vía de sentido opuesto al del tramo 2, es decir, Piura-Chulucanas. Este tramo, al igual que el tramo 2, fue dividido en dos secciones, debido al mismo cambio en el diseño del pavimento; estas secciones son la 4 y la 5. La sección 4 corresponde a un carril constituido en su ancho por una sola losa de 6 m, mientras que la sección 5 es un carril formado por dos losas de 3 m de ancho. La sección 4 se dividió a su vez en 5 unidades de muestra de 24 losas, y la sección 5 en 10 unidades de muestra de 12 losas.

El PCI obtenido en la sección 4 fue 24.8, equivalente a un pavimento en muy mala condición, mientras que el PCI calculado para la sección 5 fue 81.7, el cual indica un pavimento en muy buen estado.

El PCI de este tercer tramo también fue calculado como un promedio de los valores de PCI de las secciones que lo componen, es decir, de las secciones 4 y 5, resultando para este caso, un PCI de 53.7, correspondiente a un pavimento en estado regular. Similar a lo ocurrido en el tramo 2, cabe mencionar que existe gran variabilidad en el diseño de las secciones que conforman este tramo, con lo cual el PCI debe ser interpretado sección por sección.

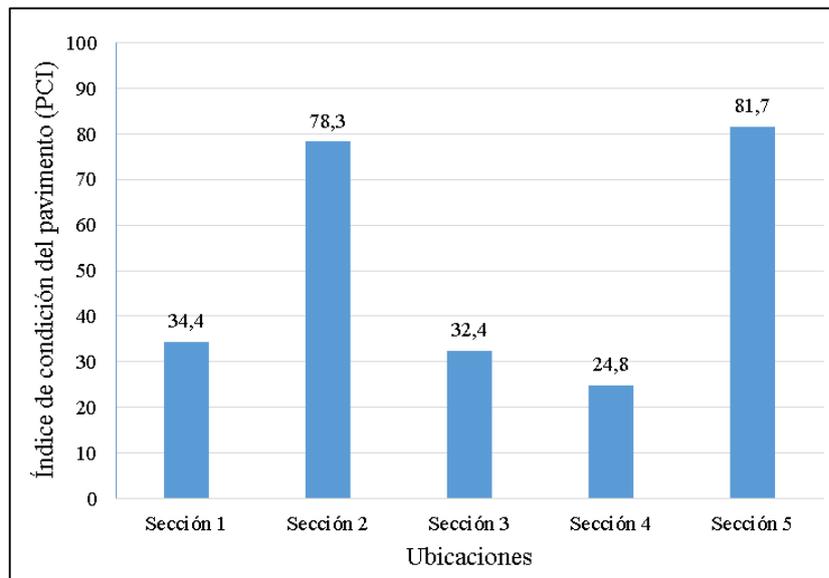


Figura 37. Índices de condición de pavimento de las diferentes secciones evaluadas en la Av. Ramón Castilla. Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 79. Resumen de los resultados del cálculo del PCI en la Av. Ramón Castilla.

Sección	Unidad de muestra	PCI u.m.	Graduación	PCI sección	Graduación
SECCIÓN 1	UM1	19	Muy malo	34,4	Malo
	UM2	42	Regular		
	UM3	66	Bueno		
	UM4	27	Malo		
	UM5	18,5	Muy malo		
	UM6	28	Malo		
	UM7	40	Malo		
SECCIÓN 2	UM1	81,5	Muy bueno	78,3	Muy bueno
	UM2	81	Excelente		
	UM3	86	Excelente		
	UM4	86	Excelente		
	UM5	88	Excelente		
	UM6	84	Muy bueno		
	UM7	67	Bueno		
	UM8	65,5	Bueno		
	UM9	66	Bueno		
SECCIÓN 3	UM1	20	Muy malo	32,4	Malo
	UM2	48	Regular		
	UM3	42	Regular		
	UM4	23	Muy malo		
	UM5	29	Malo		
SECCIÓN 4	UM1	24	Muy malo	24,8	Muy malo
	UM2	20	Muy malo		
	UM3	27	Malo		
	UM4	29	Malo		
	UM5	24	Malo		
SECCIÓN 5	UM1	80	Muy bueno	81,7	Muy bueno
	UM2	74	Muy bueno		
	UM3	79	Muy bueno		
	UM4	66	Bueno		
	UM5	88	Excelente		
	UM6	89	Excelente		
	UM7	89,5	Excelente		
	UM8	92	Excelente		
	UM9	83	Muy bueno		
	UM10	76	Muy bueno		

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Interpretación de resultados

De la evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, teniendo en cuenta los PCI de las unidades de muestra, se obtuvo que el 28% del pavimento seleccionado se encuentra en excelente condición, con un PCI de 86 a 100; el 24% en condición muy buena, con PCI de 71 a 85; el 17% en condición buena, con valores de PCI de 56 a 70, y el 6% en condición regular, con PCI de 41 a 55. Asimismo, se encontró que el 14% del pavimento se encuentra en mal estado, con PCI de 26 a 40, y el 11% en muy mal estado, con PCI de 11 a 25. Estos resultados pueden observarse en la **Figura 38**.

Teniendo en cuenta la información mostrada en la **Tabla 79** y en la **Figura 37**, se sabe que tres secciones presentaron las peores condiciones: la sección 1, con PCI de 34.4 (malo), la sección 3, con un valor de PCI de 32.4 (malo), y la sección 4, con PCI equivalente a 24.8 (muy malo).

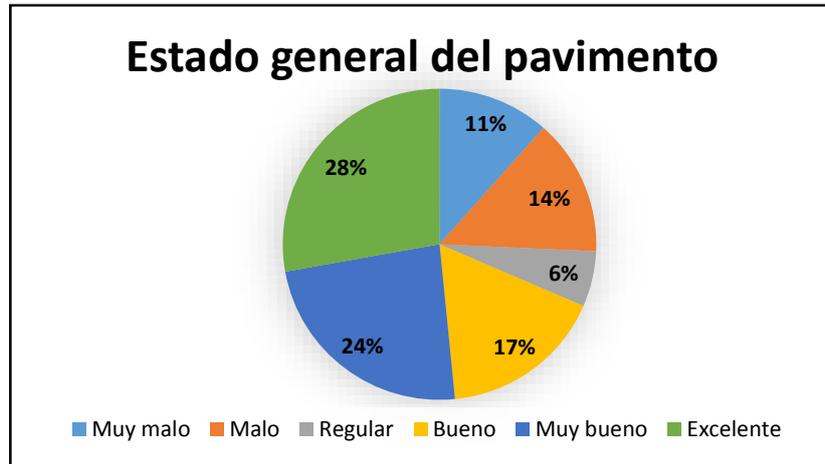


Figura 38. Estado general del pavimento de la Av. Ramón Castilla. *Fuente: Elaboración propia.*

Debido a que el pavimento de la sección 1 era el de mayor antigüedad, se esperaba obtener ahí un valor de PCI menor que en las secciones 3 y 4. No obstante, esto no ocurrió, debido a que, en los últimos años, y con la construcción de las secciones 2 y 5, el flujo vehicular del pavimento sufrió una variación significativa en un determinado punto de la avenida: a partir de la calle Tacna, que es donde comienzan los circuitos viales de la ciudad, dejan de circular vehículos pesados y se aprecia, en general, una disminución considerable del flujo de tránsito. Esto puede observarse en la **Figura 39**.



Figura 39. Cambio en el flujo vehicular: los vehículos pesados cruzan de la Av. Ramón Castilla hacia la Calle Tacna.

Asimismo, se esperaba que las secciones 1, 3 y 4 presenten condiciones malas o muy malas debido al tiempo de servicio que tienen, mayor a 20 años, y a las cargas de tránsito, generalmente pesado, que han experimentado. También es importante recordar que Chulucanas es una zona donde suelen presentarse precipitaciones, y que estas secciones han atravesado además periodos extraordinarios de lluvia ocasionados por el Fenómeno El Niño de los años 1982 y 1983. Este es un factor de gran influencia en el deterioro del pavimento de concreto, ya que el agua puede ingresar por las juntas y grietas hacia la subbase y subrasante, lavando los finos y ocasionando pérdida de soporte.

Por otra parte, las secciones en mejor estado son las 2 y 5, con valores de PCI de 78.3 y 81.7 respectivamente, ambos correspondientes a pavimento en muy buena condición. Esto resulta coherente, dado que se trata de un pavimento construido hace menos de una década, con relativamente poco tiempo de servicio y, además, el tráfico existente en la zona corresponde en su mayoría a tránsito ligero, por lo que no ha sufrido mayor deterioro.

Algunas de las fallas que aparecen con bastante frecuencia a lo largo del pavimento de la Av. Ramón Castilla son las grietas lineales, losas divididas, escalonamientos y parches. En las secciones 3 y 4, se pudo observar una grieta lineal continua a lo largo de todas las unidades de muestra. Esto se debe a que el ancho del carril no tiene junta longitudinal, sino que está compuesto por una sola losa, la cual, al tener una luz muy amplia, tiende a fisurarse por la parte central, ya que ahí es donde se da la mayor deflexión por cargas de tránsito. Ver **Figura 40**.



Figura 40. Grieta lineal a lo largo de la sección 3.

Por otra parte, en la sección 1, las fallas que aparecen con mayor frecuencia son los parches grandes de mediana y baja severidad, los escalonamientos y las grietas de esquina. Estas fallas tienen menor impacto en el pavimento según el método PCI, por lo cual, a pesar de que esta sección sea más antigua, en realidad su comportamiento frente al tránsito es ligeramente mejor que en las secciones 3 y 4.

En las secciones 2, 3, 4 y 5, se puede notar la presencia de un parche adyacente a la vereda, realizado para cambiar una tubería del servicio público de agua. Dado que el área del parche en cada losa es mayor a 0.5m^2 , se clasifica como parche grande. Este, además de ser una falla de gran influencia, ha ocasionado diversos daños en las unidades, ya que en sus bordes se aprecian otras fallas como deterioro de juntas, grietas de esquina, etc.

Un factor externo que influye en el deterioro del pavimento es la presencia de vegetación, ya que, por ejemplo, las raíces de algunos árboles pueden levantar las losas, favoreciendo el agrietamiento de las mismas u ocasionando la aparición de losas divididas o grietas de esquina, como se dio en la sección 4.



Figura 41. Influencia del crecimiento de la raíz de un árbol en dos losas de la sección 4.

En general, en el pavimento seleccionado de la Av. Ramón Castilla, se puede observar que la falla más frecuente es el escalonamiento de baja severidad. Asimismo, la falla que más afecta al pavimento es la de losas divididas de mediana severidad. La frecuencia, o número de veces que aparece una falla, se ve representada por la densidad, mientras que el impacto o daño ocasionado en el pavimento se refleja en el valor deducido: a mayor valor deducido, mayor impacto en el pavimento. Con este resultado se deduce que, aunque una falla aparezca con frecuencia no significa que será la más dañina para el pavimento, sino que debe analizarse qué tipo de falla es (estructural o funcional) y el nivel de severidad con el que cuenta para determinar su influencia en el pavimento.

Se sabe que, en la actualidad, la gestión de pavimentos se enfoca más en la construcción de nuevas carreteras y deja de lado el mantenimiento preventivo. Si llegara a realizarse algún tratamiento, éste solucionaría fallas funcionales relacionadas con las quejas de los usuarios, mas no basadas en datos reales del desempeño de la carretera. Lo usual, sin embargo, es dejar que el pavimento continúe en uso hasta quedar inservible. Si se implementara un plan de conservación bien estructurado, se optimizarían mejor los fondos destinados a las vías, pues se conoce que resulta más económico a largo plazo realizar labores de mantenimiento que de reconstrucción de un pavimento.

6.3. Métodos de reparación de pavimentos de concreto

Los métodos de reparación son procedimientos que deben llevarse a cabo para que un pavimento de concreto, ya construido, continúe operativo y brindando al usuario los requisitos de seguridad y comodidad necesarios.

Para determinar el método adecuado de reparación de un pavimento, es necesario conocer las fallas que presenta el mismo y su clasificación en función de tipo, severidad y cantidad. Con esa información, pueden calcularse valores de PCI que indiquen el estado de cada unidad de muestra, y los principales mecanismos que originan el deterioro en las mismas. Asimismo, conociendo los procesos constructivos ya definidos para cada tipo de falla, es posible elaborar un plan de mantenimiento y reparación para la Av. Ramón Castilla. Estos procesos de reparación se detallan en el siguiente apartado.

6.3.1. Descripción de los métodos de reparación del pavimento de concreto

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) en su Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, existen los siguientes métodos de reparación y/o mantenimiento para los pavimentos de concreto:

a. Sellado de juntas y grietas:

Luego de reconocer las losas con problemas de grietas o juntas dañadas, se recomienda seguir el procedimiento de trabajo presentado a continuación.

En primer lugar, se debe hacer una limpieza para retirar los restos de sello antiguo. Para ello deben utilizarse herramientas manuales o equipos que no piquen o dañen el concreto, y evitar el uso de solventes. Una vez removido este sello, se procede a pasar una escobilla de acero para retirar cualquier material extraño o suelto que haya quedado. Por último, debe realizarse un soplido con aire comprimido que termine de eliminar el polvo y los últimos vestigios de material contaminante.

Seguidamente, en los casos en que se especifica, debe realizarse un proceso de imprimación, procurando generar una buena adherencia entre el sellante y las paredes de las juntas o grietas.

A continuación, se procede a sellar las juntas y grietas, para lo cual, debe verificarse primero si las juntas poseen una caja en su parte superior. Si esto no ocurriera, debe conformarse una. Las medidas dependerán del tipo de sellante y del respaldo a emplear. El cordón o lámina que se usa como respaldo debe quedar bien ajustado y perfectamente alineado, sin pliegues o curvaturas. Finalmente, se sellan las juntas con productos especificados y a las profundidades señaladas por el especialista, utilizando equipos que garanticen un vaciado continuo y uniforme y eviten manchar zonas del pavimento fuera de la grieta o junta.

Este método de reparación de fallas se utiliza para:

- Deterioros de sellos de junta
- Descascamientos de juntas de baja severidad
- Grietas de esquina de baja severidad
- Grietas lineales de baja y media severidad

b. Reparación del espesor total

Lo que se busca con este método es reemplazar una parte dañada del pavimento de concreto. La parte reemplazada debe tener el ancho de la pista y 50 cm como mínimo de longitud. Para que esta operación tenga éxito deben cumplirse dos condiciones: si el área a reemplazar se encuentra delimitada por una o más juntas de contracción, debe asegurarse una adecuada transferencia de cargas. Para los demás casos, la prioridad será generar una unión monolítica entre el concreto antiguo y el de reemplazo.

El proceso a seguir se explica a continuación:

En primer lugar, debe señalarse con claridad el área por remover y aislarla del pavimento adyacente. A continuación, realizar dos cortes con sierra en sentido transversal hasta una profundidad de aproximadamente $\frac{1}{4}$ del

espesor de la losa y 15 cm más afuera de la línea que delimita la zona; luego se cortará por las líneas interiores en todo su espesor. Posteriormente, retirar la región del pavimento por reemplazar, de preferencia levantándola en vez de demolerla.

Antes de vaciar el nuevo concreto se debe verificar que la subbase se encuentre en buen estado; de lo contrario, ésta debe ser reparada. Asimismo, las caras de las losas antiguas adyacentes deben escarificarse hasta lograr una superficie rugosa y dispereja. Además, deben realizarse perforaciones horizontales de 12 mm de diámetro y 300 mm de longitud donde se empotrarán los elementos de transmisión de cargas, que asegurarán un buen amarre entre el concreto antiguo y el nuevo.

Finalmente, se debe vaciar el concreto especificado para el pavimento, teniendo cuidado en la colocación, vibrado, acabado y curado.

Este procedimiento se utiliza para solucionar problemas como:

- Grieta de esquina de severidad media y alta
- Grietas lineales de alta severidad
- Pandeo
- Losas divididas
- Punzonamiento
- Grieta de durabilidad de alta severidad

c. Reparación espesor parcial

Esta operación se realiza para reparar fallas en juntas y grietas, que afectan solo la parte superior del concreto, pero que contribuyen al deterioro general del pavimento. Se seguirá en proceso descrito a continuación.

En primer lugar, debe removerse el área deteriorada, la cual se identifica antes auscultando el concreto con un martillo o barra de acero: si suena compacto, significa que el concreto se encuentra en buen estado, mientras que, si el sonido es hueco, el concreto está dañado y debe cambiarse. La profundidad a la que se debe llegar es 8 a 10 cm. Las herramientas a utilizar deben ser livianas, para evitar dañar el resto del concreto, y se debe tener en cuenta que la zona removida debe quedar con una superficie irregular y rugosa.

Antes de colocar el concreto, debe prepararse el área de contacto para lograr una buena unión entre el pavimento antiguo y el nuevo, y para evitar la infiltración de agua. Asimismo, durante la colocación, debe calcularse la cantidad necesaria de concreto para que quede el parche quede al mismo nivel que el resto del pavimento, teniendo cuidado con el vibrado y acabado, pues debe mimetizarse con el resto del pavimento. Finalmente, debe curarse el concreto y sellarse las juntas.

Este método de reparación se utiliza en las siguientes fallas:

- Descascaramiento de juntas de media y alta severidad
- Grietas de retracción
- Mapa de grietas
- Grietas de durabilidad de baja y media severidad

d. Instalación de drenes

Este método de reparación consiste en la colocación de drenes longitudinales al borde del pavimento de concreto, para evacuar con rapidez el agua que llega a la subbase producto del afloramiento de napas subterráneas, y evitar así un colapso de las losas de pavimento. Usualmente, se utilizan como materiales de drenaje: geotextiles que cumplan con la norma AASHTO M 288, material permeable (gravas naturales limpias) y tuberías de PVC de pared lisa, que cumplan con las normas pertinentes en cuanto a su fabricación.

Si la carretera tiene doble bombeo, los drenes deben colocarse a ambos lados del pavimento; no obstante, si la pista tuviese peralte en un solo sentido, debe colocarse un dren en el borde del lado más bajo.

Este procedimiento se utiliza para mejorar problemas de escalonamiento y falla por bombeo.

e. Cepillado

El objetivo de este método es reducir las irregularidades de la superficie del pavimento, con lo cual, aunque no aumenta la capacidad estructural del mismo, sí mejora la serviciabilidad y alarga su vida útil. Este procedimiento se realiza empleando maquinaria especializada que deja en el pavimento una textura acanalada. De este modo, se eliminan las asperezas de las losas, los escalonamientos y el desgaste ocasionado por los neumáticos, mejorando así el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Esta operación debe ejecutarse después de todas las actividades de reparación del pavimento, pero antes del sellado de juntas y grietas.

El método de cepillado permite mejorar las siguientes fallas:

- Escalonamiento de baja y media severidad
- Pulimento de agregados
- Asimismo, aumenta la fricción entre neumáticos y pavimento.

f. Nivelación de losas

Consiste en el bombeo de mortero bajo una losa asentada, a suficiente presión para levantarla hasta el nivel adecuado del pavimento.

El procedimiento de trabajo incluye la perforación de la losa para poder inyectar el mortero, y la nivelación en sí; se utiliza para:

- Fallas por escalonamiento de alta severidad
- Fallas por bombeo (donde aún está iniciando el asentamiento).

g. Nivelación de bermas

Esta operación se realiza para reparar bermas que se encuentren desniveladas respecto del borde del pavimento, que estén deformadas, o cuya geometría no se ajusta un plano liso con pendiente uniforme, con el fin de mejorar la estabilidad de los vehículos que deben abandonar la carretera.

Los materiales a usar deben ajustarse a lo prescrito en las especificaciones de construcción. Dado que existen bermas no revestidas y revestidas con asfalto, el procedimiento de trabajo varía, en cuanto a que, en las segundas, debe incluirse, además de la preparación de la superficie a tratar y la reconstrucción de la base, la imprimación y las actividades para revestirla o pavimentarla con asfalto.

Esta operación permite solucionar problemas de desnivel carril-berma.

h. Colocación de barras de transferencia de carga

Este método de reparación se utiliza para resanar aquellas grietas que aparecen de forma continua producto de una deficiente transferencia de carga en el pavimento de concreto. Se seguirá en proceso descrito a continuación.

Primero, se deben preparar las barras de acero, indicadas por el especialista en los planos constructivos, lijándolas en toda su extensión de modo que queden libre de óxido y limpiándolas con un trapo para retirar cualquier partícula extraña remanente.

Seguidamente se debe aplicar una membrana antioxidante, de modo que proteja al material de la corrosión y una membrana anti-adhesiva, que evite el contacto con materiales extraños que no le permitan desempeñar adecuadamente su función.

Posteriormente, se marcará en el pavimento una plantilla que señale la ubicación de las ranuras donde se colocarán las barras de transferencia de carga y se realizará la demolición respectiva, de acuerdo a las medidas señaladas por el especialista, con un martillo neumático. Luego de este proceso, se retirarán los escombros, se hará una limpieza con agua a presión y un soplido con aire comprimido para retirar cualquier partícula de polvo o agente extraño de las ranuras.

A continuación, se debe colocar un sello de silicona en la parte inferior donde estará colocada la barra. Se deben colocar unos soportes que mantengan la barra de transferencia horizontal y alineada y colocar un puente de adherencia en las paredes rugosas del concreto preexistente.

Finalmente, se debe vaciar el mortero especificado verificando su adecuada colocación, vibrado y curado.

Este procedimiento se utiliza para:

- Fisuras y grietas lineales debidas a la deficiente transferencia de carga en la losa.

i. Reemplazo de losas de concreto

Esta operación permite reemplazar completamente las losas muy deterioradas por nuevas losas, cambiando incluso la subrasante y subbase, si fuera necesario. El proceso constructivo es el siguiente.

Primero, se deben delimitar las losas dañadas, para luego demolerlas utilizando maquinarias y equipos apropiados que no comprometan las losas adyacentes en buen estado.

Seguidamente, se debe evaluar el estado de la fundación de las losas. En caso se verifique que estas no son adecuadas, se deben remover los materiales y utilizar materiales nuevos, humedeciéndolos y compactándolos según indiquen los planos y especificaciones emitidos por el especialista. Una vez se hayan hecho los ensayos correspondientes y se compruebe que tanto la subrasante como la subbase son apropiadas, se debe extender una membrana impermeable a fin de evitar pérdidas de humedad por infiltración.

Finalmente, se colocará la malla de acero y/o barras de transferencia de carga, si las hubiera, y se colocará una membrana de puente de adherencia en las paredes rugosas de las losas preexistentes. Se vaciará el concreto especificado en los planos verificando su adecuado acabado, vibrado y curado y procurando que quede al mismo nivel que las losas adyacentes.

Esta operación permite reconstruir losas completamente dañadas.

Para los casos en que la falla en el pavimento es ocasionada por parches, éstos deben ser reparados o rehechos de acuerdo al deterioro que presenten. Asimismo, si el deterioro es causado por insuficiencia de transferencia de cargas a las juntas, se deben colocar barras de traspaso de carga.

En la **Tabla 80** puede observarse un resumen de las fallas que pueden ser reparadas con cada método de reparación existente.

Tabla 80. Métodos de reparación adecuados para cada tipo de falla.

MÉTODO DE REPARACIÓN	TIPO DE FALLA
Sellado de juntas y grietas	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioros de sellos de junta • Descascamientos de juntas de baja severidad • Grietas de esquina de baja severidad • Grietas lineales de baja y media severidad
Reparación del espesor total	<ul style="list-style-type: none"> • Grieta de esquina de severidad media y alta • Grietas lineales de alta severidad • Pandeo • Losas divididas • Punzonamiento • Grieta de durabilidad de alta severidad
Reparación espesor parcial	<ul style="list-style-type: none"> • Descascamiento de juntas de media y alta severidad • Grietas de retracción • Mapa de grietas • Grietas de durabilidad de baja y media severidad
Instalación de drenes	<ul style="list-style-type: none"> • Escalonamiento • Bombeo
Cepillado	<ul style="list-style-type: none"> • Escalonamiento de baja y media severidad • Pulimento de agregados • Mejorar fricción entre neumáticos y pavimento.
Nivelación de losas	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas por escalonamiento de alta severidad • Fallas por bombeo (donde aún está iniciando el asentamiento)
Nivelación de bermas	<ul style="list-style-type: none"> • Desnivel carril-berma
Colocación de barras de transferencia de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras y grietas lineales por deficiente transferencia de carga en la losa
Reemplazo de losas de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Reconstruir losas completamente dañadas

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Métodos de reparación por unidad de muestra

Se ha determinado en el presente trabajo, que las unidades de muestra que necesitan reparación son aquellas que obtuvieron valores bajos de PCI (≤ 40); es decir, que presentan un estado malo y muy malo. En general, son las correspondientes a las secciones 1, 3 y 4. En ellas, se han evaluado las fallas que aparecen con mayor frecuencia y las que más daño ocasionan, para así determinar el método adecuado de reparación, como se aprecia en la **Tabla 81**.

Tabla 81. Resumen de fallas de mayor frecuencia e impacto en cada unidad de muestra

Sección	Unidad de muestra	PCI u.m.	Graduación	Falla más frecuente	Falla más influyente
SECCIÓN 1	UM1	19	Muy malo	25L, 29M	29M, 23H
	UM4	27	Malo	25L, 28M, 29M	29H, 25L
	UM5	18,5	Muy malo	29L, 25L	22H, 22M, 29L
	UM6	28	Malo	23M, 25L, 29M	23M, 23H
	UM7	40	Malo	36H, 29M	36H, 29H
SECCIÓN 3	UM1	20	Muy malo	23M	23M, 23H
	UM4	23	Muy malo	25L, 28M	23M, 23H
	UM5	29	Malo	36M, 28M	23H, 36M, 23L
SECCIÓN 4	UM1	24	Muy malo	29L, 23H, 36L	23H, 23M
	UM2	20	Muy malo	23H, 23M	23H, 23M
	UM3	27	Malo	29L, 25M, 28L, 28M	29L, 25M, 28M
	UM4	29	Malo	31, 29L, 36M	29L, 36M, 28M
	UM5	24	Malo	23M	23M, 23H

23=Losas divididas; 25=Escalonamiento, 28=Grieta lineal; 29=Parqueo grande; 31=Popouts; 36=Mapa de grietas. L=baja severidad; M=mediana severidad; H=alta severidad

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallarán las acciones a tomar en las unidades de muestra más afectadas de las secciones 1, 3 y 4.

SECCIÓN 1:

Unidad de Muestra 1

La falla más frecuente es el escalonamiento de baja severidad; sin embargo, la que más afecta a esta unidad de muestra es el parcheo grande de severidad media, como se puede observar en la **Figura 42**. Para solucionar estos problemas, conviene rehacer los parches, los cuales han sufrido grandes daños por causa del tráfico y de las lluvias. Asimismo, para reparar la falla por escalonamiento, lo adecuado es realizar un proceso de cepillado en las losas afectadas.



Figura 42. Parches dañados en unidad de muestra 1 de la sección 1.

Unidad de Muestra 4

En esta unidad de muestra, las fallas más frecuentes son el escalonamiento de baja severidad y el parcheo, mientras que la más dañina es el parcheo grande de alta severidad. Lo que se recomienda es aplicar cepillado en las losas afectadas sólo por escalonamiento, y rehacer los parches deteriorados. En el caso mostrado en la **Figura 43**, se puede observar cómo uno de los parches de las losas se encuentra muy dañado, posiblemente por problemas constructivos y mala compactación de la subbase.



Figura 43. Parches deteriorados en unidad de muestra 4 de la sección 1.

Unidad de Muestra 5

La falla más frecuente es el parcheo grande de baja severidad, mientras que la más dañina es la grieta de esquina de alta severidad, seguida por grieta de esquina de mediana severidad y parcheo grande de severidad media. Se recomienda reparación en todo el espesor de las losas dañadas por grieta de esquina y rehacer los parches.

Unidad de Muestra 6

La falla más frecuente es la de losas divididas de mediana severidad, la cual a su vez es la que más afecta al pavimento de esta unidad de muestra, seguida por la falla de losas divididas de alta severidad. Lo que se recomienda en este caso para tratar el pavimento es realizar una reparación en todo el espesor de las losas afectadas. Ver **Figura 44**.

Unidad de Muestra 7

La falla que aparece con mayor frecuencia en esta unidad de muestra es el mapa de grietas de alta severidad, seguida por el parcheo grande de severidad media. Por otra parte, la falla que más daño ocasiona al pavimento es el mapa de grietas de alta severidad y, en segundo lugar, el parcheo grande de alta severidad. Se recomienda una reparación de espesor parcial de las losas afectadas por estas fallas.



Figura 44. Fallas por losas divididas en unidad de muestra 6 de la sección 1.

SECCIÓN 3:

Unidad de Muestra 1

La falla más frecuente en esta unidad de muestra, es la de losas divididas de severidad media. Esta, a su vez, es la más dañina para la misma, seguida por la falla por losas divididas de alta severidad. En la **Figura 45**, se muestra este problema de losas divididas. Como se observa, en algún momento se intentó solucionar esto reemplazando la losa por bloquetas de concreto, pero es evidente que, además de que las bloquetas se han dañado, la falla por losas divididas ha continuado avanzando en las losas adyacentes.

Lo que se recomienda como tratamiento es realizar una reparación del espesor total de las losas que presentan estos daños.



Figura 45. Detalle de falla por losas divididas en unidad de muestra 1 de la sección 3.

Unidad de Muestra 4

Las fallas que se presentan con mayor frecuencia en esta unidad de muestra son el escalonamiento de baja severidad y la grieta lineal de severidad media. No obstante, las fallas que más influyen en el deterioro del pavimento son las losas divididas, tanto de alta como de media severidad. Ver **Figura 46**.

El mejor tratamiento para esta unidad es una reparación de espesor total donde existen losas divididas, y un cepillado de la superficie del pavimento en las losas que solo presenten escalonamiento, siguiendo el procedimiento del apartado *e*.



Figura 46. Falla por losas divididas en unidad de muestra 4 de la sección 3.

Unidad de Muestra 5

La falla más frecuente es el mapa de grietas de severidad media, seguido por la grieta lineal de severidad media. Por otra parte, la falla más dañina para el pavimento es la de losas divididas de alta severidad. Lo que se recomienda es reparación de las losas afectadas en todo el espesor.

En la **Figura 47**, se puede observar una grieta lineal que recorre varias losas de la unidad de muestra 5.



Figura 47. Falla por grieta lineal en unidad de muestra 5 de la sección 3.

SECCIÓN 4:

Unidad de Muestra 1

La falla más frecuente es parcheo grande de baja severidad, seguida por losas divididas de alta severidad y mapa de grietas de baja severidad. Las más dañinas son losas divididas de alta y media severidad. En la **Figura 48**, se puede observar el deterioro por losas divididas en algunas losas de unidad de muestra 1.

El método adecuado de recuperación en este caso es la reparación del espesor total de las losas afectadas.



Figura 48. Losas divididas en la unidad de muestra 1 de la sección 4.

Unidad de Muestra 2

La falla más frecuente es losas divididas de alta severidad, seguida por la de severidad media. Éstas, en el mismo orden, son las que más influyen en el deterioro de esta unidad de muestra (**Figura 49**). Se recomienda reparación del espesor total de las losas con estos daños.



Figura 49. Falla por losas divididas en la unidad de muestra 2 de la sección 4.

Unidad de Muestra 3

Las fallas más frecuentes son el parcheo grande de baja severidad, la grieta lineal y el escalonamiento de mediana severidad, las cuales a su vez son las más influyentes en esta unidad de muestra. Se recomienda realizar un cepillado de la superficie. Ver **Figura 50**.



Figura 50. Falla por grieta lineal en la unidad de muestra 3 de la sección 4.

Unidad de Muestra 4

En esta unidad de muestra las fallas que se presentan con mayor frecuencia son los popouts, parcheo grande de baja severidad y mapa de grietas de severidad media. Las que más dañan el pavimento son el parche grande baja severidad, el mapa de grietas y la grieta lineal de severidad media.

En la **Figura 51**, se observan fallas por grieta lineal, losas divididas, y deterioros en los parches.

Para mejorar el estado de esta zona, se recomienda realizar una reparación del espesor parcial de las losas afectadas.



Figura 51. Fallas por grieta lineal y deterioros de parches en unidad de muestra 4 de la sección 4.

Unidad de Muestra 5

En esta unidad de muestra, la falla más frecuente es la de losas divididas, la cual se presenta en media y alta severidad, afectando en gran medida el pavimento. Esto puede observarse en la **Figura 52**. Lo que se recomienda en este caso es realizar una reparación del espesor total de las losas dañadas.



Figura 52. Falla por losas divididas en la unidad de muestra 5 de la sección 4.

En la **Tabla 82** se presenta una tabla resumen de los tratamientos más adecuados para cada unidad de muestra en estado malo o muy malo.

Tabla 82. Tabla resumen de los tratamientos recomendados para las unidades de muestra más afectadas.

SECCIÓN	U.M.	PCI U.M.	CONDICIÓN	FALLA MÁS FRECUENTE	FALLA MÁS INFLUYENTE	TRATAMIENTO RECOMENDADO
SECCIÓN 1	UM1	19	Muy malo	25L, 29M	29M, 23H	Cepillado en losas afectadas
	UM4	27	Malo	25L, 28M, 29M	29H, 25L	Cepillado
	UM5	18.5	Muy malo	29L, 25L	22H, 22M, 29L	Reparación en todo el espesor de las losas con grieta de esquina; rehacer el parche
	UM6	28	Malo	23M, 25L, 29M	23M, 23H	Reparación en todo el espesor
	UM7	40	Malo	36H, 29M	36H, 29H	Reparación de espesor parcial
SECCIÓN 3	UM1	20	Muy malo	23M	23M, 23H	Reparación del espesor total
	UM4	23	Muy malo	25L, 28M	23M, 23H	Reparación de espesor total para losas divididas; cepillado de la superficie de las losas que solo presenten escalonamiento
	UM5	29	Malo	36M, 28M	23H, 36M, 23L	Reparación en todo el espesor
SECCIÓN 4	UM1	24	Muy malo	29L, 23H, 36L	23H, 23M	Reparación del espesor total
	UM2	20	Muy malo	23H, 23M	23H, 23M	Reparación del espesor total
	UM3	27	Malo	29L, 25M, 28L, 28M	29L, 25M, 28M	Cepillado de la superficie
	UM4	29	Malo	31, 29L, 36M	29L, 36M 28M	Reparación del espesor parcial
	UM5	24	Malo	23M	23M, 23H	Reparación del espesor total

23=Losas divididas; 25=Escalonamiento, 28=Grieta lineal; 29=Parcheo grande; 31=Popouts; 36=Mapa de grietas. L=baja severidad; M=mediana severidad; H=alta severidad

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- De la evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, se obtuvo que el 28% del pavimento seleccionado se encuentra en excelente condición, el 24% en condición muy buena, el 17% en condición buena y el 6% en condición regular. Esto se debe a que esta parte de la avenida fue construida poco tiempo atrás, teniendo pocos años de servicio y experimentando un bajo nivel de tránsito. Dado que esta porción del pavimento presenta buenas condiciones de servicio para el usuario, no es necesario realizar grandes reparaciones, sino solo obras de mantenimiento que ayuden a extender la vida útil del mismo.

Se encontró que el 14% del pavimento se encuentra en mal estado y el 11% en muy mal estado, lo que se traduce en condiciones inapropiadas para un adecuado tránsito vehicular. Esto se debe a que esta parte de la avenida ha sido construida hace varias décadas, por lo que ha soportado la circulación de vehículos pesados y, además, temporadas extraordinarias de lluvias, como el Fenómeno El Niño de 1983, que dañó severamente el pavimento. Por este motivo, resulta necesario realizar algunas obras de reparación para devolver a la avenida unas buenas condiciones de servicio y seguridad para el usuario.

- Las fallas que aparecieron con mayor frecuencia en la avenida fueron los escalonamientos de baja severidad, mientras que las fallas que más impacto tuvieron en el pavimento fueron las losas divididas de mediana severidad. De esto se deduce que las fallas que aparecen con más frecuencia no necesariamente son las que causan mayor daño al pavimento, y viceversa. Si una falla es funcional, aunque aparezca en varias losas, tendrá un impacto muy bajo en ellas, mientras que una falla estructural, aun apareciendo pocas veces, dañará significativamente el pavimento. Para que una falla funcional genere un daño apreciable en el pavimento, necesitaría además de una alta densidad, un nivel alto de severidad. Por otra parte, una falla estructural, aun apareciendo pocas veces y siendo de baja severidad, siempre causará un daño considerable en el pavimento. Esto es considerado en el método a través de los valores deducidos, que representan el daño que una falla genera al pavimento.
- Debido a que la vía estudiada no ha presentado trabajos de mantenimiento periódico, el deterioro en el pavimento ha sido mayor al esperado. Esto se evidencia en las partes de la avenida que llevan varios años de servicio, como son las secciones 1, 3 y 4, y que presentaron condiciones malas o muy malas. Un mantenimiento preventivo

hubiese incrementado la vida útil del pavimento, devolviéndole las condiciones de seguridad y confort necesarias para el usuario.

Con base en lo anterior, se recomienda implementar un sistema de mantenimiento preventivo y de esta manera prolongar la vida útil de un pavimento, optimizando los fondos destinados a las vías y contribuyendo así a la economía del país.

- Para elaborar un plan de conservación de pavimentos no pueden aplicarse tratamientos al azar, sino que es fundamental conocer los procedimientos correctos a seguir de acuerdo a las fallas identificadas. Además, cada determinado periodo de tiempo es recomendable recopilar datos acerca del desempeño de las vías para ir monitoreando su estado e intentar predecir su condición. Para ello el Método PCI puede ser aplicado. Además de conocer el estado del pavimento, se pueden identificar las fallas más comunes e influyentes en el deterioro del mismo. Basándose en las condiciones existentes de una vía y en los planes de expansión de la misma, se pueden aplicar estratégicamente los tratamientos adecuados para mantenerla en un estado aceptable.

Referencias bibliográficas

- Altamirano, L. (2007). *Deterioro De Pavimentos Rígidos Metodología De Medición, Posibles Causas De Deterioro Y Reparaciones*. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. 92pp.
- American Society for Testing and Materials. (2004). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03)*. Estados Unidos. 81 pp.
- Becerra, M. (2013). *Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión*. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Universidad de Piura. Lima, Perú.
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos rígidos*. Chile. Vol. 12. 71pp.
- Duravía. (2012) *¿Qué son y qué esperamos de los pavimentos?* Volumen I. Perú. <http://www.duravia.com.pe/wp-content/uploads/AF-PDF-COLECCIONABLE-DURAVIA-I.pdf>
- Gamboa, K. (2009). *Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la Av. Las palmeras de Piura* (Tesis). Universidad de Piura, Perú.
- Gobierno Regional de Piura. “*Plan vial departamental participativo, Piura 2012-2021*”. Piura, Perú.
- Headquarters, department of the Army. (1982). *Pavement Maintenance Management*. Technical Manual TM 5-623. Washington, DC. Estados Unidos.
- Huang, Y. H. (2012). *Pavement analysis and design*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2013). *Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000-2015*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1095/libro.pdf

- Menendez, J. (2003). “*Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas*”. Lima, Perú.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de aeropuertos. (1999). *Programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos P.C.I.* Gobierno de Chile. 39 pp.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Mantenimiento o Conservación Vial*. Perú.
- Montejo, A. (2008). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras*. Tercera Edición. Universidad Católica de Colombia. Colombia.
- Moya Espinoza, R. (2007). *Colección de la breve historia de Piura*. Tomo XII: De Odria a Morales Bermudez.
- Municipalidad Provincial de Morropón, Chulucanas. (2000). *Plan Director de la Ciudad de Chulucanas 2000-2010*. Perú.
http://bvpad.indec.gov.pe/doc/estudios_CS/Region_Piura/morropon/chulucanas.pdf
- Pasquel Carbajal, Enrique (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú. Perú.
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del Índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla* (Tesis). Universidad de Piura, Perú.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001). *Manual: Paver concrete surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI)*. Estados Unidos. 88 pp.
- Vásquez Varela, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Colombia.

Anexos

Anexos A: Curvas de valores deducidos para pavimentos de concreto

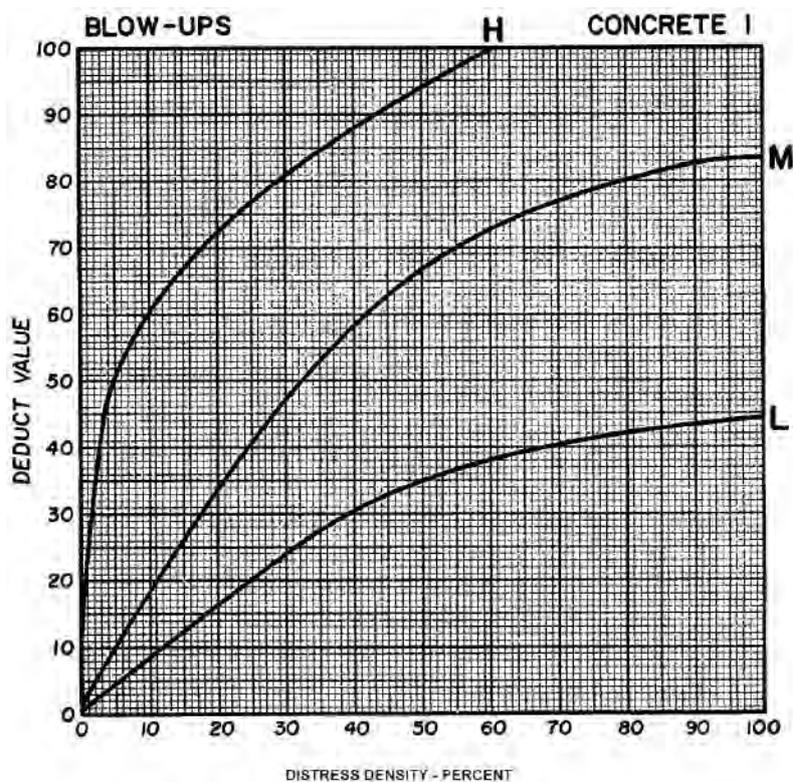


Figura A1. Curvas de valores deducidos para falha por pandeo.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

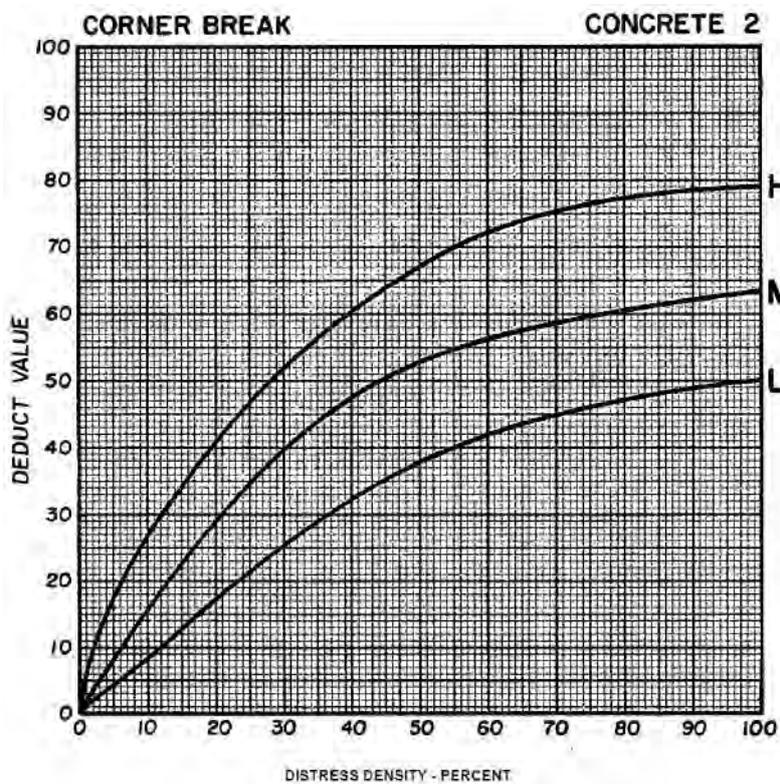


Figura A2. Curvas de valores deducidos para grieta de esquina.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

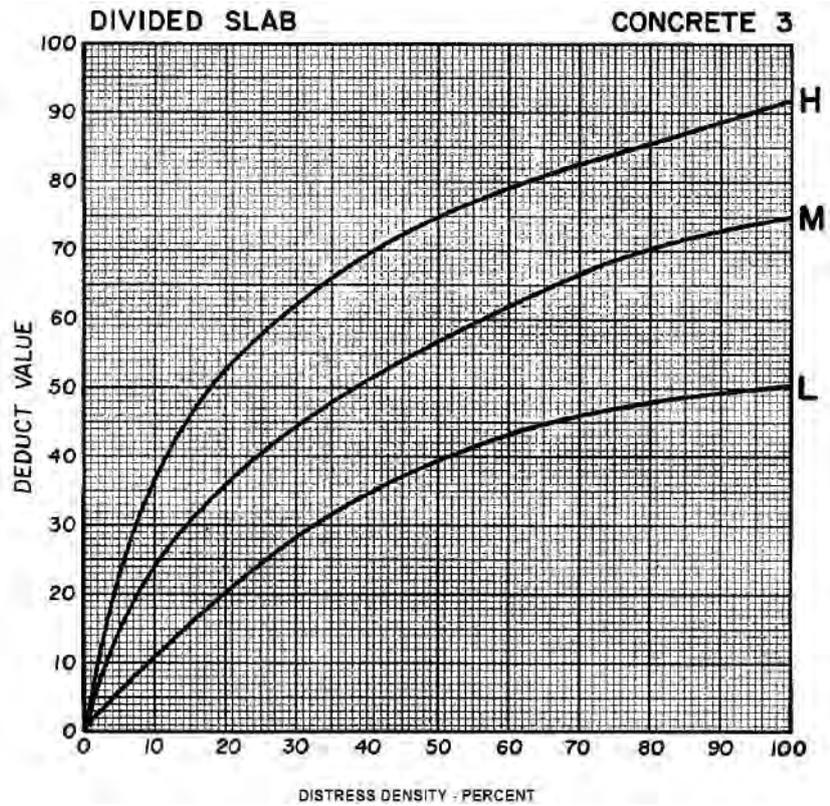


Figura A3. Curvas de valores deducidos para falla por losas divididas.
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

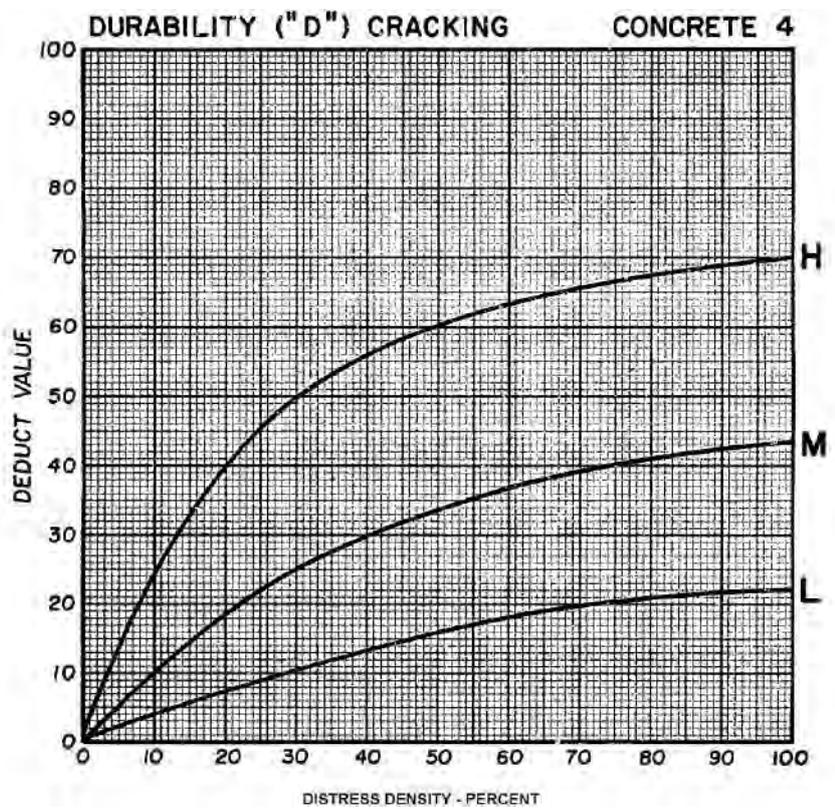


Figura A4. Curvas de valores deducidos para grieta de durabilidad (D).
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

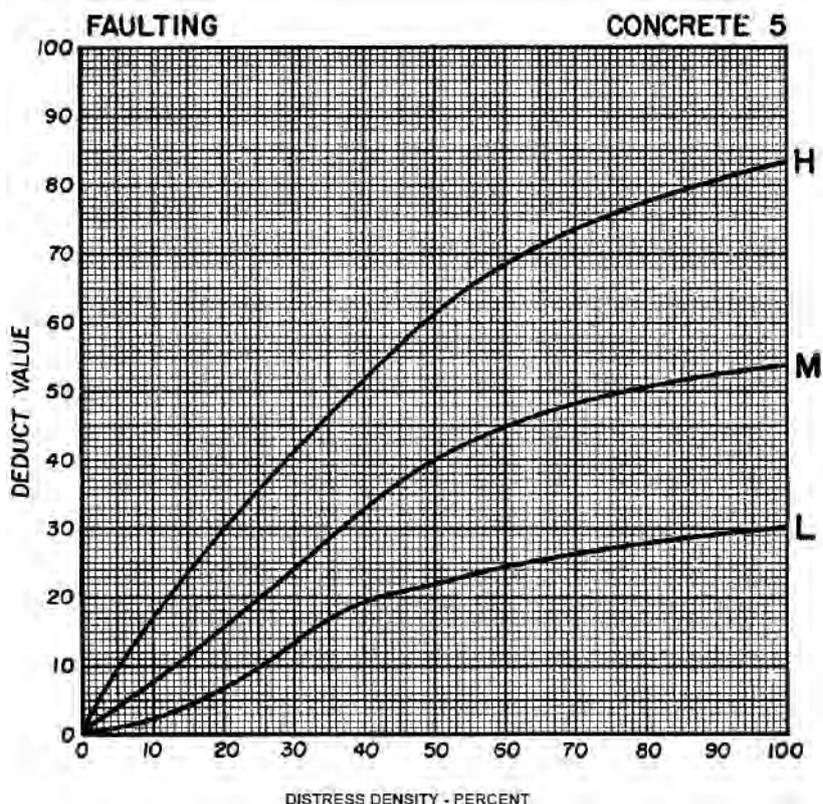


Figura A5. Curvas de valores deducidos para falla por escalonamiento.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

JOINT SEAL DAMAGE		CONCRETE 6
The deduct values for the three levels of severity are:		
LOW	2 points	
MEDIUM	4 points	
HIGH	8 points	

Figura A6. Curvas de valores deducidos para deterioro del sello de juntas. Esta falla se determina por la condición general de la unidad de muestra.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

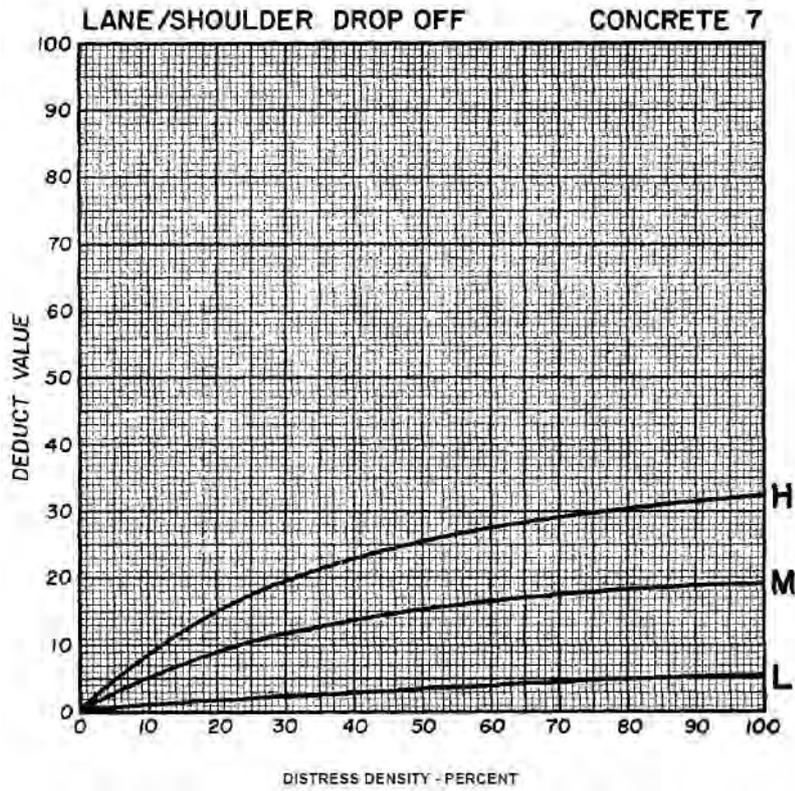


Figura A7. Curvas de valores deducidos para desnivel carril/berma.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

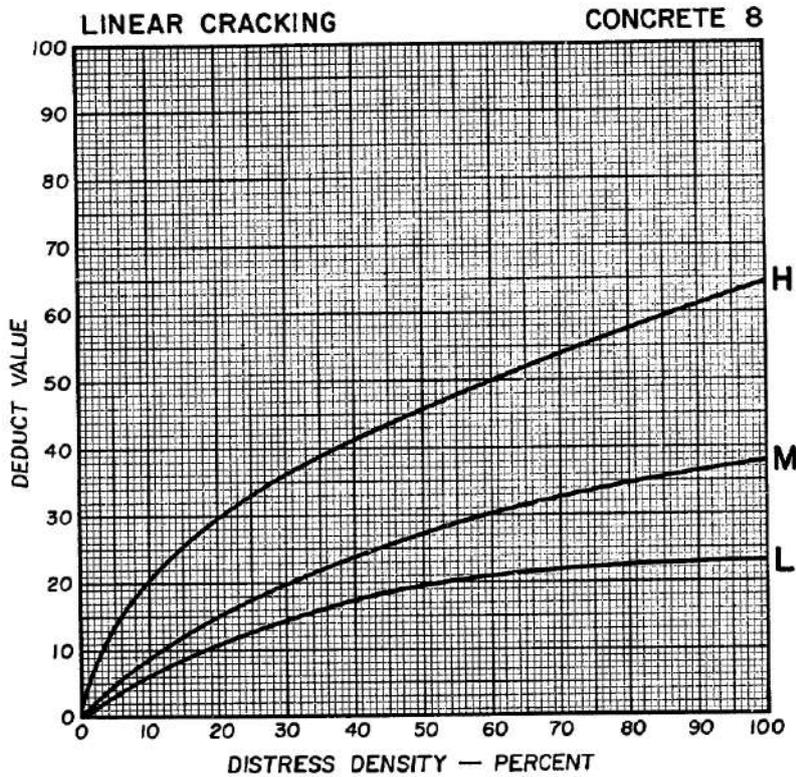


Figura A8. Curvas de valores deducidos para grieta lineal.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

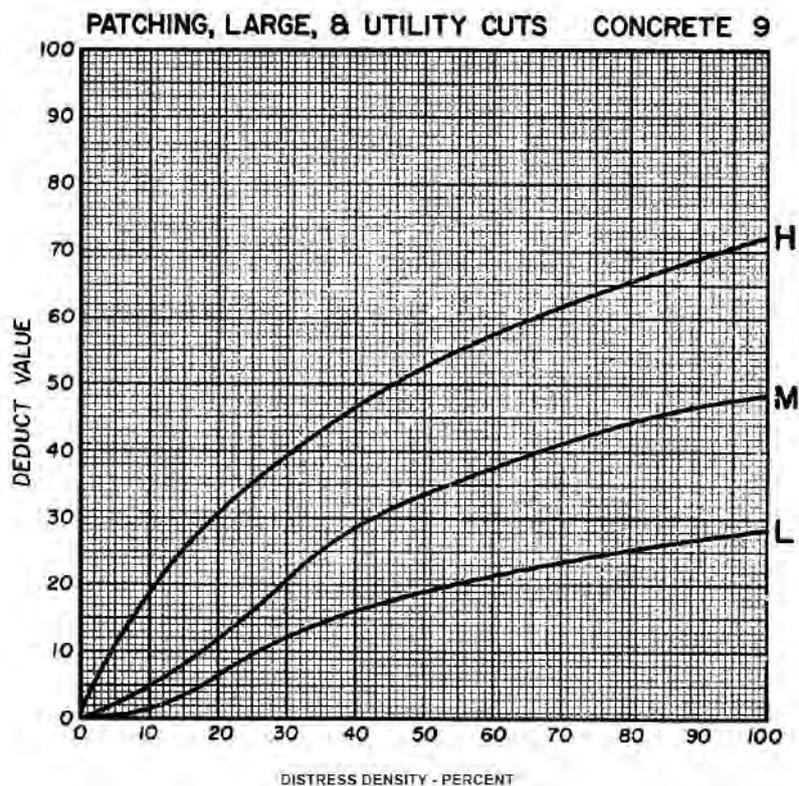


Figura A9. Curvas de valores deducidos para parcheo grande y cortes utilitarios.

Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

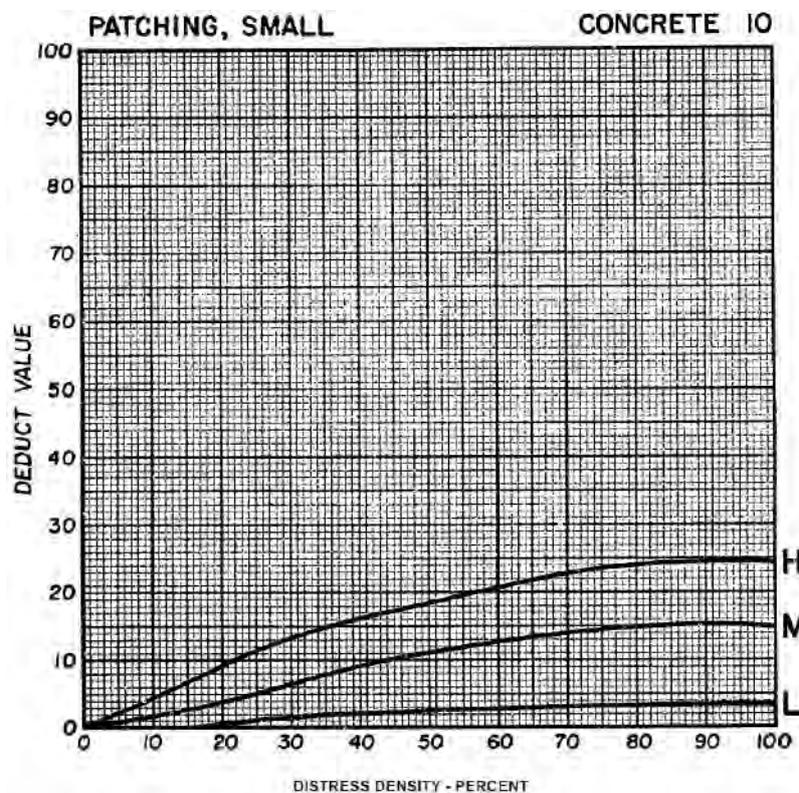


Figura A10. Curvas de valores deducidos para parcheo pequeño.

Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

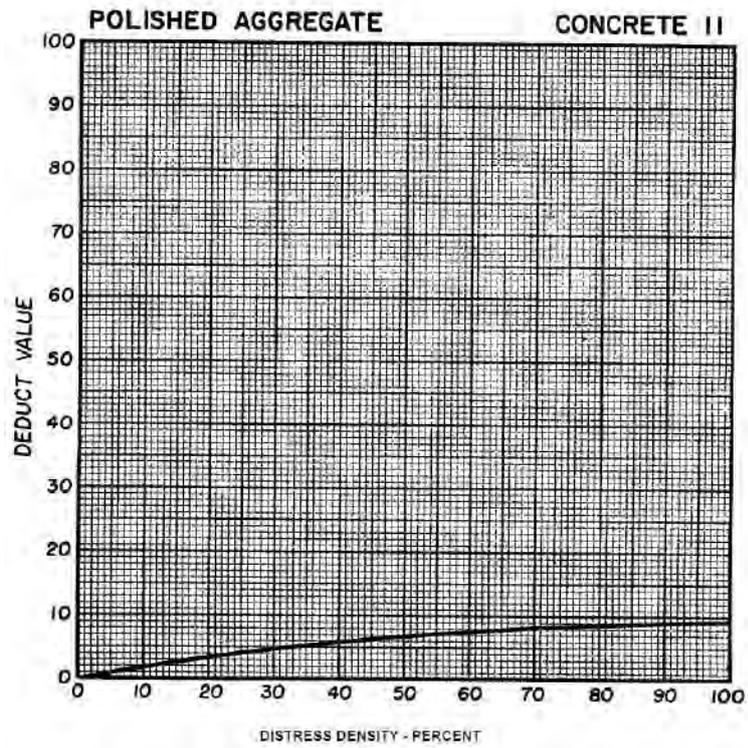


Figura A11. Curvas de valores deducidos para pulimento de agregados.
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

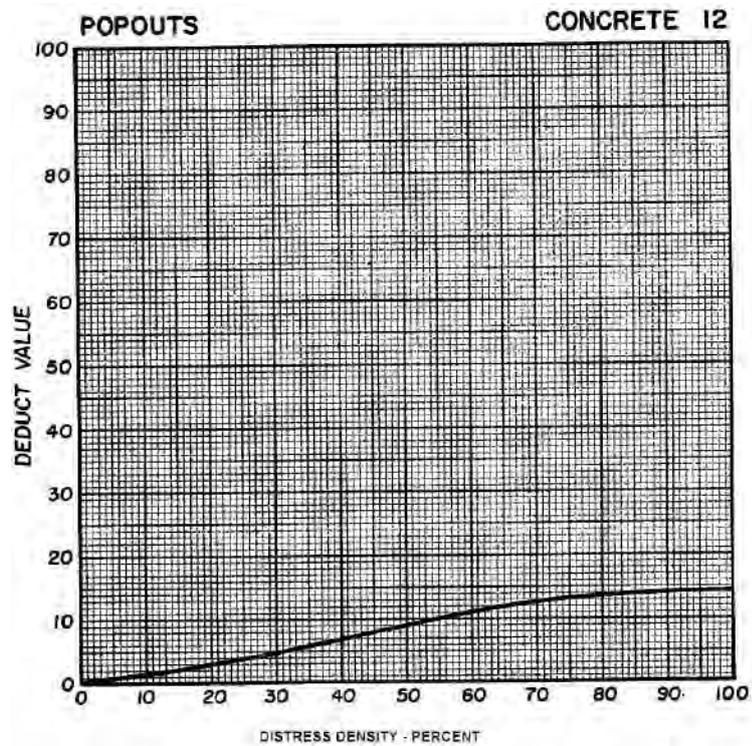


Figura A12. Curvas de valores deducidos para popouts.
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

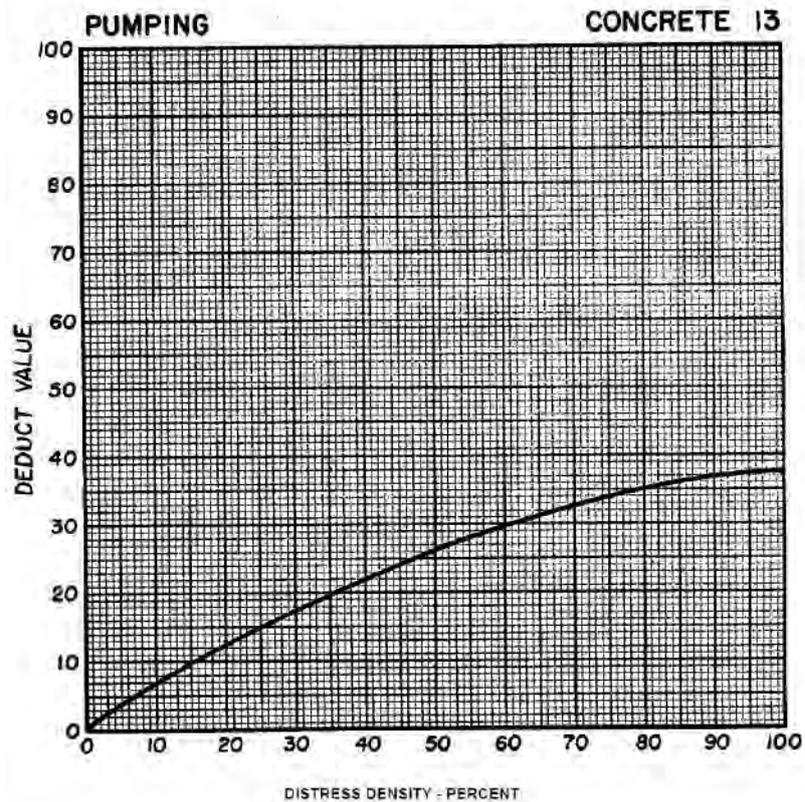


Figura A13. Curvas de valores deducidos para bombeo.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

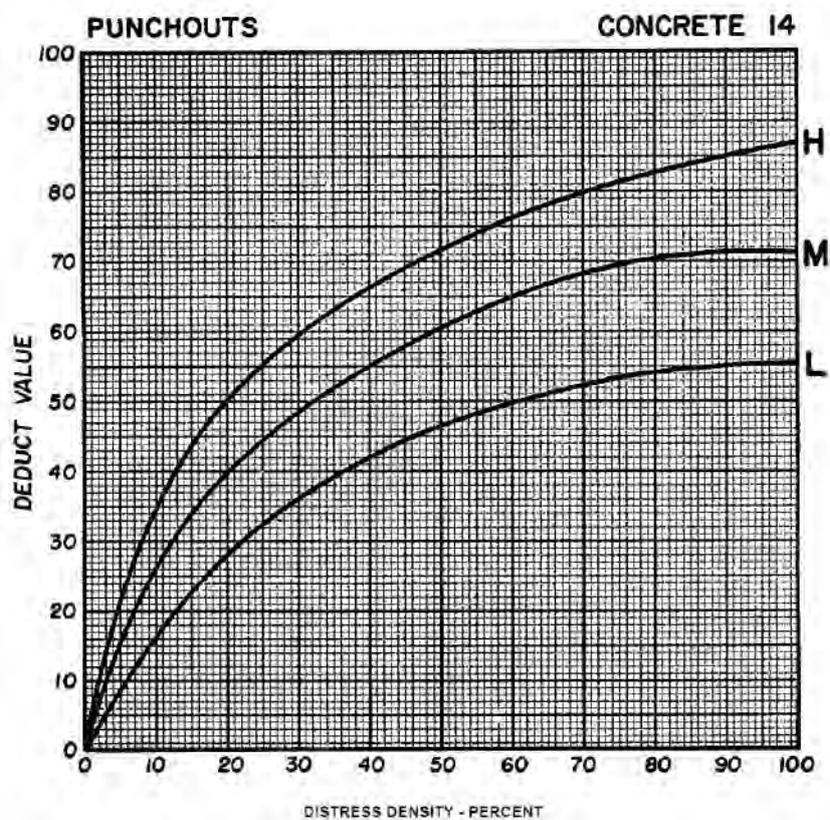


Figura A14. Curvas de valores deducidos para punzonamiento.
 Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

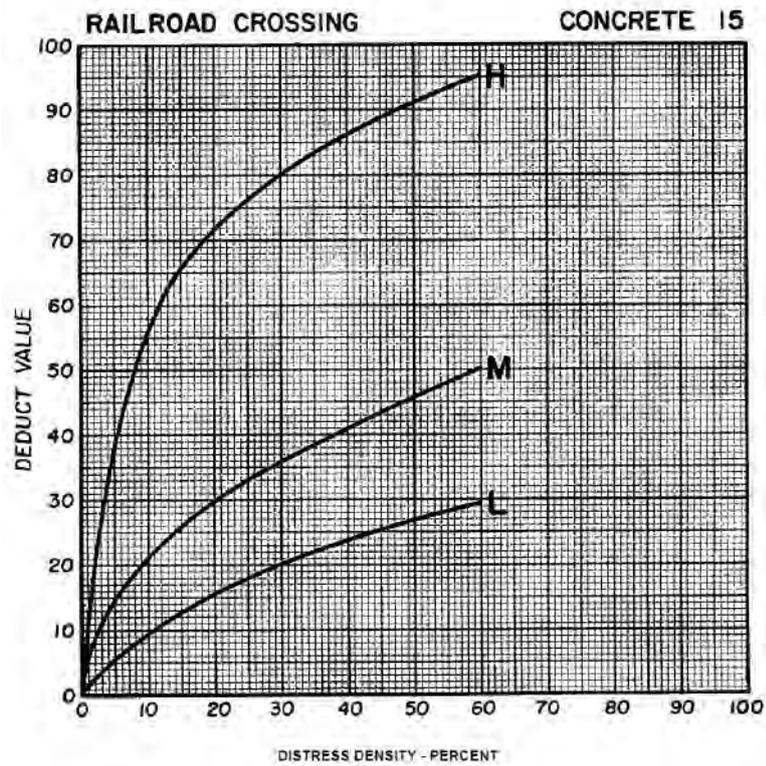


Figura A15. Curvas de valores deducidos para cruce de vía férrea.
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

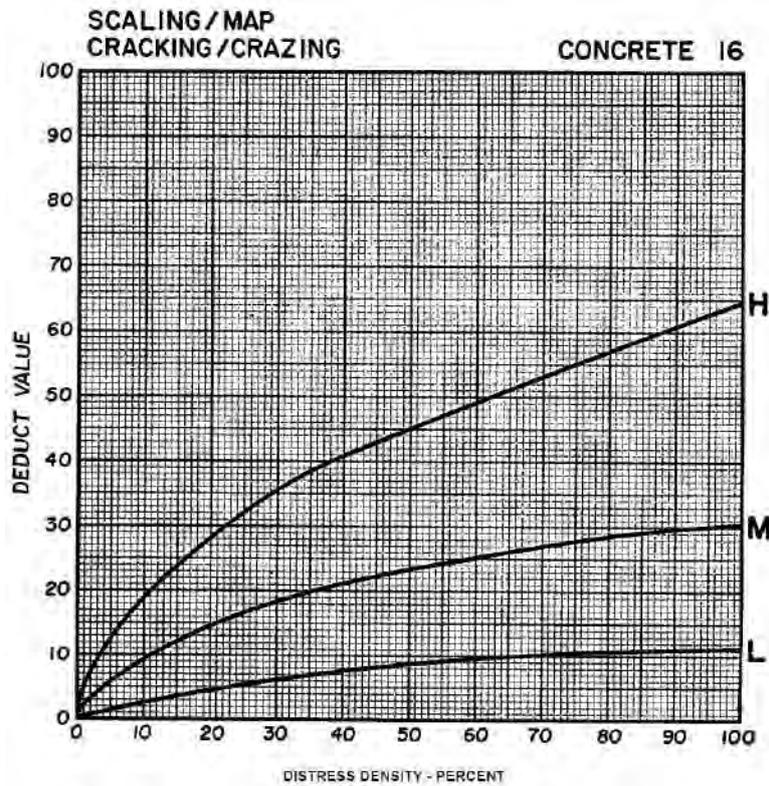


Figura A16. Curvas de valores deducidos para mapa de grietas.
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

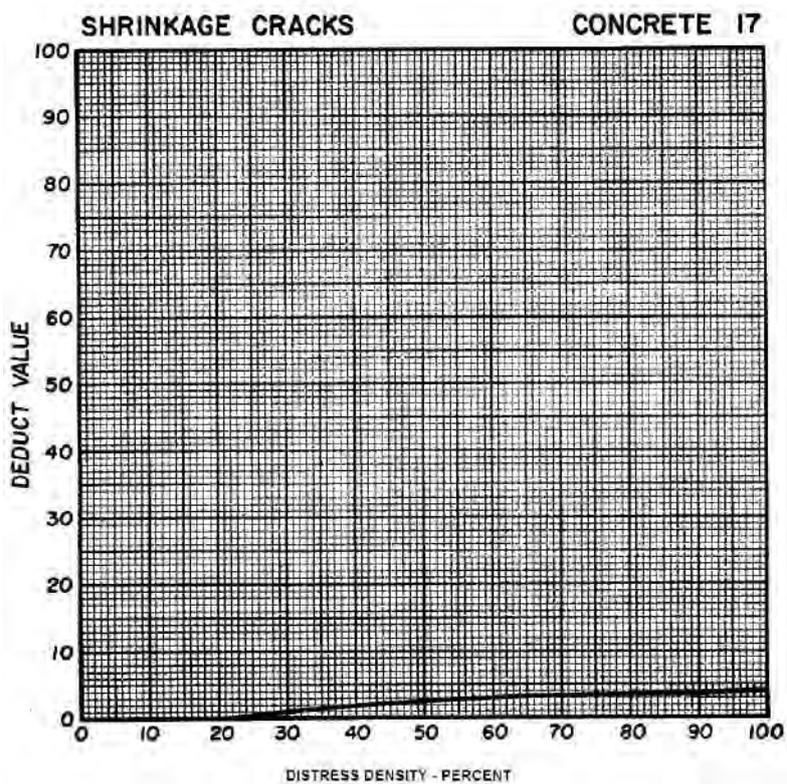


Figura A17. Curvas de valores deducidos para fisura de retracción.
Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

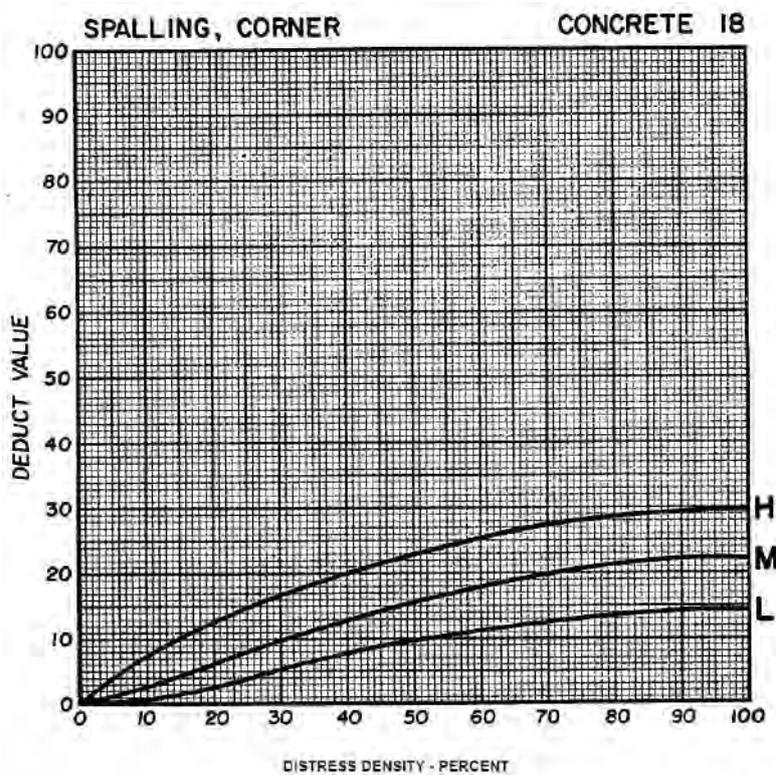


Figura A18. Curvas de valores deducidos para descascaramiento de esquina.

Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

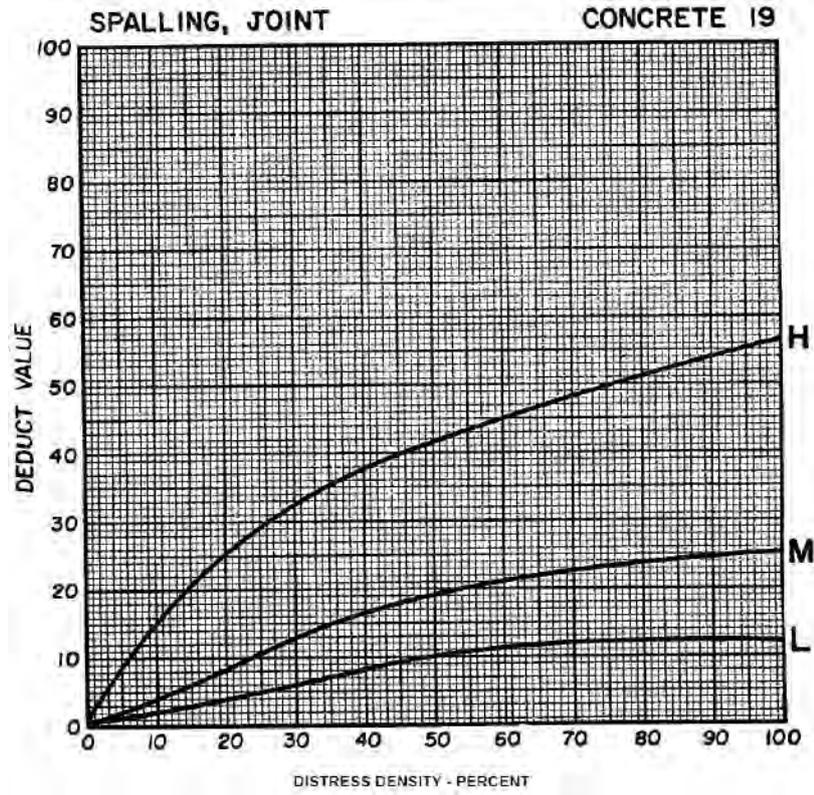


Figura A19. Curvas de valores deducidos para descascamiento de junta.

Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)

Anexo B: Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto
CONCRETE

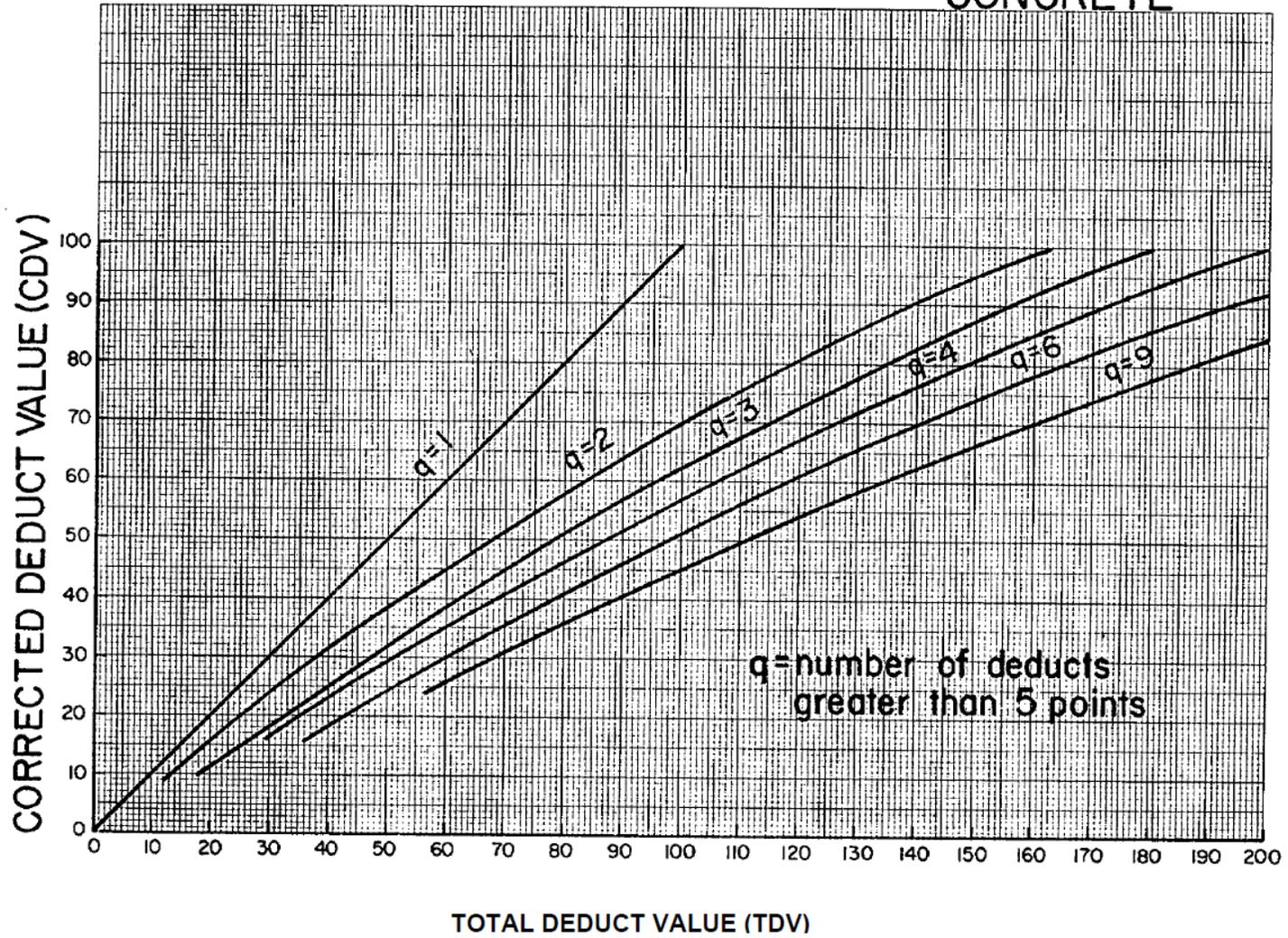


Figura B1. Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto. Fuente: Headquarters, Department of the army (1982)