

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



**“ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO
EN LA CALLE SAN CARLOS DE LA CIUDAD DE JAÉN –
CAJAMARCA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES**

ASESOR:

Ing. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

CAJAMARCA – PERÚ

2021

COPYRIGHT © 2021 by
BARRANTES TROYES CYNTHIA MARILI
Todos los derechos reservados.

DEDICATORIA

A **Dios** quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni enflaquecer en el intento.

A mis padres, **Socorro Esther Troyes Guarníz y Godofredo Barrantes Celis** por su apoyo, consejos, amor, comprensión en los momentos más difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

A mi hermano **Francisco Barrantes Troyes** por estar siempre presente, ser mi orgullo y ejemplo; dándome ánimos y deseando lo mejor para mí.

A mis tías, **Delia Emperatriz Troyes Guarníz y Luz Amelia Troyes Guarníz**, por ser como unas segundas madres para mí, brindarme su amor, cariño, apoyo y comprensión, a lo largo de mi vida.

A **Jairo F. Espino Sánchez**, por ser mi compañero incondicional, por estar para mí en los momentos más importantes. Si me siento derrotada, tú me haces más fuerte.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta este punto de mi vida, con lo cual logro llegar a cumplir uno de mis grandes sueños de ser profesional, logro que me servirá para desarrollarme de aquí en adelante tanto social como profesionalmente, y estoy segura que lo lograré satisfactoriamente.

A mi madre que es mi motor de vida, quien ha estado conmigo en cada momento apoyándome, dándome fuerzas para seguir cada día adelante, a mi padre quien estuvo ahí para brindarme sus conocimientos y apoyo en este mundo maravilloso de la ingeniería y como no, a mi hermano Francisco quien es mi ejemplo a seguir; mi familia que son mi razón de ser.

Quiero agradecer también a la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a los docentes de la escuela de Ingeniería civil, quienes me otorgaron los conocimientos necesarios para brindar un servicio profesional de calidad a la comunidad; de manera especial al Ing. Alejandro Cubas Becerra, por sus valiosas aportaciones; por su profesionalismo, calidad humana, humildad al servicio de la investigación y por su amistad.

Al Ing. Eduardo Barrantes Mejía, quien siempre estuvo pendiente de mí, apoyándome, aconsejándome en toda mi estadía por la universidad y desea siempre lo mejor para mi persona.

A mi Promoción 2014, en especial a mis amigos Neyser, Marlon, Lucero y Pool; por estar conmigo todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, a ellos por brindarme su valiosa amistad.

Gracias a todos...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. HIPÓTESIS	2
1.3.1. Hipótesis general.....	2
1.3.2. Hipótesis específica.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE INVESTIGACIÓN	3
1.6. LIMITACIONES	3
1.7. OBJETIVOS	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	5
2.1.1. Internacionales	5
2.1.2. Nacionales	5
2.1.3. Locales	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1. Pavimento.....	7
2.2.2. Clasificación de los Pavimentos.....	7
2.2.3. Definición de falla.....	9
2.2.4. Cuantificación de las fallas	9
2.2.5. Fallas comunes en Pavimentos Rígidos	10
2.2.6. Tipos de evaluación de pavimentos	20
2.2.7. Índice de condición del pavimento (PCI- Pavement condition index).....	20
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	28

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	29
3.1.1. Ubicación Política	29
3.1.2. Ubicación geográfica.....	31
3.2. TIEMPO EN QUE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN	31
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS	31
3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES	32
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
3.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA	34
3.9. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CALLE SAN CARLOS.....	35
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
4.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	44
4.2. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	127
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	131
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	132
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
ANEXOS A:	137
ANEXOS B:	148
ANEXOS C:	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de severidad para fallas por losas divididas.	12
Tabla 2. Nivel de severidad por falla de escala.	13
Tabla 3. Niveles de severidad para falla por punzonamiento.	17
Tabla 4. Niveles de severidad para falla por descascaramiento de esquina.	19
Tabla 5. Niveles de severidad de falla por descascaramiento de junta.	19
Tabla 6. Rangos de clasificación del Método PCI.	21
Tabla 7. Formato de exploración de condición para vías con superficie en concreto.	22
Tabla 8. Ubicación geográfica de la calle por coordenadas UTM – geográficas.	31
Tabla 9. Operacionalización de variables.	33
Tabla 10. Matriz de consistencia.	34
Tabla 11. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°03.	55
Tabla 12. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°04.	62
Tabla 13. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°05.	66
Tabla 14. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°06.	71
Tabla 15. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°07.	76
Tabla 16. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°08.	81
Tabla 17. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°09.	89
Tabla 18. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°10.	97
Tabla 19. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°01.	103
Tabla 20. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°02.	108
Tabla 21. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°11.	112
Tabla 22. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°12.	116
Tabla 23. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°13.	119
Tabla 24. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°14.	122
Tabla 25. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°15.	125
Tabla 26. Resumen de cálculo del PCI del pavimento antiguo y nuevo.	126
Tabla 27. Matriz de alternativas de solución.	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Paquete estructural de un pavimento flexible.....	8
Figura 2. Paquete estructural de un pavimento rígido.....	8
Figura 3. Paquete estructural de un pavimento híbrido.....	9
Figura 4. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.	27
Figura 5. Mapa del Perú, departamento de Cajamarca, donde se halla situada la ciudad de Jaén.	29
Figura 6. Plano general de ubicación de la calle San Carlos.	30
Figura 7. Descripción fotográfica de la calle San Carlos.....	36
Figura 8. Paquete estructural del pavimento antiguo y reciente de la calle San Carlos.....	37
Figura 9. Detalle de la sección transversal del pavimento antiguo de la calle San Carlos.	37
Figura 10. Detalle de la sección transversal del pavimento nuevo de la calle San Carlos.....	38
Figura 11. Ubicación de la muestra 01 y 02 en la cuadra n°01.....	39
Figura 12. Ubicación de la muestra 03, 04 y 05 en la cuadra n°02.....	39
Figura 13. Ubicación de la muestra 06 y 07 en la cuadra n°03.....	40
Figura 14. Ubicación de la muestra 08 en la cuadra n°03.....	40
Figura 15. Ubicación de la muestra 09 y 10 en la cuadra n°04.....	41
Figura 16. Ubicación de la muestra 11 y 12 en la cuadra n°05.....	41
Figura 17. Cuadra n°06 y n°07 de la calle San Carlos sin pavimentar.	42
Figura 18. Ubicación de la muestra 13 y 14 en las cuadras n°08 y n°09.....	42
Figura 19. Ubicación de la muestra 15 en la cuadra n°09.....	43
Figura 20. Plano del total de unidad de muestras de la calle San Carlos.....	45
Figura 21. Cálculo de valor deducido para falla por losa dividida (H) en la muestra n°03....	47
Figura 22. Losa dividida de severidad alta(H) ubicada en los paños 01, 02, 03 y 04.....	48
Figura 23. Cálculo de valor deducido para falla por losa dividida (L) en la muestra n°03. ...	48
Figura 24. Losa dividida de severidad baja (L) ubicada en el paño 18.....	49
Figura 25. Sello de junta de severidad media(M) ubicada en toda la muestra.....	49
Figura 26. Cálculo de valor deducido para falla por grieta lineal (L) en la muestra n°03.....	50
Figura 27. Grieta longitudinal de severidad baja (L) ubicada en el paño 12.	51
Figura 28. Cálculo de valor deducido para falla por parcheo grande (M) en la muestra n°03.	51

Figura 29. Parche grande de severidad media (M) ubicada en el paño 18.....	52
Figura 30. Cálculo de valor deducido para falla por pulimento de agregados en la muestra n°03.	52
Figura 31. Pulimento de agregados en la mayoría de los paños de la muestra 03.	53
Figura 32. Cálculo de valor deducido para falla por grieta de retracción en la muestra n°03.	54
Figura 33. Grietas de retracción en el paño 16 de la muestra.	54
Figura 34. Losa dividida de severidad baja (L) ubicada en el paño 18 de la muestra.	58
Figura 35. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra n°04.	59
Figura 36. Parche grande de severidad media (M) ubicado en 17 paños de la muestra.	59
Figura 37. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.....	60
Figura 38. Grieta de retracción en el paño 2 de la muestra.....	61
Figura 39. Sello de junta de severidad media(M) ubicada en toda la muestra n°05.	64
Figura 40. Parche grande de severidad media (M) ubicada en 16 paños de la muestra n°05.	64
Figura 41. Pulimento de agregados en los paños de la muestra n°05.	65
Figura 42. Grieta lineal – transversal de severidad media (M) ubicada en el paño 04.	68
Figura 43. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 15 paños de la muestra.....	69
Figura 44. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.....	70
Figura 45. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 11.....	73
Figura 46. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 17 paños de la muestra.....	74
Figura 47. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.....	75
Figura 48. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra n°08.	78
Figura 49. Grieta lineal – transversal de severidad baja (L) ubicada en el paño 11.	79
Figura 50. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 15 paños de la muestra.....	80
Figura 51. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.....	80
Figura 52. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 18.....	83
Figura 53. Losa dividida de severidad media (M) ubicada en el paño 8.	84
Figura 54. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra N° 09.	85
Figura 55. Grieta lineal – transversal de severidad baja (L) ubicada en el paño 9.	86
Figura 56. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 17 paños de la muestra.....	87
Figura 57. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.....	88
Figura 58. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 18.....	91

Figura 59. Losa dividida de severidad baja (L) ubicada en el paño 6.....	92
Figura 60. Losa dividida de severidad alta (H) ubicada en el paño 15.	93
Figura 61. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra n°10.....	93
Figura 62. Grieta lineal – transversal de severidad baja (L) ubicada en el paño 7.	94
Figura 63. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 13 paños de la muestra.	95
Figura 64. Pulimento de agregados en 12 paños de la muestra.	96
Figura 65. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 01.....	99
Figura 66. Grieta longitudinal de severidad baja (L) ubicada en el paño 11.	100
Figura 67. Pulimento de agregado ubicado en el paño 18.	101
Figura 68. Mapeo de grietas de severidad baja (L) ubicada en el paño 09.	101
Figura 69. Grietas de retracción en los paños de la muestra.	102
Figura 70. Grieta longitudinal de severidad baja (L) ubicada en el paño 06.	105
Figura 71. Pulimento de agregado ubicado en el paño 16.	106
Figura 72. Mapeo de grietas de severidad baja (L) ubicada en el paño 14.	107
Figura 73. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en la muestra n°11.....	110
Figura 74. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 16.....	111
Figura 75. Parche grande de severidad baja (L) en el paño 11.	114
Figura 76. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 6.....	115
Figura 77. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 06.....	118
Figura 78. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 02.....	121
Figura 79. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 08.....	124
Figura 80. Clasificación de acciones de mantenimiento según PCI.	127
Figura 81. Curvas de valores deducidos para falla por pandeo.....	138
Figura 82. Curvas de valores deducidos para grieta de esquina.	138
Figura 83. Curvas de valores deducidos para falla por losas divididas.	139
Figura 84. Curvas de valores deducidos para grieta de durabilidad (D).	139
Figura 85. Curvas de valores deducidos para falla por escalonamiento.	140
Figura 86. Valores deducidos para deterioro del sello de juntas.....	140
Figura 87. Curvas de valores deducidos para desnivel carril/berma.....	141
Figura 88. Curvas de valores deducidos para grieta lineal.....	141
Figura 89. Curvas de valores deducidos para parcheo grande.	142

Figura 90. Curvas de valores deducidos para parcheo pequeño.	142
Figura 91. Curvas de valores deducidos para pulimento de agregados.	143
Figura 92. Curvas de valores deducidos para popouts.	143
Figura 93. Curvas de valores deducidos para bombeo.	144
Figura 94. Curvas de valores deducidos para punzonamiento.	144
Figura 95. Curvas de valores deducidos para cruce de vía férrea.	145
Figura 96. Curvas de valores deducidos para mapa de grietas.	145
Figura 97. Curvas de valores deducidos para fisura de retracción.	146
Figura 98. Curvas de valores deducidos para descascaramiento de esquina.	146
Figura 99. Curvas de valores deducidos para descascaramiento de junta.	147
Figura 100. Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto.	147

RESUMEN

Las calzadas de la calle San Carlos presentaron fallas en el paquete estructural que no están siendo atendidas por nuestras autoridades, generando incomodidad en su transitabilidad, inseguridad vial y mayor costo de reparación al no realizarse un mantenimiento; ante esto fue necesario conocer el estado del pavimento y la severidad de los daños para realizar un mejoramiento y/o reconstrucción. La presente tesis tuvo como objetivo principal analizar el estado actual del pavimento rígido en la calle San Carlos, donde se aplicó el método de Índice de condición del pavimento (PCI). Esta calle muestra 02 periodos de ejecución que se les denominó Pavimento antiguo (año 2002) y Pavimento reciente (año 2012) donde se obtuvieron 08 y 07 muestras respectivamente; el análisis se realizó a través de los formatos obtenidos en la norma ASTM D6433-11 y de la toma de datos en campo para clasificar los daños de acuerdo a su tipo, cantidad y severidad; de esta forma se concluyó que las fallas principales que afectan al pavimento antiguo son: pulimento de agregados (80.71%), parcheo grande (77.19%), grieta lineal (6.47%), losa dividida (3.54%), grieta de esquina (2.87%), sello de junta y en el pavimento reciente sobresaltan: mapeo de grietas (26.74%), grieta lineal (4.17%) y pulimento de agregados. Finalmente resultó un pavimento antiguo **REGULAR** (PCI = **47.30%**) y un pavimento reciente **EXCELENTE** (PCI = **90.60%**).

Palabras clave: pavimento rígido, severidad, índice de condición del pavimento.

ABSTRACT

The roads on calle San Carlos presented failures in the structural package that are not being addressed by our authorities, generating discomfort in their passability, road insecurity and higher repair costs due to not being maintained; Given this, it was necessary to know the state of the pavement and the severity of the damage to carry out an improvement and / or reconstruction. The main objective of this thesis was to analyze the current state of the rigid pavement in calle San Carlos, where the Pavement Condition Index (PCI) method was applied. This street shows 02 execution periods that were called Old Pavement (2002) and Recent Pavement (2012) where 08 and 07 samples were obtained respectively; The analysis was carried out through the formats obtained in the ASTM D6433-11 standard and the data collection in the field to classify the damages according to their type, quantity and severity; In this way, it was concluded that the main faults that affect the old pavement are: aggregate polishing (80.71%), large patching (77.19%), linear crack (6.47%), divided slab (3.54%), corner crack (2.87 %), joint seal and in recent pavement stand out: crack mapping (26.74%), linear crack (4.17%) and aggregate polishing. Finally, there was an old **REGULAR** pavement (PCI = 47.30%) and a recent **EXCELLENT** pavement (PCI = 90.60%).

Keywords: rigid pavement, severity, pavement condition index.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El deterioro de los distintos tipos de pavimentos se constituye como uno de los problemas más comunes dentro del sistema vial de las diversas ciudades, esto debido a múltiples factores como la antigüedad del pavimento, un mal proceso constructivo, sistema de drenaje inexistente e ineficiente, fracturas en el pavimento debido a la implementación de otros servicios (agua, desagüe, etc.), fracturas debido al tránsito de vehículos pesados, etc., es así que la ciudad de Jaén no escapa de esta realidad y es muy común observar en varias de sus principales vías como es el caso de la calle San Carlos en donde se pueden identificar los diversos tipos de fallas producto de los factores ya mencionados.

Pero el problema fundamental es que no se lleva a cabo un mantenimiento y reparación de los daños encontrados durante la vida útil de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se tiene en cuenta cuando esta ha perdido su funcionalidad para la cual fue diseñada. (Nuñez, 2018)

Por esto, en el presente trabajo de investigación se realizó el análisis del estado actual del pavimento rígido de la calle San Carlos, aplicando la metodología de Índice de condición del pavimento (PCI), la cual es la más aceptada hasta el día de hoy en la mayoría de países debido a su precisión y se constituye como la herramienta más completa.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Jaén es una de las provincias más importantes de la región de Cajamarca, debido al incremento poblacional, así como el crecimiento económico y comercial. Para seguir lográndolo, uno de nuestros principales problemas es el deterioro acelerado de nuestros pavimentos los cuales dificultan el tránsito y aumentan la gravedad en los accidentes; a causa que no se tiene consciencia por parte de nuestras autoridades en realizarse un mantenimiento y/o rehabilitación.

Por ello se necesitó analizar una muestra del estado en que se encuentran nuestros pavimentos, para poder hacer de conocimiento a nuestras autoridades y así aportar al desarrollo de un plan de gestión de pavimentos.

La calle en estudio fue la San Carlos, la cual presenta 2 periodos de ejecución denominados como: Pavimento antiguo (2002) que se encuentra en una condición deteriorada, siendo las fallas más severas: grietas, losa dividida, pulimento de agregados, parcheos, entre otros y el Pavimento reciente (2012) que ya presenta grietas lineales y craquelado. Estas fallas generan incomodidad e inseguridad vial principalmente en el pavimento antiguo, pero el problema primordial es que no se realiza ningún mantenimiento menor o correctivo adecuado para la vía, donde se examine cada paño para conocer el estado en que se encuentra y de esta forma prolongar el deterioro de la carpeta de rodadura.

Por lo tanto, es necesario e imprescindible, conocer el estado actual, no solamente cuando el pavimento está próximo a cumplir su vida útil, sino durante la funcionalidad de este, para que el mantenimiento sea el más óptimo a fin de elaborar un plan de gestión de pavimentos, que pueda aplicarse en todas las vías de la ciudad de Jaén y así lograr un costo menor en su reparación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el estado actual del pavimento rígido antiguo y reciente según el método del PCI en la calle San Carlos de la ciudad de Jaén - Cajamarca?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

- El estado actual del pavimento rígido de la calle San Carlos mediante el método de índice de condición del pavimento (PCI) es “MALO” para el pavimento antiguo y “MUY BUENO” para el pavimento reciente.

1.3.2. Hipótesis específica

- Las fallas del pavimento rígido antiguo de la calle San Carlos presenta un alto nivel de severidad.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enfocó en la necesidad de conocer el estado actual del pavimento rígido antiguo y reciente en la calle San Carlos, utilizando el método de índice de condición de pavimento (PCI), para encontrar la cantidad de fallas presentes y el tipo de severidad de cada una. Y así identificar la técnica apropiada para su mantenimiento respectivo.

Es por ello que esta tesis de investigación servirá de referencia o base para investigaciones futuras, así como también la implementación de un plan de gestión de pavimentos en la ciudad de Jaén.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE INVESTIGACIÓN

La investigación se efectuó en la ciudad de Jaén, departamento de Cajamarca. El periodo de exploración fue realizado desde el mes de julio hasta noviembre del 2019.

El tramo en estudio fue el pavimento rígido antiguo y reciente de la calle San Carlos, que comprende entre las calles Tupac Amaru y Arana Vidal.

1.6. LIMITACIONES

No existieron restricciones para realizar dicha investigación.

1.7. OBJETIVOS

A) Objetivo general.

Realizar el análisis del estado actual del pavimento rígido antiguo y reciente según el método del PCI, en la calle San Carlos de la ciudad de Jaén – Cajamarca.

B) Objetivos específicos.

- Realizar un levantamiento topográfico del pavimento rígido de la calle San Carlos.

- Determinar los deterioros existentes del pavimento rígido antiguo y reciente de la calle San Carlos.
- Determinar los niveles de severidad de las fallas que presenta el pavimento rígido antiguo y reciente de la calle San Carlos.

La presente investigación se desarrolló en cinco capítulos:

Capítulo I, contiene el planteamiento del problema, justificación, alcances de la investigación y objetivos.

Capítulo II, se elaboró en base a información disponible en nuestro medio laboral, como lo es la recolección de datos y las bases para el posterior análisis de la información.

Capítulo III, se brinda la ubicación geográfica, la metodología a utilizar durante el procedimiento de la tesis, el análisis de datos y presentación de resultados.

Capítulo IV, contiene el análisis y discusión de resultados. Se describe, explica y discute los resultados de la investigación presentados en el capítulo III.

Capítulo V, contiene las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Internacionales

En la investigación **“Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de Indias y medidas de conservación. Caso de estudio: Carrera 1ra del barrio Bocagrande”**, Cote y Villalba (2017), se concluyó que: El pavimento de la avenida El Malecón obtuvo un valor de PCI= 44.4%, dentro de la escala de clasificación establecida en la norma ASTM D-6433 07, que corresponde a un estado “Regular”. De las losas estudiadas el 65% presentó un estado “Regular”, un 25% “Malo” y un 10% “Bueno”. Las fallas que más afectan la vía, con base en el mayor valor deducido de daño, son desconchamiento, mapa de grietas, craquelado de severidad media, punzonamiento de alta severidad, losa dividida de severidad media, grieta lineal de alta severidad, escala de baja severidad, y por último grieta de esquina de baja severidad; de las cuales la primera tuvo mayor reiteración.

En lo que concierne a la resistencia mecánica, concluyente mediante el ensayo del esclerómetro, todas las unidades arrojaron un valor superior al valor mínimo autorizado, 3500 PSI a la compresión y 525 PSI a la flexión, es decir, es poco factible que las fallas mostradas sean resultado de este parámetro.

Finalmente, la solución económica más factible y técnica es “sellado de grietas y juntas”, siendo estas las fallas que se corresponden a remediar con antelación, ya que poseen una alta influencia en el estado existente de la vía por su aumento y severidad.

2.1.2. Nacionales

(Neira ,2015). En la tesis de investigación **“Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en las calles de la capital del distrito de Sondorillo, provincia de Huancabamba, departamento de Piura”**, concluye que: El índice promedio de condición del pavimento de las calles existentes del distrito de Sondorillo es de 48.80% correspondiendo a un estado regular y los niveles de frecuencia a través de una conclusión visual

en las carreteras 05 de Mayo, Progreso y San Juan de la capital del distrito de Sondorillo, zona de Huancabamba, utilizando la técnica de valoración PCI, se adquieren los resultados que acompañan: peeling en la esquina prevalece con la mitad, rotura vertical y uniforme con un 40%, seguida de rotura directa (roturas rectas) con un 30%, en cuarto lugar los segmentos de patología (limpieza total, rotura y decapado en la esquina) con el 10% cada uno por separado.

(Carbajal, 2018). De acuerdo a su investigación **“Aplicación del método PCI para evaluar las condiciones de la superficie del pavimento rígido en la avenida Chiclayo, José Leonardo Ortiz”**, concluye que: En el kilómetro 1 se obtuvo un PCI de 52.63 lo que representa un estado de pavimento REGULAR, en el kilómetro 2 se obtuvo un PCI de 53.63 lo que representa un estado REGULAR, en el kilómetro 3 se obtuvo un PCI de 54.88 lo que representa un estado de pavimento REGULAR, en el kilómetro 4 se obtuvo un PCI de 40.80 lo que representa un estado REGULAR – MALO y en los kilómetros 5 y 6 tienen un valor de PCI de 49.41 y 46.21 lo que representa un estado de pavimento REGULAR. Las principales fallas que más afectan en la evaluación del pavimento rígido en la avenida Chiclayo son: grieta de esquina (22), losa dividida (23), grieta lineal (28), parche grande (29), parche pequeño (30), pulimiento de agregados (31), grieta de retracción y descascaramiento de juntas (39) de niveles de severidad bajo, medio y alto.

2.1.3. Locales

(Mondragón, 2018). En su tesis de investigación **“Evaluación del índice de condición del pavimento rígido en la calle Mariscal Ureta cuadras 12, 13, y 14 de la ciudad de Jaén-Cajamarca”**, concluye que: El ponderado de índice de condición del pavimento de 38.58%, catalogándose a la fecha como MALO. Las deficiencias más frecuentes medidas en las tres cuadras de la calle Mariscal Ureta son: grietas de esquina, grietas diagonales, grietas longitudinales, grietas transversales, diseño del sello de juntas, descascaramiento de esquina, desconchamiento, parcheo grande, parcheo pequeño, pulimento de agregado. En la calle Mariscal Ureta el principal factor causante del deterioro del pavimento es la baja resistencia del concreto cuyo promedio alcanza 95.25 kg/cm² existiendo un déficit de 114.75 kg/cm² respecto del expediente técnico.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pavimento

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla y dentro de un rango de serviciabilidad. (Vilca, 2011)

La Norma AASHTO considera dos perspectivas para delimitar un pavimento: la de ingeniería y la del cliente:

Según lo indicado por ingeniería, el pavimento es un componente subyacente que se mantiene en toda su superficie en el terreno firme llamado subrasante. Esta capa debe estar lista para soportar un procedimiento de capas de varios espesores, llamado paquete estructural, destinado aguantar cargas externas durante un período de tiempo específico.

Según la perspectiva del cliente, es una superficie que debe brindar seguridad y bienestar al pasear por él. (AASHTO , 1993)

2.2.2. Clasificación de los Pavimentos

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la Figura 1. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros. (Nuñez, 2018)

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible.
- b) Pavimento rígido.
- c) Pavimento híbrido.

a) Pavimento flexible

Como señaló Rodríguez (2009) “También se le denomina pavimento asfáltico, se compone de una cobertura de asfalto en la superficie de apoyo, que permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que esta falle.” (p.04).

Figura 1. Paquete estructural de un pavimento flexible.



Fuente: Recuperado de Rodríguez, 2009, pág. 04.

b) Pavimento rígido

Como señaló Núñez (2018) “Son aquellos hechos por paños de concreto sobre una base, o en la subrasante, que envía directamente las cargas al suelo de una manera definida, es auto opuesta y la medida de concreto debe controlarse”.

Figura 2. Paquete estructural de un pavimento rígido.



Fuente: Recuperado de Rodríguez, 2009, pág. 04.

c) Pavimento híbrido

Como mencionó Rodríguez (2009) “Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Es ideal para regiones metropolitanas, ya que garantiza seguridad y consuelo a los clientes.” (p.05).

Otro ejemplo es como el paquete estructural que se muestra a continuación:

Figura 3. Paquete estructural de un pavimento híbrido.



Fuente: Recuperado de Rodríguez, 2009, pág. 05.

2.2.3. Definición de falla

La falla infiere un deterioro de la estructura de pavimento y ocurre cuando los materiales que la conforman, al exponerse a cargas constantes debido a la actividad del tráfico, sufren resquebrajadura estructural. (Calizaya, 2018)

2.2.4. Cuantificación de las fallas

Las fallas perceptibles deben medirse por los límites que las acompañan: tipo, cantidad y severidad. El tipo alude a la forma en que sean utilitarios o decepciones subyacentes, la seriedad se caracteriza por la presencia de la decepción comunicada en ritmo, en unidad de longitud mediante una representación relativa, o por una mezcla de ellas, muy bien puede ser alta, media o baja y la dilatación se comunica dispuesta por grandeza o como un nivel de las juntas, la cantidad de tablones o la longitud de la calle influenciada. (Calizaya, 2018)

a. Fallas funcionales

Mayormente son leves, se generan cuando un pavimento ha perdido su trabajo subyacente o asignado recientemente. En su mayor parte está situado en la capa poco profunda del pavimento y causa algunos inconvenientes a los transeúntes que hacen uso de la vía. (Calizaya, 2018)

Se pueden distinguir por la percepción visual básica, entre los principales deterioros funcionales que tenemos: el aturdimiento que es el principal impulsor de la rugosidad, la superficie limpia, los pequeños baches, la contracción, la rotura y el desprendimiento. (Calizaya, 2018)

b. Fallas estructurales

Pueden empezar en al menos una capa del pavimento y forman parte de la rotura por el desencanto subyacente de al menos una de sus capas o por la insuficiencia de soporte del suelo que lo sostiene. Estas fallas, cuando son graves, hacen impensable que el pavimento se oponga a las cargas a nivel superficial. (Nuñez, 2018)

Entre las principales tenemos: fallas (longitudinales, transversales y en esquina), levantamientos, roturas por dureza, etc. Un número significativo de estos deterioros no son provocados por la actividad del tráfico, pero sí por diferentes causas como, por ejemplo: procedimientos de ejecución incorrectos, ruptura a baja temperatura, etc. No obstante, la actividad del tráfico acelera la causa de falla. (Nuñez, 2018)

2.2.5. Fallas comunes en Pavimentos Rígidos

Se usa como fuente el Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento pórtland, en el cual se trabaja con la metodología del índice de condición del pavimento (PCI, por su sigla en inglés). (ASTM D6433 - 11, 2011)

a. Blow up – Buckling

Las explosiones o bloqueos ocurren en climas cálidos, generalmente en una ruptura o cruce de una junta que no es lo suficientemente ancha para permitir la losa en expansión. El ancho inadecuado se debe en general a la invasión de materiales incompresibles del espacio en la junta. En el momento en que el desarrollo no puede difundir suficiente factor de presión, se producirá un desarrollo ascendente de los bordes de la losa (pandeo) o fractura cerca de la junta. También pueden ocurrir en canales y en los bordes de canales hechos para el establecimiento de servicios públicos. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de Severidad

L - Provoca una naturaleza de tráfico de baja gravedad.

M - Provoca una naturaleza de tráfico de gravedad media.

H - Provoca una naturaleza de alta gravedad del tráfico.

b. Grieta en esquina

Una ruptura de esquina es aquella que se encuentra con las juntas de una losa a una buena distancia, no exactamente o equivalente a una gran parte de la longitud de la pieza en los dos lados, estimada a partir de la esquina. Por ejemplo, un paño con medidas de 3,50 m por 6,00 m presenta un giro de 1,50 m en un lado y a 3,50 m en el lado opuesto, esta ruptura no se ve como una ruptura de esquina sino una ruptura torcida; no obstante, una ruptura que converge un lado a 0,50 m y el lado opuesto a 2,50 m en caso de que sea cualquier cosa menos una ruptura de esquina. Esta contrasta con un desmoronamiento de esquina en que una se ensancha hacia arriba a través de todo el espesor de la sección, mientras que la otra cruza la junta en un punto. En su mayor parte, la redundancia de cargas unida a la deficiencia de soporte y poderes de torsión provocan roturas en las esquinas. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Nivel de severidad

L – La grieta se caracteriza por una rotura de baja gravedad y la región entre la grieta y las juntas está algo rotas o no presenta falla alguna.

M - Se caracteriza por una rotura de gravedad media o la región entre la rotura y las juntas presenta una grieta de gravedad media (M).

H- Se caracteriza por una rotura de gran gravedad o la región entre la articulación y las roturas está gravemente rotas.

c. Losa dividida

La losa se rompe en al menos cuatro pedazos debido a una sobrecarga o un soporte deficiente. En el caso de que todas las piezas o roturas estén contenidas en una rotura de esquina, el daño se delega en una rotura de esquina grave.

Nivel de severidad

En la siguiente tabla, se registran los niveles de severidad para losas divididas.

Tabla 1. Niveles de severidad para fallas por losas divididas.

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 o más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: ASTM D 6433-11.

d. Grietas de durabilidad “D”

Estas son provocadas por la expansión o desarrollo de los agregados totales debido a la medida de congelación-descongelación, que agrieta constantemente el hormigón a lo largo del recorrido. Generalmente, este daño se presenta como un ejemplo de roturas iguales y cercanas a una rotura conjunta o directa. Dado que el concreto se cala cerca de las juntas y se rompe, se espera que encuentre una tienda de tonos tenues cerca de las roturas "D". Este tipo de daño puede provocar la inevitable aniquilación de toda la pieza. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

L: Se considera cuando éstas resguardan menos del 15% de la región de la sección. La mayor parte de las roturas están cerradas, sin embargo, es posible que se hayan soltado un par de piezas.

M: Existe una de las condiciones que la acompañan:

1. Cuando es inferior del 15% de la región de la sección y la mayoría de las piezas se han despegado o pueden eliminarse sin esfuerzo.
2. Cuando es superior del 15% del espacio. La mayor parte de las roturas están cerradas, sin embargo, un par de piezas se han liberado o se pueden sacar de manera efectiva.

H: Cuando cubren más del 15% del espacio y la mayoría de las piezas se han liberado o pueden eliminarse eficazmente.

e. Escala

Es la disconformidad de altura a través de la junta. Algunas procedencias frecuentes que la originan son: (ASTM D6433 - 11, 2011)

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Niveles de severidad

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Nivel de severidad por falla de escala.

Nivel de severidad diferencia en elevación	
L	3 a 10mm
M	10 a 20mm
H	Mayor que 20mm

Fuente: ASTM D 6433-11.

f. Daño de sello de la junta

Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. (ASTM D6433 - 11, 2011). Los tipos comunes de daño articular son:

- a. Expulsión del sellador de la junta.
- b. Expulsión de sellante.
- c. Desarrollo de la vegetación.
- d. Solidificación del material de relleno.
- e. Desgaste de adherencia a los bordes del trozo.

f. Necesidad o no aparición de sellador en la junta.

Niveles de severidad

L - El sellador se ajusta en buena condición en todo el segmento. Funciona bien, con daños menores.

M - Está en condiciones razonables durante toda la pieza, y al menos uno de los tipos de daño ocurre en un grado moderado. El sellador requiere sustitución en dos años.

H - Se encuentra en una condición comúnmente aceptable en todo el segmento, con al menos uno de los daños mencionados anteriormente, que ocurren en un grado grave. El sellador requiere una sustitución inmediata.

g. Desnivel carril / berma

La pendiente del camino / berma es la distinción entre el asentamiento o desintegración de este y el filo del pavimento. La distinción de niveles puede suponer un peligro para la seguridad. También puede ser provocado por una invasión de agua expandida. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Nivel de severidad

L - La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 50.0 mm.

M- La diferencia de niveles es de 50.0 mm a 100.0 mm.

H - La diferencia de niveles es mayor que 100.0 mm

h. Grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales)

Estas roturas, que fraccionan la losa en unos pocos pedazos, generalmente son provocadas por una mezcla de pesadas cargas de tráfico y distorsión de la inclinación por el calor o la humedad. Las losas fragmentadas en al menos cuatro piezas se consideran secciones separadas. Por lo general, las roturas de baja gravedad se identifican con retorcerse o frotarse y no se consideran un daño primario importante. Las roturas finas, de un par de pies de largo y que no proliferan a lo largo de toda la sección, se consideran roturas por retracción. (ASTM D6433 - 11, 2011)

i. Parche grande (mayor de 0.5 m²)

Un arreglo es una región donde el primer pavimento ha sido separado y reemplazado por material nuevo. Un corte de servicios públicos es un arreglo que ha suplantado al primer pavimento

para tener en cuenta el establecimiento o soporte de instalaciones subterráneas. Los niveles de gravedad de una excavación para un servicio público son equivalentes a los de la solución normal. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

L - El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M - El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.

H - El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

j. Parche pequeño (menor de 0.5 m2)

Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

L: El parche está trabajando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche está sobriamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con enorme esfuerzo.

H: El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige sustitución.

k. Pulimento de agregados

Este daño se produce por la utilización repetida de las cargas de tráfico. En el momento en que los totales a nivel superficial se vuelven delicados al tacto, la sujeción del neumático disminuye enormemente. En el momento en que la parte del total que se desarrolla sobre la superficie es chica, la superficie de pavimento no favorece del todo a disminuir la velocidad del vehículo. La limpieza total que se desarrolla sobre el pavimento es inmaterial y suave al tacto. Este ejemplo de daño se contabiliza cuando el efecto secundario de una prueba de obstrucción por deslizamiento es bajo o ha disminuido por completo en comparación con evaluaciones anteriores. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

No se caracterizan niveles de gravedad. Sea como fuera, el nivel de limpieza debe ser crítico antes de que se recuerde como un stock de la condición y se califique como una deformidad.

l. Popout

Es un pedacito de pavimento que quita el exterior del mismo. Es muy posible que se deba a partículas delicadas o astillas de madera rotas y desgastadas por el tráfico. Cambian de tamaño con anchos entre 25,0 mm y 100,0 mm y espesores de 13,0 mm a 50,0 mm (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

No se caracterizan niveles de gravedad. No obstante, debe transcurrir algún tiempo antes de que se registre como daño. El espesor normal debería superar alrededor de tres por cada metro cuadrado en todo el espacio de la pieza.

m. Bombeo

Es la remoción de material de la losa a través de juntas o roturas. Esto se produce por la redirección de la pieza debido a las cargas. En el momento en que una carga pasa entre la unión de los paños, el agua se restringe primero debajo de la sección frontal y luego de regreso debajo de la parte trasera. Esta actividad disuelve y finalmente elimina las partículas del suelo que crean una pérdida reformista del soporte del pavimento. También se puede reconocer por manchas en el paño y prueba de material de base o subrasante en el pavimento cerca de juntas o roturas. Y cerca de las juntas es provocado por un sellador de juntas indefenso y muestra una pérdida de ayuda. A la larga, las cargas repetidas causarán rupturas. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

No se precisan grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

n. Punzonamiento

Este daño es un área delimitada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar varias formas y figuras desiguales, pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy colindantes, usualmente con 1.50 m entre sí. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Este daño se causa por la repetición de cargas brutas, el grosor impropio de la losa, el desgaste del soporte de la fundación o una falta localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros). (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

Tabla 3. Niveles de severidad para falla por punzonamiento.

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	H	H	H

Fuente: ASTM D 6433-11.

o. Cruce en vía férrea

Este daño se caracteriza por huecos o bultos alrededor de los rieles. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

L - Produce disposición de tráfico de baja severidad.

M - Produce calidad de tráfico de severidad media.

H – Produce calidad de tráfico de alta severidad.

p. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado

Esta alude a una organización de roturas superficiales, delicadas o delgadas, que se desarrollan hasta el punto más alto de la superficie sustancial. En general, los descansos se encontrarán en puntos de 120 grados. En general, este daño ocurre debido a un cuidado excesivo en la terminación y puede provocar astillado, que es la ruptura de la superficie de la pieza a una profundidad de aproximadamente 6,0 mm a 13,0 mm. El astillado también puede ser provocado por un desarrollo desaconsejado y totales de baja calidad. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

L - El craquelado ocurre en una gran parte de la región de la sección; la superficie está en condiciones aceptables con solo un pequeño desportillado presente.

M - La losa está astillada, pero menos del 15% del fragmento está influenciado.

H - La losa esta astillada en más del 15% de su espacio.

q. Grietas de retracción

Son cortes delgados, por lo general de un par de pies de largo y no se expanden a lo largo de toda la sección. Se enmarcan durante el fraguado y el alivio del cemento y, en su mayor parte, no se extienden por el espesor de la sección. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

No se caracterizan grados de gravedad. Basta con demostrar que están presentes.

r. Descascaramiento en esquina

Es la ruptura del paño a unos 0,5 m de la esquina. Este varía de una ruptura de esquina en que la gota típicamente se hunde para bloquear la junta, mientras que la ruptura se ensancha hacia arriba a través de la esquina de la sección. Un descascaramiento de menos de 130 mm estimado en los dos lados desde la rotura hasta la esquina no debe registrarse. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Niveles de severidad

En el cuadro siguiente se listan los niveles de severidad para el descascaramiento de esquina. El descascaramiento de esquina con un área menor que 650cm (10 in²) desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Tabla 4. Niveles de severidad para falla por descascaramiento de esquina.

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	130.0 x 130.0 mm a 300.0 x 300.0 mm	Mayor que 300.0 x 300.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
>25.0 mm a 50.0 mm	L	M
Mayor de 50.0 mm	M	H

Fuente: ASTM D 6433-11.

s. Descascaramiento en junta

Es la rotura de los cantos de la pieza en los 0,60 m de junta. En general, no se expande hacia arriba a través del paño, sin embargo, se encuentra con la junta en un punto. (ASTM D6433 - 11, 2011) Se origina por:

1. Esfuerzos enormes en la junta producidos por las cargas de tráfico o por la penetración de materiales incompresibles.
2. Concreto enclenque en la junta por exceso de maniobra.

Niveles de severidad

En el cuadro se muestran los niveles de severidad para descascaramiento de junta. Una junta gastada, en la cual el concreto ha sido usado a lo largo de toda esta se califica como de baja gravedad. (ASTM D6433 - 11, 2011)

Tabla 5. Niveles de severidad de falla por descascaramiento de junta.

Fragmentos del descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.5m	>0.5m
Duros. No se pueden mover fácilmente (pueden faltar unos pocos fragmentos).	>100mm	L	L
	>100mm	L	L

Sueltos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 100mm	L	M
	>100mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 100mm	L	M
	>100mm	M	H

Fuente: ASTM D 6433-11.

2.2.6. Tipos de evaluación de pavimentos

Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

- VIZIR
- FHWA 1 OH99 1 004
- ASTM D 6433-11

Evaluación de la condición de un pavimento

- En la actual investigación se utilizó la estrategia normalizada por ASTM, que ha sido creada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (Shahin, 1976-1994); utilizado para la evaluación de terminales aéreos, calles y áreas de estacionamiento. Este es quizás el sistema de evaluación más completo ya que incluye el pavimento más común en la ciudad de Jaén, que es el pavimento rígido.

2.2.7. Índice de condición del pavimento (PCI- Pavement condition index)

- ✓ El PCI es un indicador numérico que clasifica a la superficie condición del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición actual del pavimento sobre la base de deterioro observado en la superficie del pavimento, que también indica la integridad estructural y estado de la superficie operativa (localizada la rugosidad y la seguridad). (ASTM D6433 - 11, 2011).

En el siguiente cuadro se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento.

Tabla 6. Rangos de clasificación del Método PCI.

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

Fuente: (ASTM D6433 - 11, 2011)

El cálculo del PCI se basa en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada falla presentada. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y del estado operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las procedencias de los daños y su analogía con las cargas o con el clima. (Vásquez, 2002)

a. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La primera etapa pertenece al trabajo de campo en el cual se asemejan los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta averiguación se registra en formatos adecuados para tal fin. La Tabla 7 ilustra el formato para la inspección de pavimentos de concreto. La figura es demostrativa y en la práctica debe suministrar el espacio necesario para consignar toda la información oportuna.

Determinación de las unidades de muestreo para evaluación:

En la evaluación de un proyecto, se deben examinar todas las unidades; o de no ser posible, el número aceptable de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un considerado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confianza del 95%. (Vásquez, 2002)

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

Donde:

n: número imperceptible de componentes de muestreo a evaluar.

N: número general de unidades de muestreo en la unidad del pavimento.

e: error aceptable en el estimativo del PCI de la unidad (e = 5%)

s: desvío estándar del PCI entre las unidades.

Durante la exploración inicial se toma una desviación estándar (s) del PCI de 15 para asfalto de concreto (alcance de PCI de 35) En los exámenes resultantes, se utilizará la desviación estándar genuina (o rango de PCI) de la evaluación anterior para decidir el número base de unidades a evaluar. (Vásquez, 2002)

En el momento en que el número base de unidades a evaluar sea inferior a cinco ($n < 5$), se deben evaluar todas las unidades. (Vásquez, 2002)

Selección de las unidades de muestreo para inspección:

Se sugiere que las unidades recolectadas se dispersen de manera similar a lo largo del área de asfalto y que la primera de ellas sea recolectada sin rumbo (arbitrariedad deliberada) de la siguiente manera: (Vásquez, 2002)

a. El tramo de examen (I) se comunica mediante la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

N: número total de unidades de prueba accesibles.

n: número mínimo de unidades a evaluar.

i: estiramiento de muestreo, ajustado al número entero más bajo (por ejemplo, 3.7 rondas a 3).

b. El comienzo arbitrario se elige entre probar la unidad 1 y examinar el tramo i .

De esta manera, en el caso de que $I = 3$, la unidad de prueba subyacente a investigar puede estar en algún lugar en el rango de 1 y 3.

Las unidades de prueba para la evaluación se distinguen como (S) , $(S + 1)$, $(S + 2)$, etc.

Continuando con el modelo, si la unidad de prueba de investigación elegida subyacente es 2 y el intervalo de examen (I) es equivalente a 3, las unidades de prueba resultantes que se revisarán serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sea como fuera el caso, si se necesitan cantidades exactas de daños para ofrecer archivos (de recuperación), se debe revisar cada unidad de prueba. (Vásquez, 2002)

Selección de unidades de muestreo adicionales:

Una de las desventajas importantes de la estrategia arbitraria es el rechazo del ciclo de examen y evaluación de algunas unidades de inspección en condiciones de imposibilidad. Asimismo, podría suceder que las unidades de prueba que tienen daños que solo ocurren una vez (por ejemplo, "cruce de línea de ferrocarril") se recuerden incorrectamente como un ejemplo arbitrario. (Vásquez, 2002)

Para mantenerse alejado de esto, el examen debe establecer cualquier unidad de prueba extraña y revisarla como una "unidad extra" en lugar de una "unidad de agente" o arbitraria. En el momento en que se incorporan unidades de prueba adicionales, la estimación de PCI se ajusta un poco para evitar la extrapolación de condiciones sorprendentes en todo el segmento. (Vásquez, 2002)

Evaluación de la condición:

La metodología cambia según lo indicado por el tipo de superficie de pavimento que se investiga. El significado de daño en este manual debe seguirse estrictamente para adquirir una estima confiable de PCI. (Vásquez, 2002)

La evaluación de la condición incorpora las perspectivas que la acompañan:

a. Grupo.

- Wincha para cuantificar longitudes y determinar las regiones dañadas.
- Regla y cinta métrica para configurar las profundidades de surcos o depresiones.
- Manual de daños PCI con los diseños correspondientes y en cantidad adecuada para la mejora del movimiento.

b. Interacción.

Se investiga una unidad de examen para medir el tipo, la suma y la gravedad del daño según el Manual de daños, y los datos se registran en el diseño correspondiente. Las definiciones y estrategias para estimar el daño deben conocerse y seguirse estrictamente. Se utiliza una estructura o "hoja de datos de investigación de condiciones" para cada unidad de inspección y en los arreglos se utiliza cada línea para registrar un daño, su grado y su nivel de gravedad. (Vásquez, 2002)

b. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo:

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los "*Valores deducidos*" de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. (Vásquez, 2002)

Cálculo para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento p^órtland (Vásquez, 2002)

Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos.

1. a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.

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

1. c. Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de "*Valor deducido de daño*" apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m) (Vásquez, 2002)

2. a. Suponiendo que ninguno o solo uno de los "valores derivados" es más prominente que 2, el "valor deducido completo" en lugar del "valor deducido revisado", CDV, que obtuvo en el paso 4. Algo más, se deben seguir los pasos 2.b. también, 2.c.

2. b. Reducir los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Decida el "número máximo permisible de valores deducidos"(m), utilizando la ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \quad \text{Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

donde: m_i : número más extremo aceptable de "calidades concluidas", incluida la porción, para la unidad de prueba I.

HDV_i : el incentivo concluido individual más destacado para probar la unidad I.

2. d. La cantidad de cualidades individuales deducidas se reduce m , incluida la parte parcial.

En el caso de que haya menos cualidades derivadas que m , se utilizan todas las que existen.

Etapa 3. Valor de la "Estimación deducida rectificada más extrema", CDV. (Vásquez, 2002)

El mayor CDV viene dictado por el ciclo iterativo que lo acompaña:

3. a. Decida la cantidad de cualidades derivadas, q , más prominentes que 2.0.

3. b. Decida el "valor deducido absoluto" sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c. Decida el CDV con q y el "valor total deducido" en la curva de ajuste para el tipo de pavimento.

3. d. Disminuir a 2.0 el más modesto de los "valores deducidos" individuales que es más prominente que 2.0 y repita los pasos 3.a. a 3.c. hasta que q se acerque a 1.

3. e. El mayor CDV es el más elevado de los CDV adquiridos en este ciclo.

Etapla 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV. (Vásquez, 2002)

En la Figura 4 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “máximo valor deducido corregido”, CDV.

Figura 4. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.

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

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Fuente: Recuperado de Vásquez Valera, 2002, pág. 08.

c. Cálculo del PCI de una sección de pavimento:

Un segmento de pavimento incluye algunas unidades de examen. En el caso de que se disponga de todas las unidades de inspección, el PCI del segmento será el normal del PCI determinado en las unidades de examen. (Vásquez, 2002)

Si se utilizó el método de examen, se utiliza otra estrategia. En el caso de que la elección de las unidades de prueba para el examen se hiciera utilizando el procedimiento arbitrario metódico o en vista de la representatividad del segmento, el ICP será el normal de los ICP de las unidades de inspección evaluadas. En el caso de que se utilizaron unidades de examen adicionales, se utiliza una normal ponderada determinada de la siguiente manera: (Vásquez, 2002)

$$PCI_S = \frac{[(N-A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Estado actual del pavimento:** Es el resultado de la inspección visual que nos permite valorizar numéricamente el estado que presenta. (Vásquez, 2002)
- **Inspección visual:** Procedimiento para evaluar y calificar objetivamente la condición de una determinada infraestructura. Se realiza observaciones de rigor sobre las patologías que presentan. (Vásquez, 2002)
- **Severidad:** Es la condición progresiva que presenta una infraestructura, entre más severo sea la falla, más importante serán las medidas correctivas. (Vásquez, 2002)
- **Nivel de servicio:** Son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y en seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles. (MTC , 2008, págs. 2-54)
- **Sección transversal:** Representación gráfica de una sección del camino en forma transversal al eje y a distancias específicas. (MTC , 2008, págs. 2-54)
- **Superficie de rodadura:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles. (MTC , 2008, págs. 2-54)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del proyecto:

“ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE SAN CARLOS DE LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA”

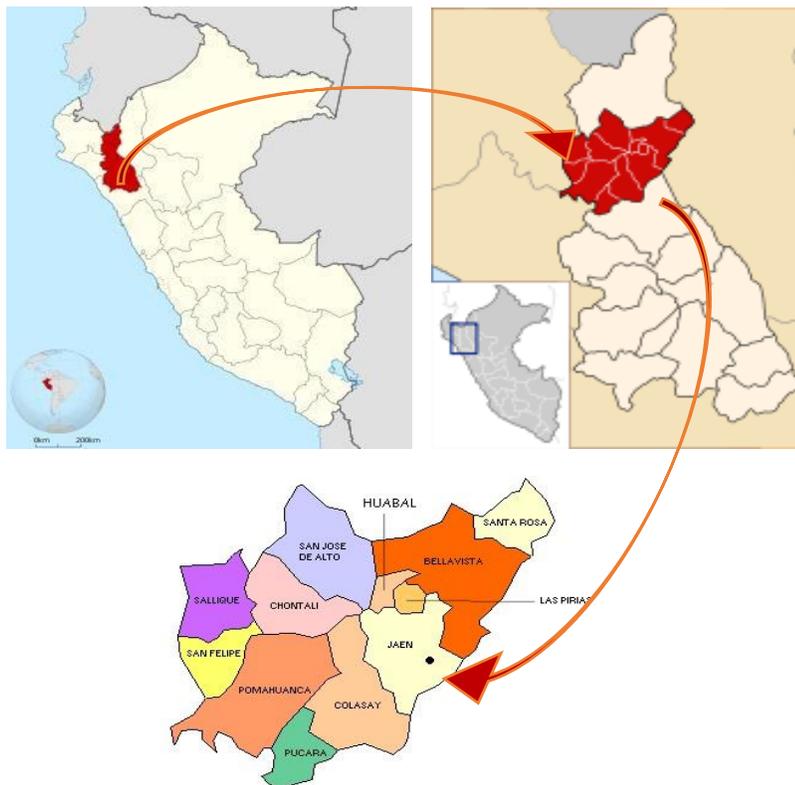
3.1.1. Ubicación Política

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Jaén.

Figura 5. Mapa del Perú, departamento de Cajamarca, donde se halla situada la ciudad de Jaén.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Cajamarca

Figura 6. Plano general de ubicación de la calle San Carlos.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.1.2. Ubicación geográfica

Tabla 8. Ubicación geográfica de la calle por coordenadas UTM – geográficas.

TRAMO	COORDENADAS UTM WGS-84		COORDENADAS GEOGRÁFICAS – Zona 17		
	NORTE	ESTE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
INICIO	9368202.30	742650.50	78° 48' 33'' OESTE	05° 42' 42'' SUR	725 MSNM
FIN	9367119.80	743207.00	78° 48' 15'' OESTE	05° 42' 45'' SUR	721 MSNM

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.2. TIEMPO EN QUE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

- Este trabajo se efectuó en el mes de septiembre del 2019 donde se evaluaron todas las fallas detectadas en la calle San Carlos, de la ciudad de Jaén, departamento de Cajamarca.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

- Población

En el estudio se tiene como población a todos los pavimentos rígidos de la ciudad de Jaén, región Cajamarca.

- Muestra

La muestra de estudio está dada por el pavimento rígido de la calle San Carlos de la ciudad de Jaén.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Hojas de exploración para la recolección de datos.
- Manual de daños para la evaluación de pavimentos con superficie de concreto para un mejor análisis.
- Wincha de 50m para medir y calcular las áreas de las faltas.
- Cámara fotográfica para respaldar el trabajo in situ.
- G.P.S. Garmin.

3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo cuantitativa, ya que implica la recolección de datos y análisis estadístico, los cuales son las posibles causas para determinar el estado actual de la calle en estudio.

El nivel es descriptivo de corte transversal, debido a que se da en un periodo determinado. Esta investigación es un diseño no experimental; ya que se usó la observación y recolección de datos en un solo momento, en un tiempo único. La metodología que se usó es el método hipotético-deductivo.

El estudio consistió en 3 etapas. Las cuales se detallan a continuación:

Etapas 1. Información secundaria: En esta etapa se recolectó la información de revistas científicas, manuales y normas, trabajos de tesis y documentos relacionados con las patologías en el pavimento rígido, así como la aplicación del método del PCI.

Etapas 2. Información primaria: En esta etapa se realizó un trabajo de recolección de información en campo, a través de la observación como paso fundamental de esta inspección visual; de tal manera que, se obtendrá la información necesaria para la identificación, clasificación, posterior análisis y evaluación de cada una de las lesiones patológicas que afectan el pavimento rígido de calle San Carlos, aplicando el método del índice de condición de pavimento (PCI).

Etapas 3. Resultados: Para el análisis de los datos recolectados en la inspección visual de esta investigación de tipo descriptivo y de naturaleza mixta, se recurrió a la elaboración de cuadros, gráficos de porcentajes y valores deducidos para calcular el índice de condición del pavimento y clasificarlo de acuerdo al rango especificado. Los cuadros y gráficos fueron elaborados en el programa excel.

3.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente.

- Estado del pavimento.

Variable independiente.

- Índice de condición del pavimento (PCI).

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 9. Operacionalización de variables.

Título: “ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE SAN CARLOS DE LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA”.					
Definición operacional de las variables / categorías					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables / categorías	Variables / categorías	Dimensiones / factores	Indicadores / cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos
El estado actual del pavimento rígido de la calle San Carlos mediante el método de índice de condición del pavimento (PCI) es “MALO” para el pavimento antiguo y “MUY BUENO” para el pavimento reciente.	Condición cuantitativa de un pavimento. Tipo y grado de la falla en cada paño.	Variable dependiente: Estado del pavimento.	Si el valor es 0 es la peor condición y es 100 si es un pavimento excelente.	Rango de clasificación del método PCI.	-Formato de exploración para las muestras. -Levantamiento topográfico de la calle en estudio.
		Variable independiente: Índice de condición del pavimento.	-Tipo de falla -Severidad (m, cm, mm, m ²).	-En el método PCI existen 19 tipos de fallas. - Bajo (L), medio (M), alto (H).	Manual del método del PCI, formatos de inspección, toma de datos en campo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 10. Matriz de consistencia.

Título: “ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE SAN CARLOS DE LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA”.								
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables / categorías	Dimensiones / factores	Indicadores / cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
¿Cuál es el estado actual del pavimento rígido antiguo y reciente según el método del PCI en la calle San Carlos de la ciudad de Jaén - Cajamarca?	Objetivo general: -Realizar el análisis del estado actual del pavimento rígido antiguo y reciente según el método del PCI, en la calle San Carlos de la ciudad de Jaén – Cajamarca.	Hipótesis general: El estado actual del pavimento rígido de la calle San Carlos mediante el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI) es “MALO” para el pavimento antiguo y “MUY BUENO” para el pavimento reciente.	Variable dependiente: Estado del pavimento.	Si el valor es 0 es la peor condición y es 100 si es un pavimento excelente.	Rango de clasificación del método PCI.	Formato de exploración para las muestras. Levantamiento topográfico de la calle en estudio.	La investigación es de tipo cuantitativa, El nivel es descriptivo de corte transversal, el diseño es no experimental y la metodología que se usará es el método hipotético - deductivo.	Población. Los pavimentos rígidos de la ciudad de Jaén, región Cajamarca. Muestra. El pavimento rígido de la calle San Carlos de la ciudad de Jaén.
	Objetivos específicos: -Realizar un levantamiento topográfico del pavimento rígido de la calle San Carlos. -Determinar los deterioros existentes del pavimento rígido antiguo y reciente de la calle San Carlos.	Hipótesis específicas: Las fallas del pavimento rígido antiguo de la calle San Carlos presenta un alto nivel de severidad.						
	-Determinar los niveles de severidad de las fallas que presenta el pavimento rígido antiguo y reciente de la calle San Carlos.	Variable independiente: Índice de condición del pavimento.						

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.9. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CALLE SAN CARLOS

- Descripción general de la vía

La calle San Carlos es considerada como una vía local según la norma técnica C.E. 010 Pavimentos urbanos, definida así por su función que cumple. Consta de 13 cuadras, donde solo 7 cuadras son pavimentadas; se ejecutó en 2 periodos distintos, donde consideramos pavimento antiguo y pavimento nuevo, para un mejor alcance se detalla a continuación:

El pavimento antiguo de la calle San Carlos abarca las cuadras n°02, n°03 y n°04 que fueron ejecutadas en el año 2002, tiene una antigüedad de 19 años y tiempo en que la Municipalidad Provincial de Jaén no ha realizado mantenimientos puntuales tanto en la calzada como en las veredas, teniendo en cuenta que aún no cumple su ciclo de vida y ya presenta diversas fallas, sin embargo, la calle es transitable con dificultad. El pavimento antiguo con las siguientes características:

- Longitud del pavimento antiguo : 384.50 m.
- Ancho de calzada : 6.50 m.
- Ancho de carril : 3.25 m.
- Largo del paño : 4.90 m.
- Superficie de rodadura : Concreto.
- Ancho de veredas : 1.00 m – 1.50 m.
- Inicio : Calle Tupac Amaru.
- Fin : Calle Alfredo Bastos.

A inicios del año 2012, la Empresa Cobra realizó trabajos de servicios públicos de Agua y desagüe, lo cual generó parcheos en el pavimento de las cuadras n°02, n°03 y n°04, acelerando un deterioro en los paños de las losas.

El pavimento nuevo de la calle San Carlos fueron ejecutadas en el año 2012 y abarca las cuadras n°01, n°05, n°08 y n°09 (Las cuadras n°06 y n°07 no están pavimentadas), tiene una antigüedad de 9 años y tiempo en que la Municipalidad Provincial de Jaén no ha realizado algún tipo de mantenimiento tanto en la calzada como en las veredas, teniendo en cuenta que aún no cumple su

ciclo de vida y ya presenta algunas fallas, la calle es normalmente transitable. El pavimento nuevo con las siguientes características:

- Longitud del pavimento antiguo : 262.00 m.
- Ancho de calzada : 7.00 m (promedio).
- Ancho de carril : 3.50 m (promedio).
- Largo del paño : 4.00 m.
- Superficie de rodadura : Concreto.
- Ancho de veredas : 1.00 m – 1.20 m.
- Inicio : Calle Sánchez Carrión.
- Fin : Calle Arana Vidal.

- Descripción de la unidad de muestra

El pavimento es rígido sin refuerzo, las superficies de los paños son variables debido a que existen dos periodos de ejecución a lo largo de toda la vía.

El tamaño de las losas determina en cierta forma la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales. La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m. (Manual de carreteras: Sección suelos y pavimentos)

Figura 7. Descripción fotográfica de la calle San Carlos.

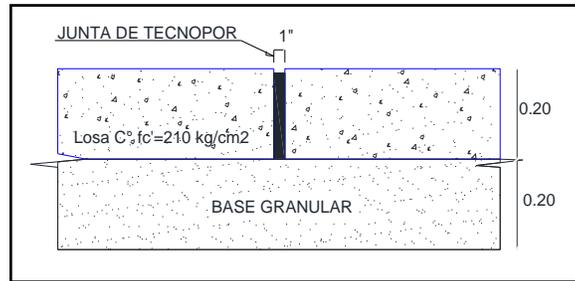


Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Estructura del pavimento existente

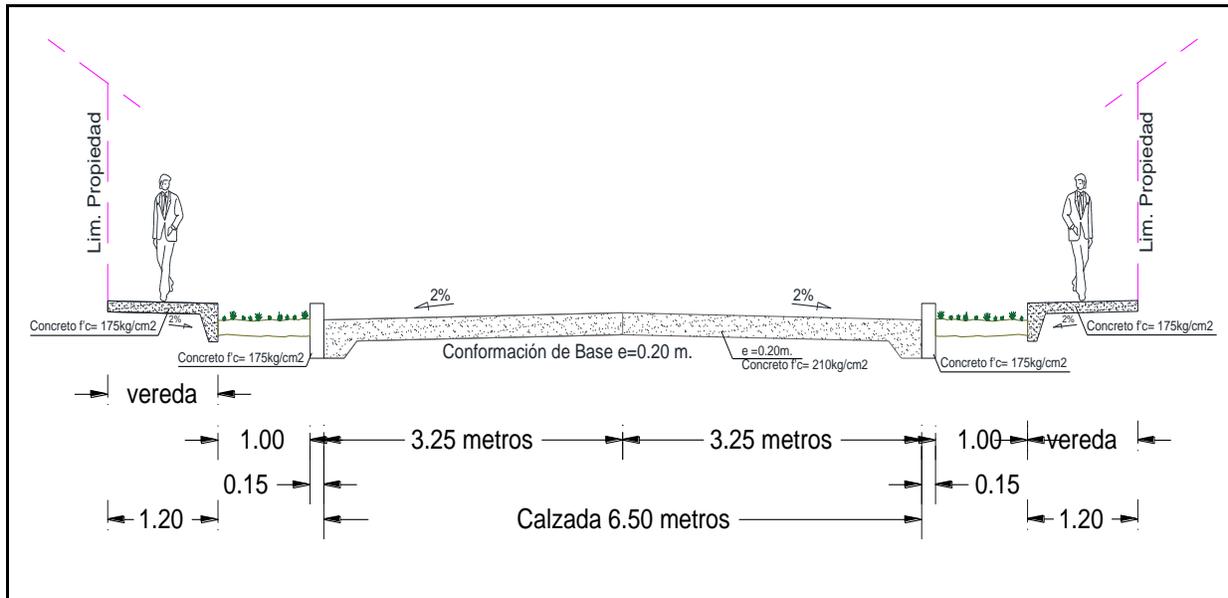
La capa de rodadura en ambos pavimentos es de concreto hidráulico con espesor de 20 cm y debajo está una capa base de afirmado seleccionado, espesor de 20 cm. (Especificado en el Expediente técnico).

Figura 8. Paquete estructural del pavimento antiguo y reciente de la calle San Carlos.



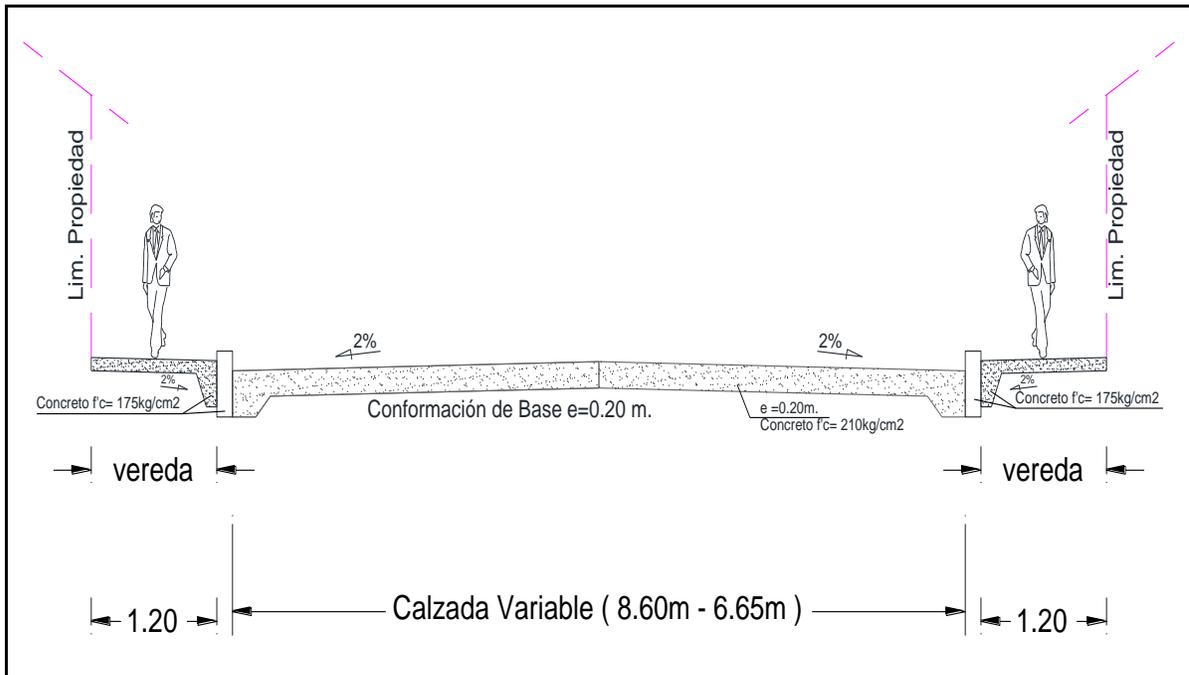
Fuente: Expediente técnico de la calle San Carlos, 2012.

Figura 9. Detalle de la sección transversal del pavimento antiguo de la calle San Carlos.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 10. Detalle de la sección transversal del pavimento nuevo de la calle San Carlos.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

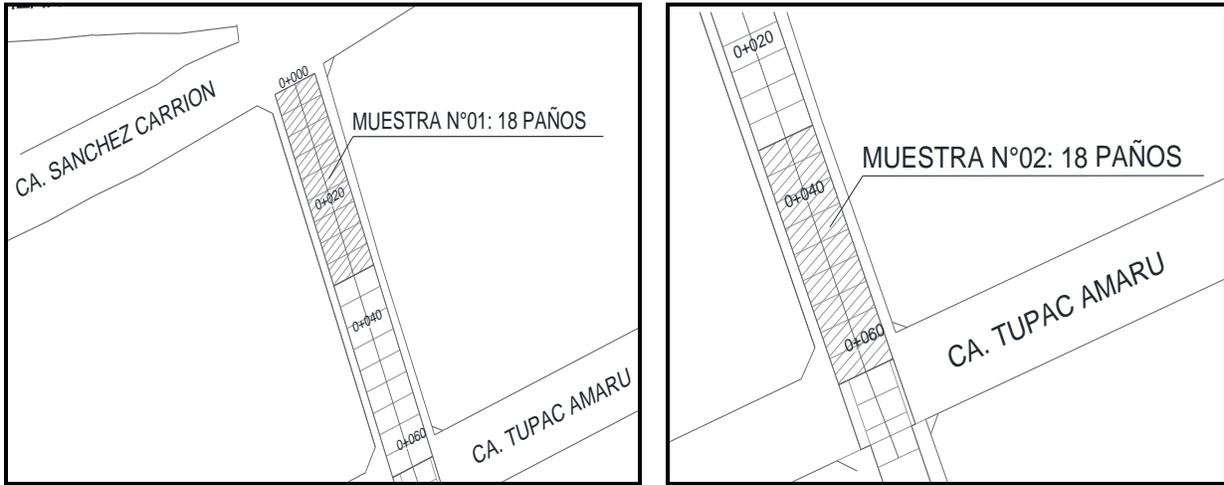
- División de las unidades de muestra

Como muestra la norma ASTM D 6433, si los paños no pasan de 7.60 metros de largo el rango de losas para valorar será de 20 ± 8 losas.

- Selección de las unidades de inspección

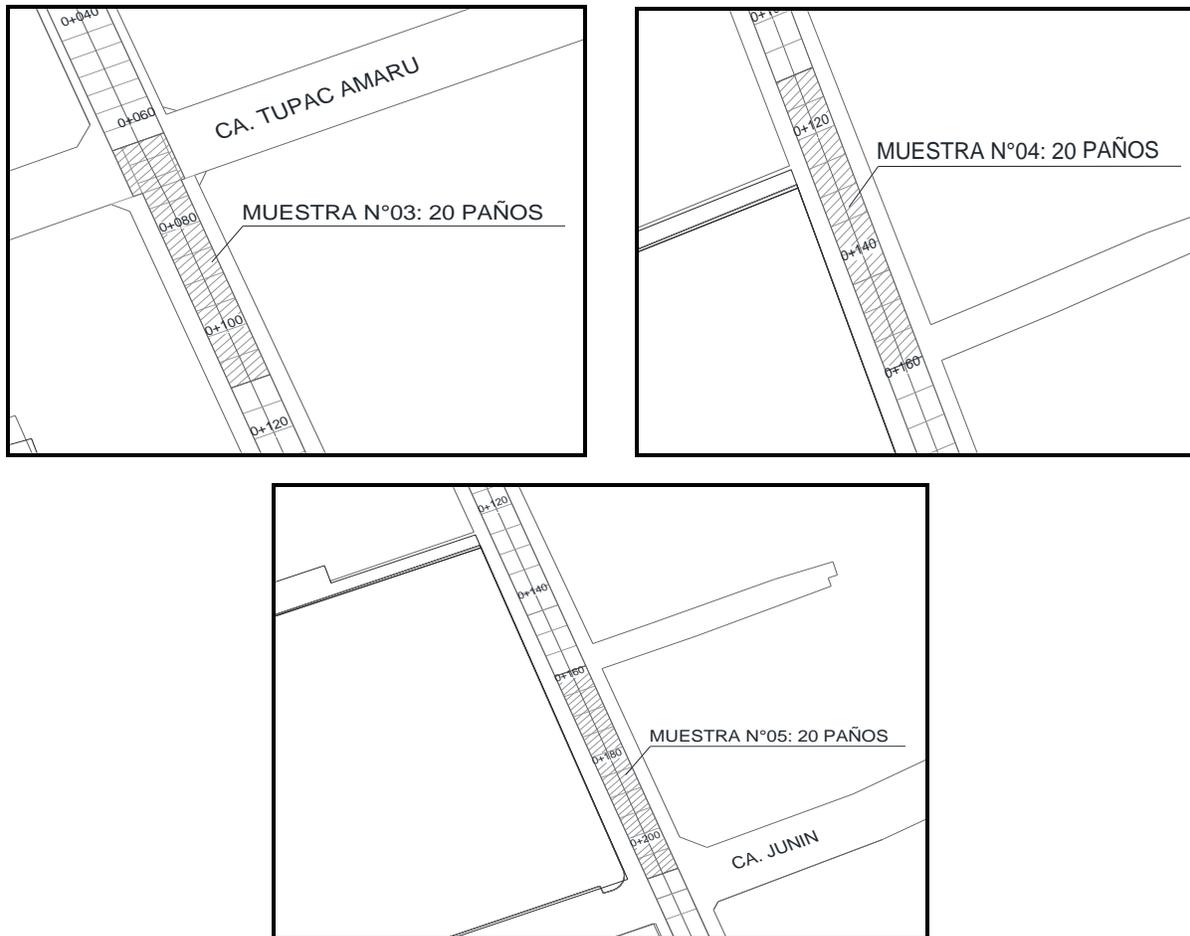
En vista que se tiene 13 cuadras de la calle San Carlos, de las cuales solo las cuadras n°1, n°2, n°3, n°4, n°5, n°8 y n°9 presentan pavimento rígido, donde se aplica la división de la muestra. Como no se calcula una gran amplificación, se ha estimado evaluar todo el pavimento rígido en las cuadras pavimentadas y como unidad de muestra un promedio de 20 losas, para aplicar el método PCI.

Figura 11. Ubicación de la muestra 01 y 02 en la cuadra n°01.



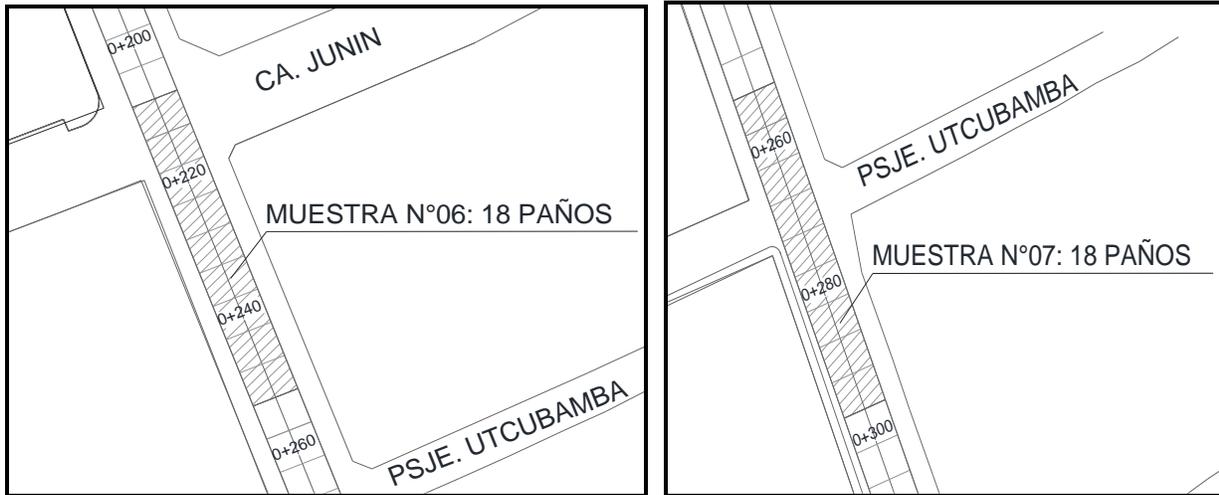
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 12. Ubicación de la muestra 03, 04 y 05 en la cuadra n°02.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 13. Ubicación de la muestra 06 y 07 en la cuadra n°03.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 14. Ubicación de la muestra 08 en la cuadra n°03.



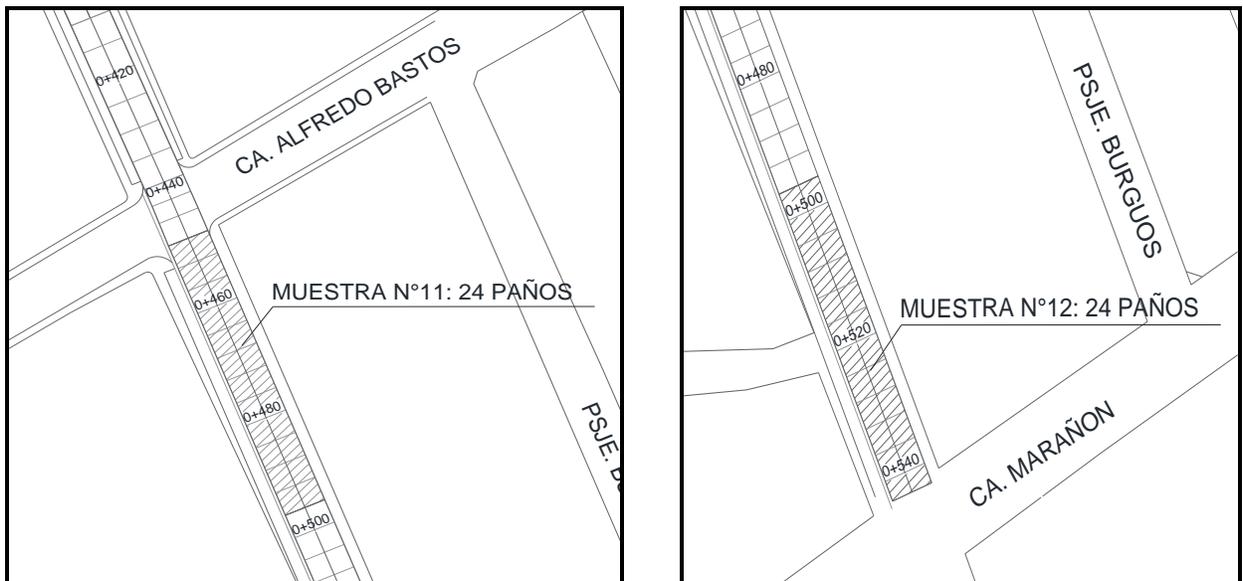
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 15. Ubicación de la muestra 09 y 10 en la cuadra n°04.



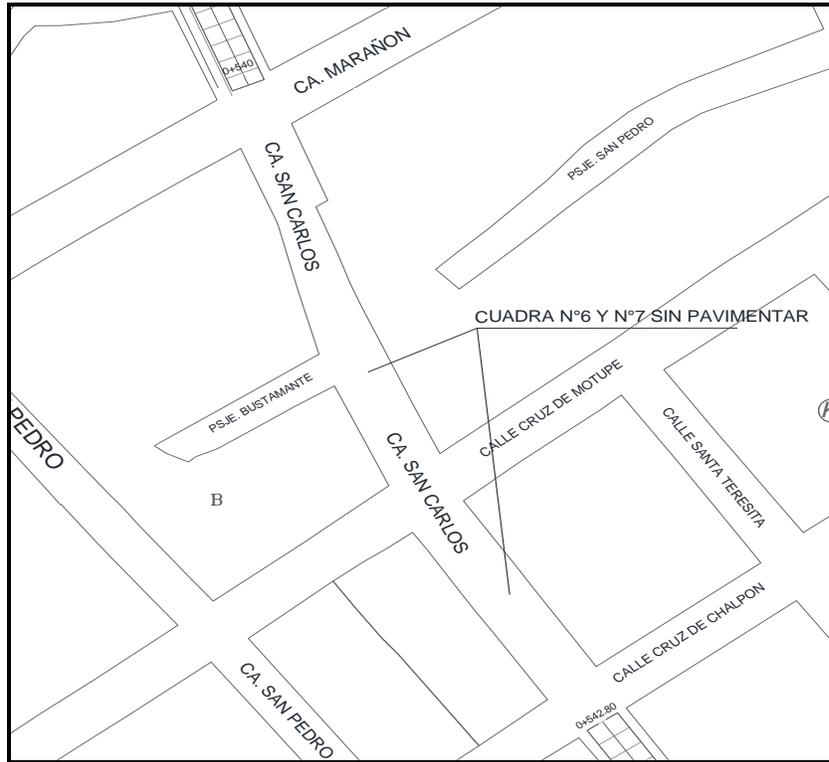
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 16. Ubicación de la muestra 11 y 12 en la cuadra n°05.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 17. Cuadra n°06 y n°07 de la calle San Carlos sin pavimentar.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 18. Ubicación de la muestra 13 y 14 en las cuadras n°08 y n°09.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 19. Ubicación de la muestra 15 en la cuadra n°09.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Inspección de las unidades de muestra

Con el manual de daños, haciendo el boceto y eligiendo las unidades de ejemplo a revisar, que para esta situación se inspeccionaron todas las unidades de muestra, seguimos recorriendo cada pieza, registrando si se encontraba algún tipo de falla en ella que coincide con los reflejados en el manual, igualmente se registra su gravedad y monto, en la organización que se muestra en la tabla 7.

-Procedimiento de surtido de información

En cada unidad de prueba, el manual de daños al pavimento de concreto estimó el tipo, la cantidad y la gravedad del daño, y los datos se registraron en el diseño de comparación. Las definiciones y técnicas para estimar los daños deben conocerse y seguirse estrictamente. Se utilizó una estructura o "hoja de datos de investigación de condiciones" para cada unidad de prueba y en las organizaciones se utilizó cada lugar para registrar un daño, su grado y su nivel de gravedad.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DEL PAVIMENTO RÍGIDO

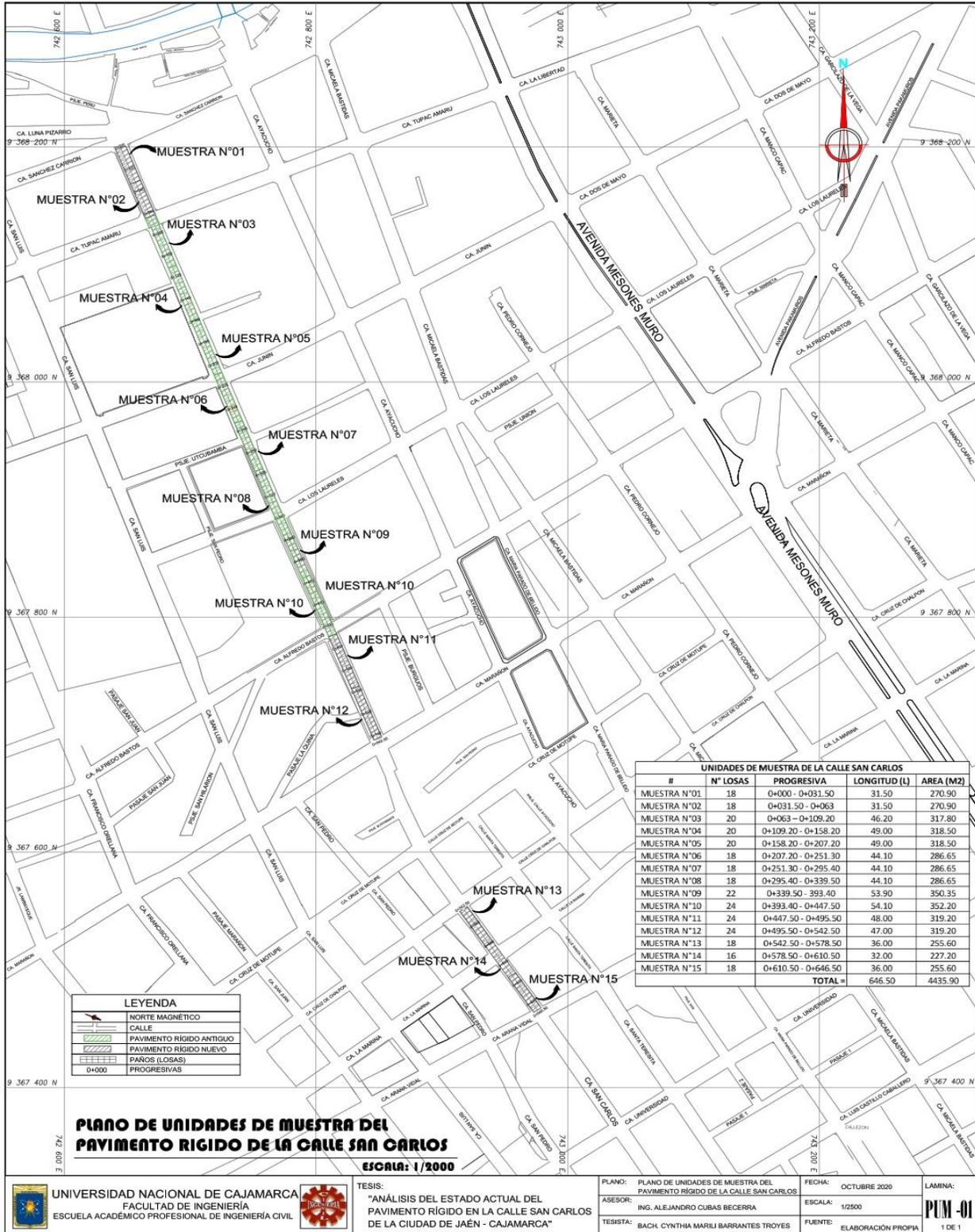
A continuación, se detalla el procedimiento de las 15 muestras obtenidas en campo de la calle San Carlos durante la inspección visual del pavimento rígido, así como el cálculo del Índice de Condición del Pavimento de cada muestra analizada.

Se realizó un levantamiento topográfico para la localización y señalamiento de las muestras, así como la longitud y el área total del pavimento de la calle San Carlos.

Se midieron las fallas encontradas en cada muestra, clasificándolo de acuerdo a su nivel de severidad y se llenaron los datos en el formato de exploración para luego proceder con sus respectivos cálculos.

Debido a que se tienen dos periodos de ejecución del pavimento rígido en la calle San Carlos, primero analizaremos el pavimento más antiguo (08 muestras) y luego el pavimento reciente (07 muestras).

Figura 20. Plano del total de unidad de muestras de la calle San Carlos.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

PAVIMENTO ANTIGUO: PERIODO DE EJECUCIÓN 2002

Las cuadras pavimentadas en el año 2002 fueron: cuadra n°02, n°03 y n°04; donde están ubicadas las muestras 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09 y 10. A continuación se detalla su análisis respecto de cada una de ellas.

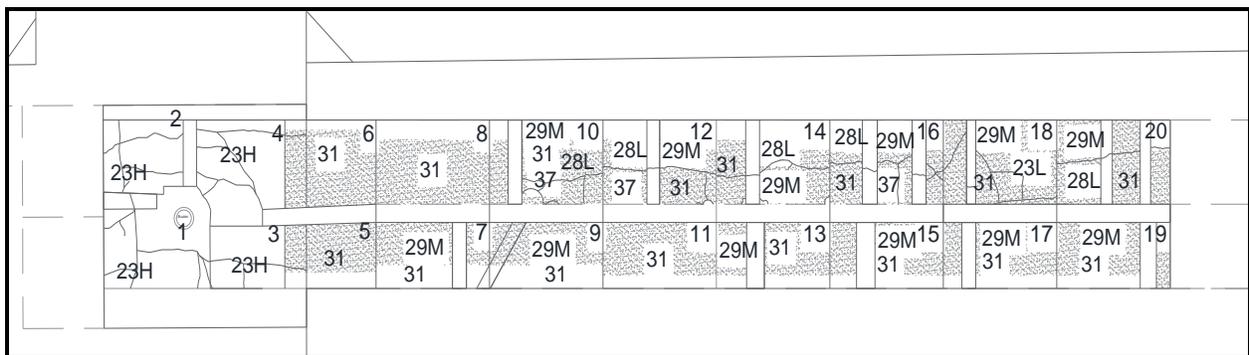
CUADRA N°02 DE LA CALLE SAN CARLOS

Consta de las muestras 03, 04 y 05, cada una de ellas de 20 paños.



MUESTRA N° 03:

Consta de 20 paños en la cuadra n°02, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 317.80 m² y se encuentra entre las progresivas 0+063 – 0+109.20.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
23	L	1	6.95					6.95
23	H	4	9.50	14.25	7.80	13.15		44.70
28	L	5	3.90	1.80	3.90	5.35	4.95	19.90

29	M	12	27.30	1.95	1.75	1.95	2.10	49.70
			1.30	3.10	1.75	1.50	2.00	
			1.95	1.50	1.55			
31		16	11.60	12.25	10.75	10.85	10.75	157.40
			7.30	12.70	12.80	12.00	8.85	
			8.35	8.45	10.00	8.00	5.45	
			7.30					
37		3	2.50	2.20	1.60			6.30

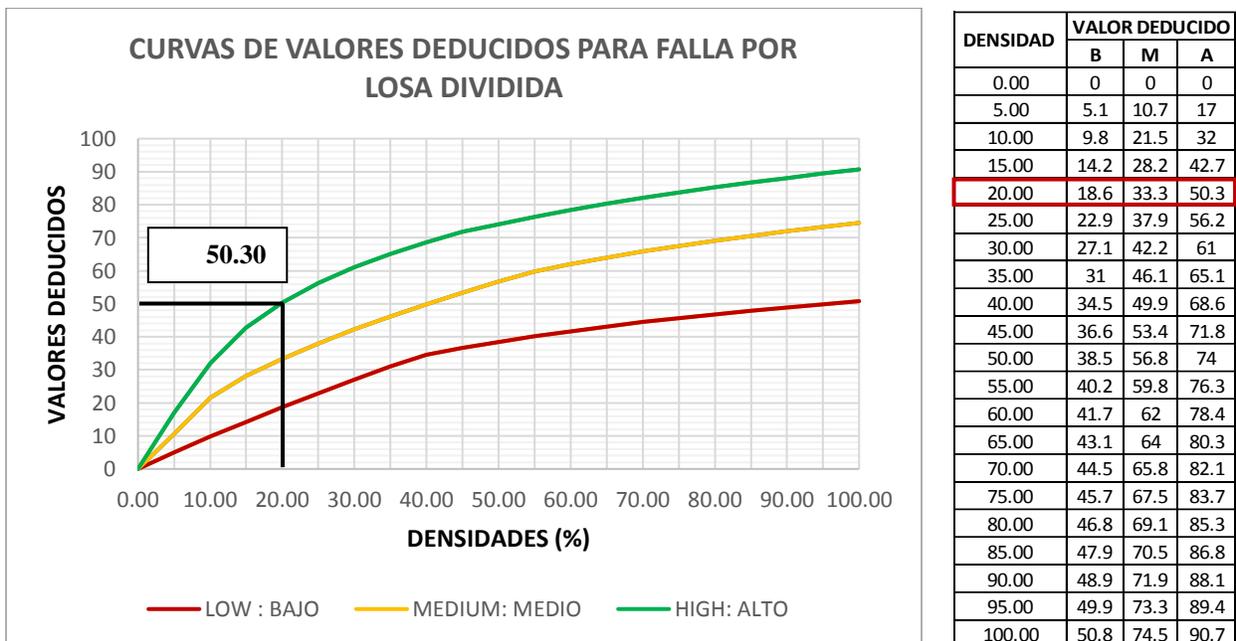
23. Losa dividida – severidad alta (H=high)

La densidad se obtiene de dividir el número de losas que presentan fallas entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%).

$$\text{densidad} = \frac{4}{20} \times 100 = 20.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente:

Figura 21. Cálculo de valor deducido para falla por losa dividida (H) en la muestra n°03.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

El valor deducido correspondiente es 50.30. (Tabla de la figura 83).

Figura 22. Losa dividida de severidad alta(H) ubicada en los paños 01, 02, 03 y 04.



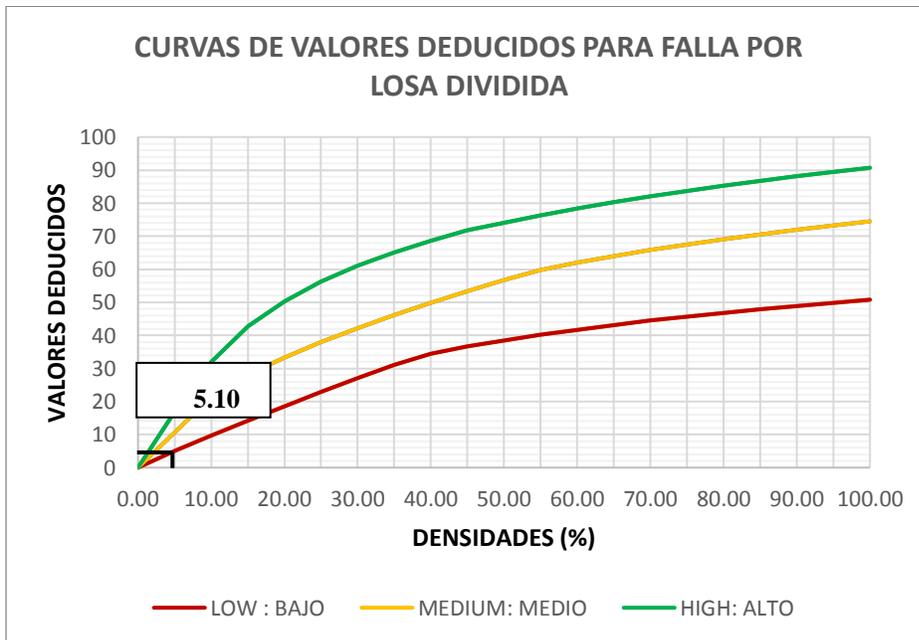
Fuente: Elaboración propia, 2021.

23. Losa dividida – severidad baja (L=low)

La densidad se obtiene de dividir el número de losas que presentan fallas entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%).

densidad = $\frac{1}{20} \times 100 = 5.00$, luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente:

Figura 23. Cálculo de valor deducido para falla por losa dividida (L) en la muestra n°03.



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	B	M	A
0.00	0	0	0
5.00	5.1	10.7	17
10.00	9.8	21.5	32
15.00	14.2	28.2	42.7
20.00	18.6	33.3	50.3
25.00	22.9	37.9	56.2
30.00	27.1	42.2	61
35.00	31	46.1	65.1
40.00	34.5	49.9	68.6
45.00	36.6	53.4	71.8
50.00	38.5	56.8	74
55.00	40.2	59.8	76.3
60.00	41.7	62	78.4
65.00	43.1	64	80.3
70.00	44.5	65.8	82.1
75.00	45.7	67.5	83.7
80.00	46.8	69.1	85.3
85.00	47.9	70.5	86.8
90.00	48.9	71.9	88.1
95.00	49.9	73.3	89.4
100.00	50.8	74.5	90.7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El valor deducido correspondiente es 5.10. (Tabla de la figura 83).

Figura 24. Losa dividida de severidad baja (L) ubicada en el paño 18.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

26. Sello de junta – severidad media (M=medium)

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

Bajo	2 puntos
Medio	4 puntos
Alto	8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0.

Figura 25. Sello de junta de severidad media(M) ubicada en toda la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

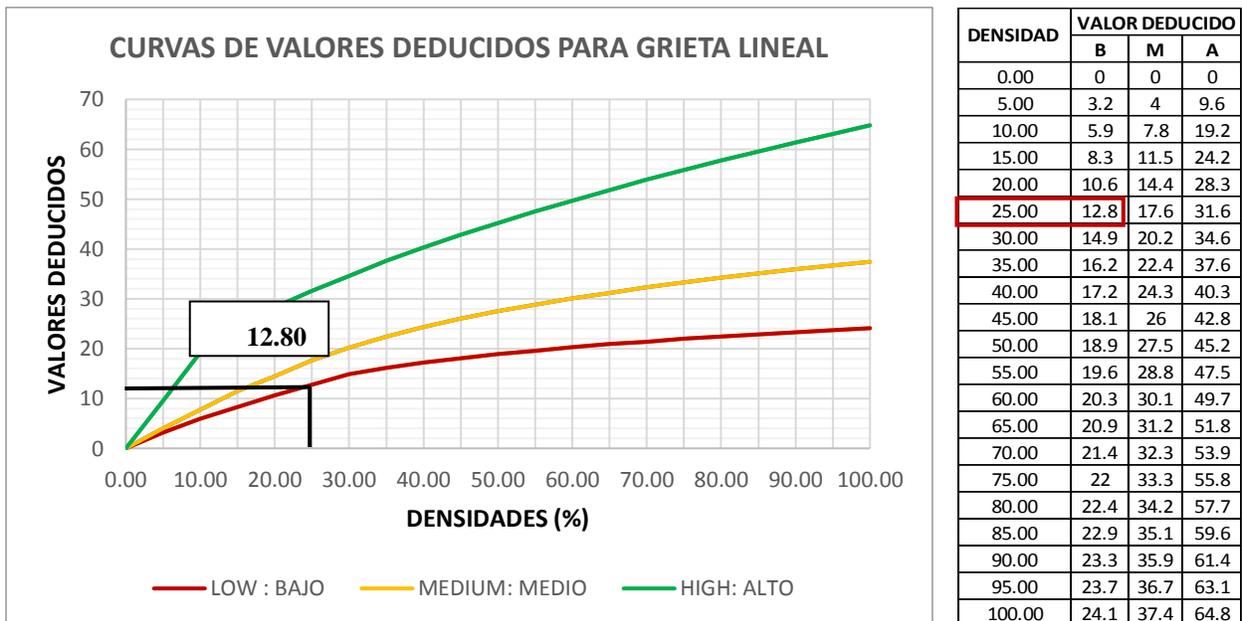
28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad baja (L=low)

La densidad se obtiene de dividir el número de losas que presentan fallas entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%).

$$\text{densidad} = \frac{5}{20} \times 100 = 25.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente:

Figura 26. Cálculo de valor deducido para falla por grieta lineal (L) en la muestra n°03.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

El valor deducido correspondiente es 12.80. (Tabla de la figura 88).

Figura 27. Grieta longitudinal de severidad baja (L) ubicada en el paño 12.



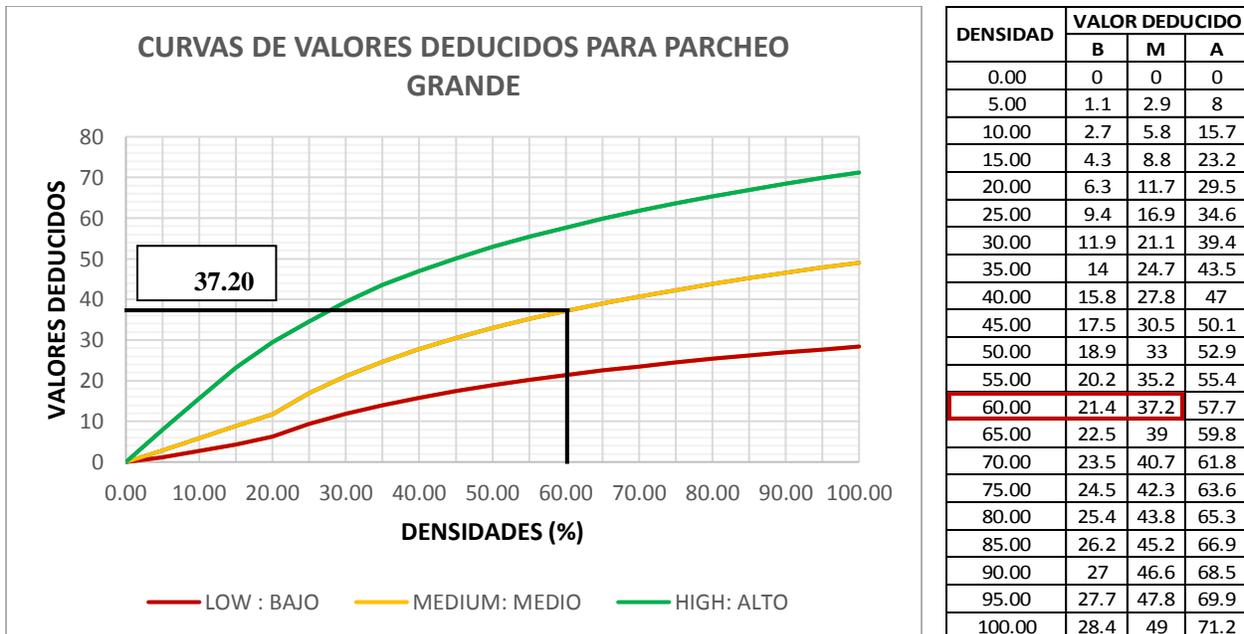
Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de 0.50m²) – severidad media (M= Medium)

$$\text{densidad} = \frac{12}{20} \times 100 = 60.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente:

Figura 28. Cálculo de valor deducido para falla por parcheo grande (M) en la muestra n°03.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Donde el valor deducido obtenido es 37.20. (Tabla de la figura 89).

Figura 29. Parche grande de severidad media (M) ubicada en el paño 18.



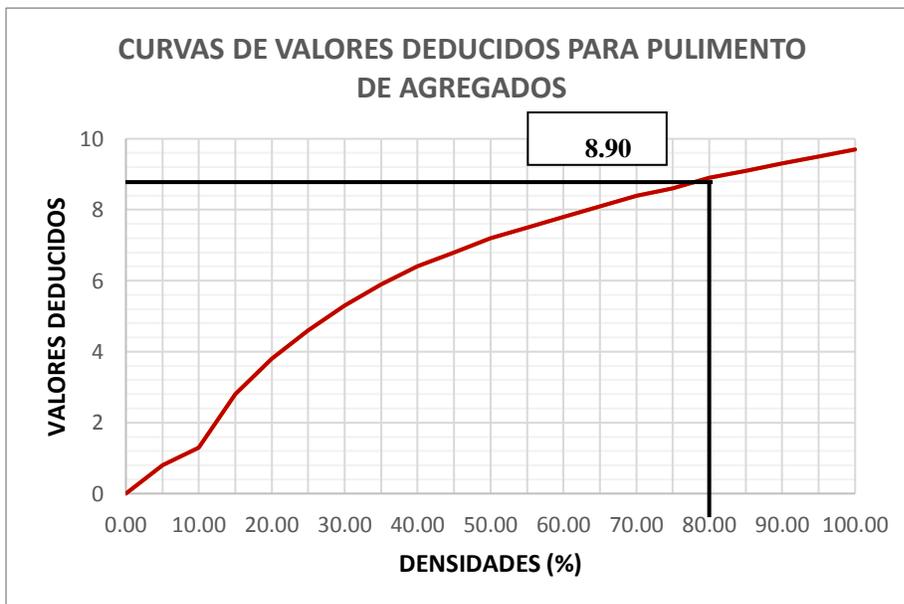
Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{16}{20} \times 100 = 80.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente:

Figura 30. Cálculo de valor deducido para falla por pulimento de agregados en la muestra n°03.



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	BMA
0.00	0
5.00	0.8
10.00	1.3
15.00	2.8
20.00	3.8
25.00	4.6
30.00	5.3
35.00	5.9
40.00	6.4
45.00	6.8
50.00	7.2
55.00	7.5
60.00	7.8
65.00	8.1
70.00	8.4
75.00	8.6
80.00	8.9
85.00	9.1
90.00	9.3
95.00	9.5
100.00	9.7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Donde el valor deducido obtenido es 8.90. (Tabla de la figura 91).

Figura 31. Pulimento de agregados en la mayoría de los paños de la muestra 03.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

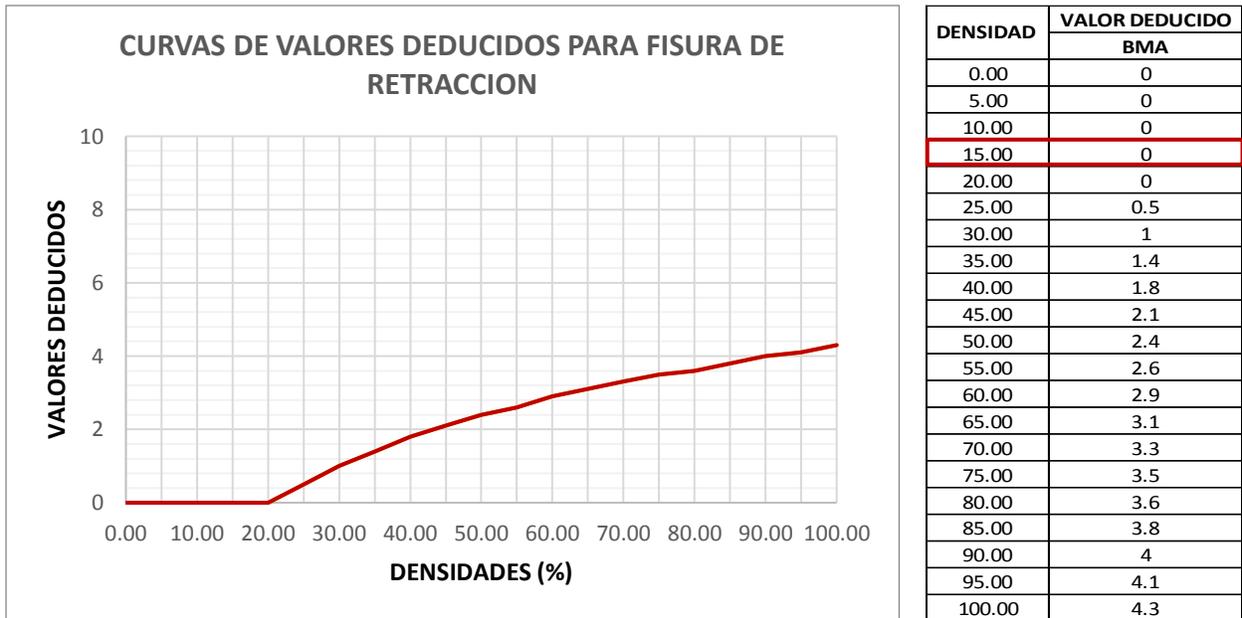
37. Grietas de retracción

La densidad se obtiene de dividir el número de losas que presentan fallas entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%).

$$\text{densidad} = \frac{3}{20} \times 100 = 15.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente:

Figura 32. Cálculo de valor deducido para falla por grieta de retracción en la muestra n°03.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

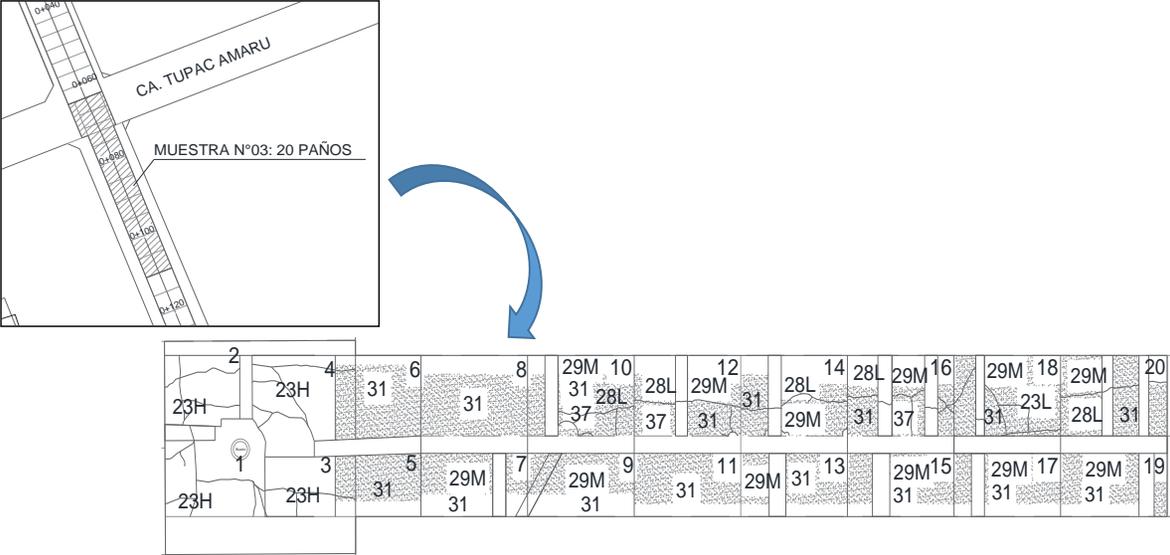
Interpolando en el ábaco se obtiene que la densidad no es la suficiente para ser considerada en el cálculo, por lo tanto, no se toma en cuenta.

Figura 33. Grietas de retracción en el paño 16 de la muestra.



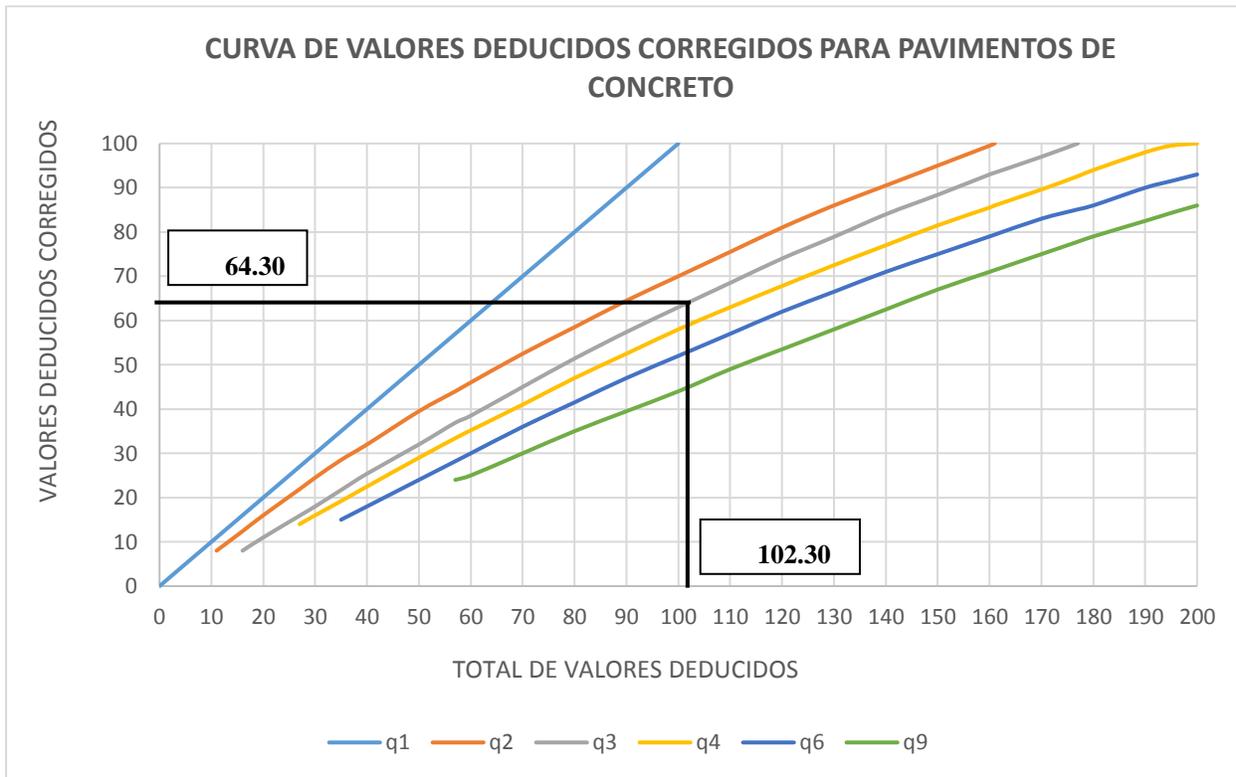
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 11. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°03.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA												 		
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO														
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS				UNIDAD DE MUESTREO: 3				PROGRESIVA				0+063 – 0+109.20		
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES				NÚMERO DE LOSAS : 20				ÁREA :				317.80 M2		
FECHA :		16/09/2019		NÚMERO DE LOSAS :		20		ÁREA :		317.80 M2				
TIPO DE FALLA														
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.													
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.													
23. Losa dividida.	33. Bombeo.													
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.													
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.													
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.													
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.													
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.													
29. Parcheo (grande).	39. Descascaramiento de junta.													
30. Parcheo (pequeño).														
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido										
23	H	4	20.00	50.30										
23	L	1	5.00	5.10										
26	M	-		4.00										
28	L	5	25.00	12.80										
29	M	12	60.00	37.20										
31		16	80.00	8.90										
37		3	15.00	0.00										
					Número de valores deducidos (q)				6					
					Valor deducido más alto (HDVi)				37.20					
					TOTAL VD=				62.90					
					Número admisible de deducciones (mi)				6.77					
CÁLCULO DEL PCI														
#	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV				
1.00	50.30	37.20	12.80	8.90	5.10	4.00		118.30	6	61.15				
2.00	50.30	37.20	12.80	8.90	5.10	2.00		116.30	5	...				
3.00	50.30	37.20	12.80	8.90	2.00			111.20	4	63.60				
4.00	50.30	37.20	12.80	2.00				102.30	3	64.30				
5.00	50.30	37.20	2.00					89.50	2	64.20				
6.00	50.30	2.00						52.30	1	52.30				
									Máx CDV =		64.30			

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **64.30**. (Figura 100)



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO					
	q1	q2	q3	q4	q6	q9
0	0					
10	10					
11	11	8				
16	16	12.4	8			
20	20	16	11			
27	27	21.9	15.9	14		
30	30	24.5	18	16		
35	35	28.5	21.7	19.2	15	
40	40	32	25.4	22.5	18	
50	50	39.5	32	29	24	
57	57	44	36.9	33.4	28.2	24
60	60	46	38.5	35.2	30	25
70	70	52.5	45	41	36	30
80	80	58.5	51.4	47	41.5	35
90	90	64.5	57.4	52.5	47	39.5
100	100	70	63	58	52	44
110		75.5	68.5	63	57	49
120		81	74	67.8	62	53.5
130		86	78.9	72.5	66.5	58
140		90.5	84	77	71	62.5
150		95	88.4	81.5	75	67
160		99.5	93	85.5	79	71
161		100	93.4	86	79.4	71.4
170			97	89.6	83	75
177			100	92.6	85.1	77.8
180				94	86	79
190				98	90	82.5
195				99.5	91.5	84.3
200				100	93	86

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 63.0 + \frac{68.5 - 63.0}{110.0 - 100.0} (102.3 - 100.0)$$

$$y = 64.265 \cong 64.30$$

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

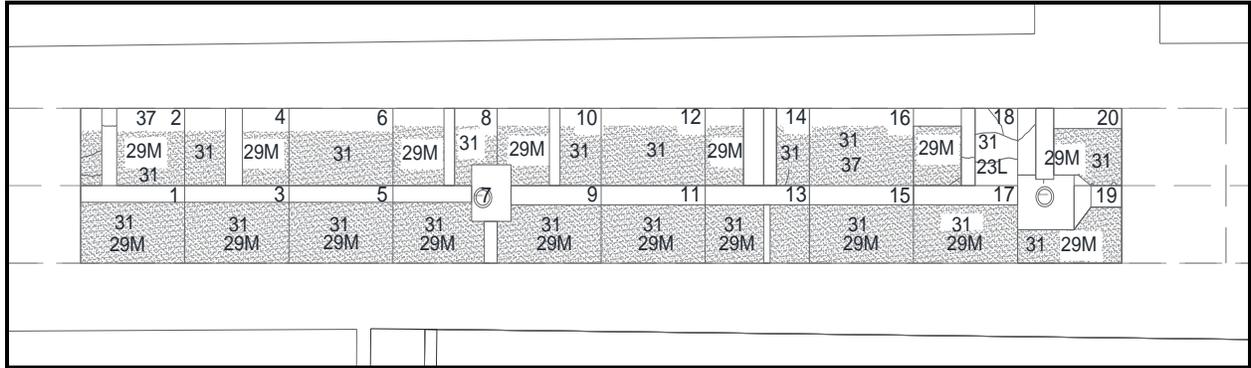
$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 64.30$$

$$PCI = 35.70 \text{ MALO}$$

MUESTRA N° 04:

Consta de 20 paños en la cuadra n°02, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 318.50 m² y se encuentra entre las progresivas 0+109.20 – 0+158.20.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
23	L	1	6.65					6.65
26	L	-						
29	M	17	3.90	2.30	2.60	1.65	1.65	58.65
			5.05	2.10	2.50	4.65	4.95	
			3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	
			3.90	3.90				
31		20	9.65	9.40	11.30	10.00	10.45	215.65
			12.30	8.40	12.25	5.60	10.90	
			8.60	12.00	12.00	11.25	11.55	
			12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	
37		2	2.05	0.75				

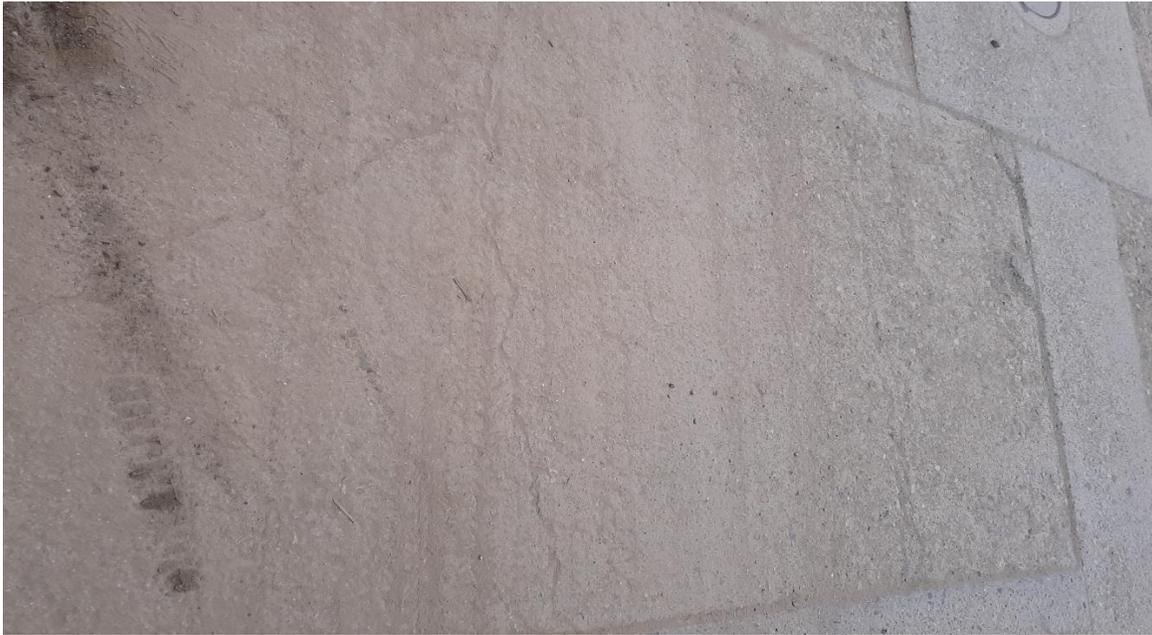
23. Losa dividida – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{1}{20} \times 100 = 5.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 77)

El valor deducido correspondiente es 5.10.

Figura 34. Losa dividida de severidad baja (L) ubicada en el paño 18 de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

26. Sello de junta – severidad media (M= medium)

De la Figura 86 se sabe que:

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

Bajo	2 puntos
Medio	4 puntos
Alto	8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0

Figura 35. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra n°04.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de $0.50m^2$) – severidad media (M=medium)

Es el área que ha sido removido y reemplazado por un pavimento nuevo, en este caso es debido a los servicios públicos de agua y desagüe por la empresa Cobra en el año 2012.

$$\text{densidad} = \frac{17}{20} \times 100 = 85.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

El valor deducido correspondiente es 45.20.

Figura 36. Parche grande de severidad media (M) ubicado en 17 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{20}{20} \times 100 = 100.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Se obtiene un valor deducido de 9.70.

Figura 37. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

37. Grietas de retracción

$$\text{Densidad} = \frac{2}{20} \times 100 = 10.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 97)

Interpolando en el ábaco se obtiene que la densidad no es la suficiente para ser considerada en el cálculo, por lo tanto, no se toma en cuenta.

Figura 38. Grieta de retracción en el paño 2 de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **51.20. (Figura 100)**

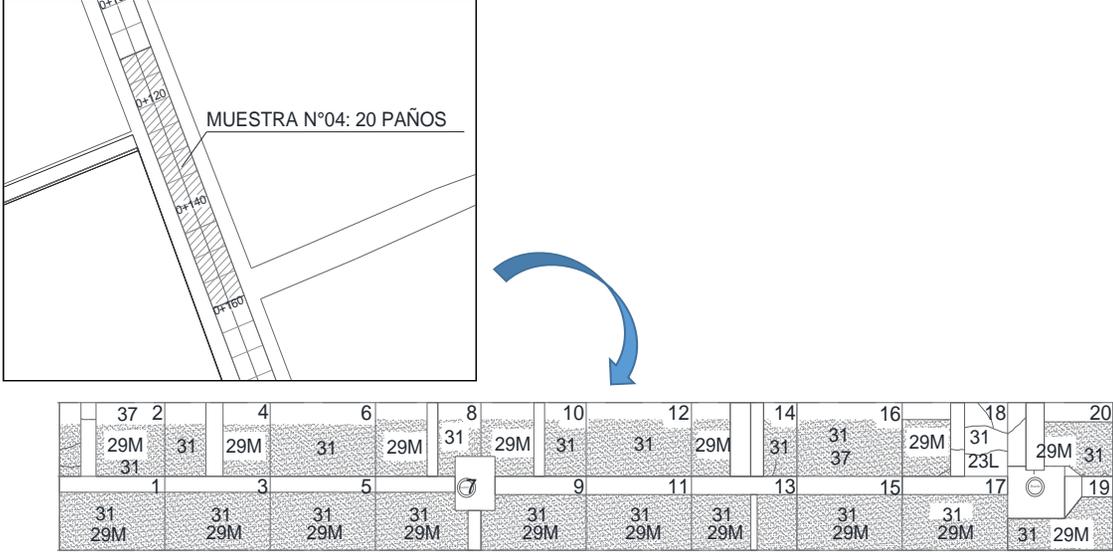
Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 51.20$$

$$PCI = 48.80 \text{ REGULAR}$$

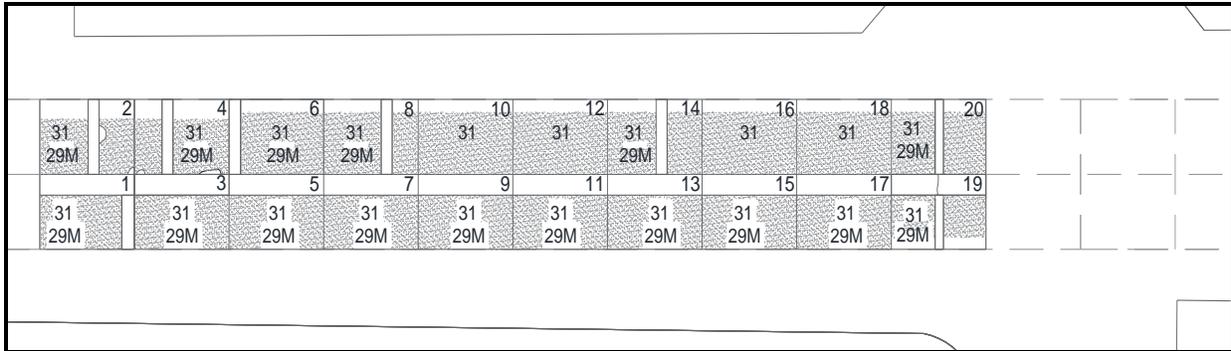
Tabla 12. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°04.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA						
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO						
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO: 4						
INSPECCIONADA POR: CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES		PROGRESIVA		0+109.20 - 0+158.20				
FECHA:	17/09/2019	NÚMERO DE LOSAS:	20	ÁREA:	318.50 M2			
TIPO DE FALLA								
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.							
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.							
23. Losa dividida.	33. Bombeo.							
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.							
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.							
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.							
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.							
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.							
29. Parcheo (grande).	39. Descascaramiento de junta.							
30. Parcheo (pequeño).								
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido				
23	L	1	5.00	5.10				
26	M	-	-	4.00				
29	M	17	85.00	45.20				
31		20	100.00	9.70				
37		2	10.00	0.00				
								
Número de valores deducidos (q)				4				
Valor deducido más alto (HDVi)				45.20				
TOTAL VD=				58.90				
Número admisible de deducciones (mi)				6.03				
CÁLCULO DEL PCI								
#	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CDV
1.00	45.20	9.70	5.10	4.00		64.00	4	35.50
2.00	45.20	9.70	5.00	2.00		61.90	3	39.70
3.00	45.20	9.70	2.00	2.00		58.90	2	45.30
4.00	45.20	2.00	2.00	2.00		51.20	1	51.20
							Máx CDV =	51.20

Fuente: Elaboración propia, 2021.

MUESTRA N° 05:

Consta de 20 paños en la cuadra n°02, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 318.50 m² y se encuentra entre las progresivas 0+158.20 – 0+207.20.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
29	M	16	6.00	4.40	4.40	4.40	4.40	57.35
			4.40	4.40	4.40	4.40	5.40	
			1.40	1.85	1.85	1.95	1.85	
			1.85					
31		20	10.00	11.50	11.50	11.50	11.50	230.80
			11.50	11.50	11.50	11.50	8.20	
			10.40	12.00	13.20	13.20	11.70	
			13.20	13.20	11.70	11.60	10.40	

26. Sello de junta – severidad media (M=medium)

De la Figura 86 se sabe que:

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

- Bajo 2 puntos
- Medio 4 puntos**
- Alto 8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0.

Figura 39. Sello de junta de severidad media(M) ubicada en toda la muestra n°05.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de $0.50m^2$) – severidad media (M= medium)

$$\text{densidad} = \frac{16}{20} \times 100 = 80.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Donde el valor deducido obtenido es 43.80.

Figura 40. Parche grande de severidad media (M) ubicada en 16 paños de la muestra n°05.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{20}{20} \times 100 = 100.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Donde el valor deducido obtenido es 9.70.

Figura 41. Pulimento de agregados en los paños de la muestra n°05.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **47.80**. (Figura 100)

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

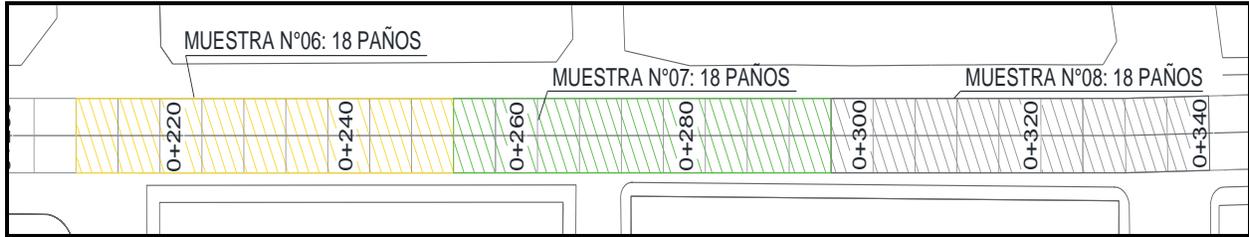
$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 47.80$$

$$PCI = 52.20 \text{ REGULAR}$$

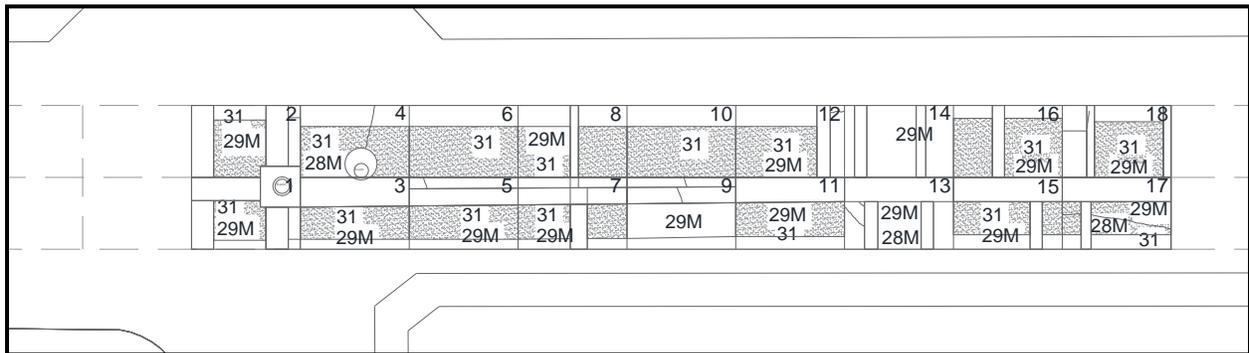
CUADRA N°03 DE LA CALLE SAN CARLOS

Consta de las muestras 06, 07 y 08, cada una de ellas de 20 paños.



MUESTRA N° 06:

Consta de 18 paños en la cuadra n°03, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 286.65 m² y se encuentra entre las progresivas 0+207.20 – 0+251.30.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
28	M	3	2.00	4.55	1.30			7.85
29	M	15	7.35	2.50	3.75	5.20	3.55	65.20
			5.50	7.90	6.60	6.40	2.30	
			1.80	3.20	1.95	1.20	6.00	
31		13	4.15	7.20	7.50	6.45	7.60	122.55
			7.60	6.50	6.65	8.80	9.10	
			8.40	11.30	10.40	11.25	9.65	

28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad media (M=medium):

$$\text{densidad} = \frac{3}{18} \times 100 = 16.67$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 88)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 11.50 + \frac{14.40 - 11.50}{20.00 - 15.00} (16.67 - 15.00) = 12.47$$

Figura 42. Grieta lineal – transversal de severidad media (M) ubicada en el paño 04.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de 0.50m²) – severidad media (M= medium)

Es el área que ha sido removido y reemplazado por un pavimento nuevo, en este caso es debido a los servicios públicos de agua y desagüe por la empresa Cobra en el año 2012.

$$\text{densidad} = \frac{15}{18} \times 100 = 83.33$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 43.80 + \frac{45.20 - 43.80}{85.00 - 80.00} (83.33 - 80.00) = 44.73$$

Figura 43. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 15 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{Densidad} = \frac{13}{18} \times 100 = 72.22$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 8.40 + \frac{8.60 - 8.40}{75.00 - 70.00} (72.22 - 70.00) = 8.49$$

Figura 44. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **48.73. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - Máx CDV$$

$$PCI = 100 - 48.73$$

$$PCI = 51.27 \text{ REGULAR}$$

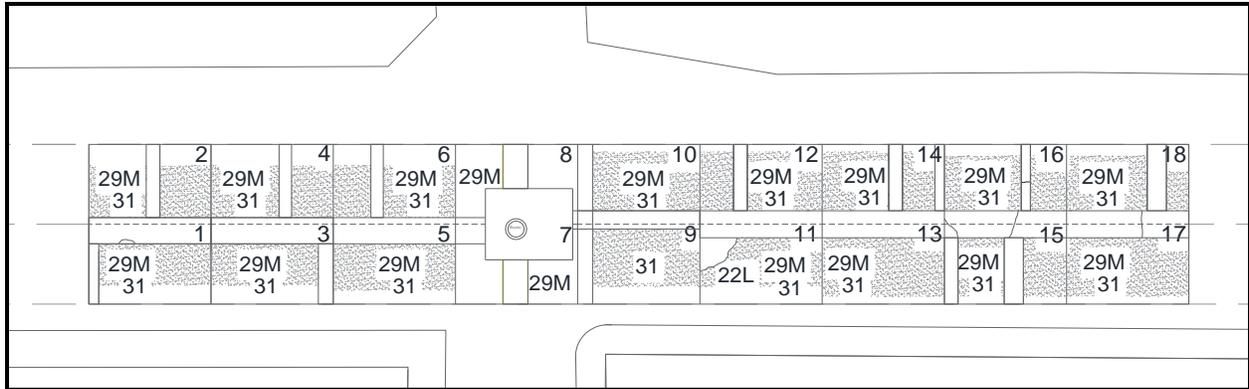
Tabla 14. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°06.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO											
		NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO:	PROGRESIVA								
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES						0+207.20 - 0+251.30							
FECHA :	19/09/2019	NÚMERO DE LOSAS :		18	ÁREA :	286.65 M2							
TIPO DE FALLA													
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.												
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.												
23. Losa dividida.	33. Bombeo.												
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.												
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.												
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.												
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.												
28. Grieta lineal.	38. Descascamiento de esquina.												
29. Parcheo (grande).	39. Descascamiento de junta.												
30. Parcheo (pequeño).													
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido									
28	M	3	16.67	12.47									
29	M	15	83.33	44.73									
31		13	72.22	8.49									
Número de valores deducidos (q)										3			
Valor deducido más alto (HDVi)										44.73			
TOTAL VD=										65.69			
Número admisible de deducciones (mi)										6.08			
CÁLCULO DEL PCI													
#	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	CDV
1.00	44.73	12.47	8.49								65.69	3	42.20
2.00	44.73	12.47	2.00								59.20	2	45.50
3.00	44.73	2.00	2.00								48.73	1	48.73
											Máx CDV =	48.73	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

MUESTRA N° 07:

Consta de 18 paños en la cuadra n°03, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 286.65 m² y se encuentra entre las progresivas 0+251.30 - 0+295.40.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
22	L	1	2.20					2.20
29		17	6.20	6.75	5.25	4.60	2.70	66.70
			2.70	6.20	2.70	4.70	3.70	
			5.20	4.20	3.80	3.40	1.50	
			1.50	1.60				
31		16	7.65	7.30	9.30	9.35	10.10	153.90
			9.80	11.75	8.60	11.75	9.30	
			10.15	9.50	10.45	10.30	9.25	
			9.35					

22. Grieta de esquina – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{1}{18} \times 100 = 5.56$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 82)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 3.50 + \frac{8.70 - 3.50}{10.00 - 5.00} (5.56 - 5.00) = 4.08$$

Figura 45. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 11.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de $0.50m^2$) – severidad media (M= medium)

Es el área que ha sido removido y reemplazado por un pavimento nuevo, en este caso es debido a los servicios públicos de agua y desagüe por la empresa Cobra en el año 2012.

$$\text{densidad} = \frac{17}{18} \times 100 = 94.44$$

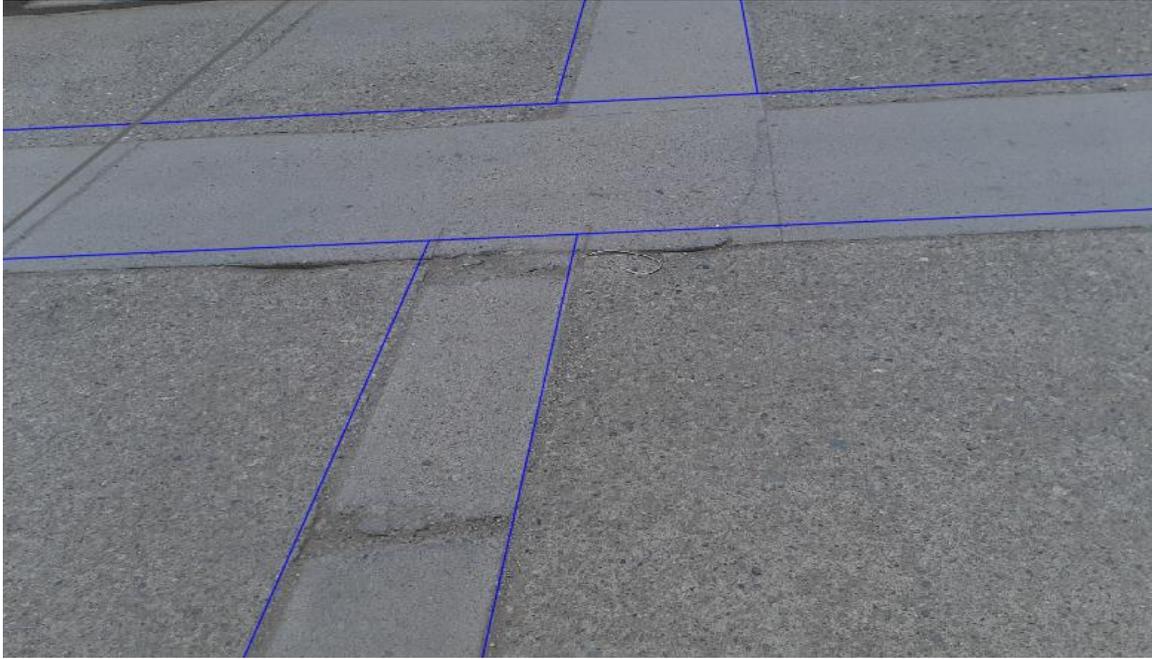
Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 46.60 + \frac{47.80 - 46.60}{95.00 - 90.00} (94.44 - 90.00) = 47.67$$

Figura 46. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 17 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{16}{18} \times 100 = 88.89$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 9.10 + \frac{9.30 - 9.10}{90.00 - 85.00} (88.89 - 85.00) = 9.26$$

Figura 47. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **51.67. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

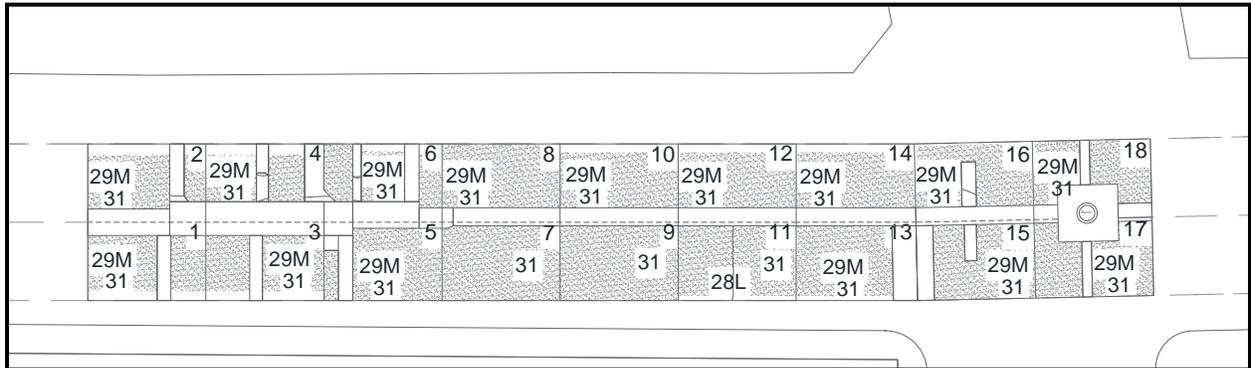
$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 51.67$$

$$PCI = 48.33 \text{ REGULAR}$$

MUESTRA N° 08:

Consta de 18 paños en la cuadra n°03, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 286.65 m² y se encuentra entre las progresivas 0+295.40 - 0+339.50.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
28	L	1	3.10					3.10
29	M	15	1.54	1.45	2.00	3.10	4.60	50.89
			2.90	0.90	2.20	4.80	3.70	
			3.70	3.70	3.70	5.30	7.30	
31		18	9.95	10.00	11.10	15.15	15.20	203.65
			14.20	11.60	12.20	12.25	10.20	
			11.40	11.30	11.30	11.30	11.30	
			8.80	7.00	9.40			

26. Sello de junta – severidad media (M= medium)

De la Figura 86 se sabe que:

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

- Bajo 2 puntos
- Medio 4 puntos**
- Alto 8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0.

Figura 48. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra n°08.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad baja (L= low):

$$\text{densidad} = \frac{1}{18} \times 100 = 5.56$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 88)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 3.20 + \frac{5.90 - 3.20}{10.00 - 5.00} (5.56 - 5.00) = 3.50$$

Figura 49. Grieta lineal – transversal de severidad baja (L) ubicada en el paño 11.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de 0.50m²) – severidad media (M= medium)

Es el área que ha sido removido y reemplazado por un pavimento nuevo, en este caso es debido a los servicios públicos de agua y desagüe por la empresa Cobra en el año 2012.

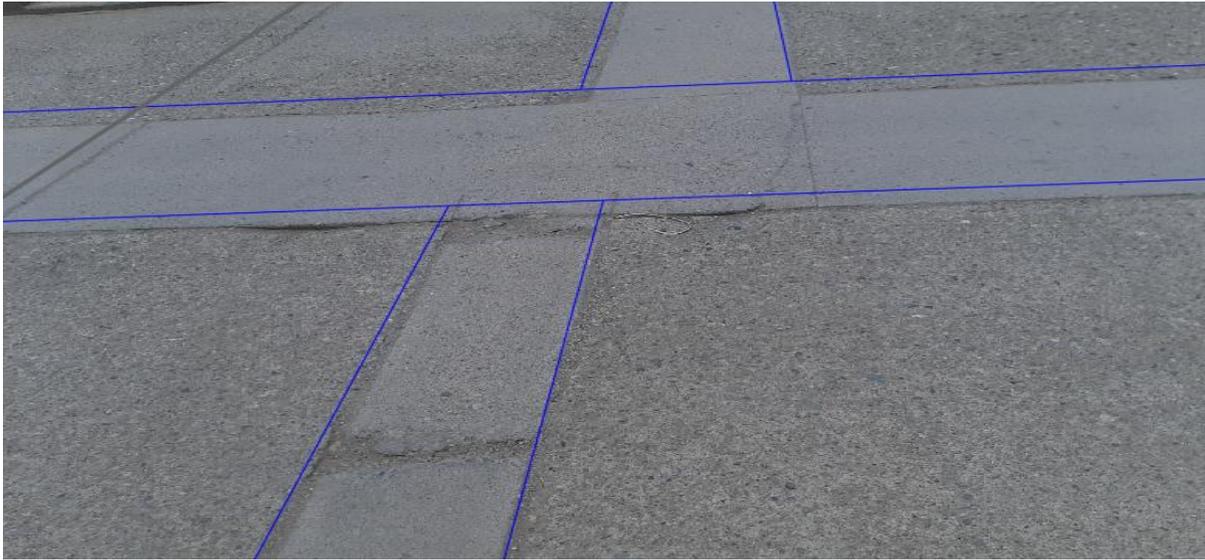
$$\text{densidad} = \frac{15}{18} \times 100 = 83.33$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$
$$y = 43.80 + \frac{45.20 - 43.80}{85.00 - 80.00} (83.33 - 80.00) = 44.73$$

Figura 50. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 15 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{18}{18} \times 100 = 100.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Del ábaco se obtiene un valor deducido de 9.70.

Figura 51. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 16. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°08.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA						
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO						
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO: 8						
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES				PROGRESIVA 0+295.40 - 0+339.50				
FECHA :	21/09/2019	NÚMERO DE LOSAS :	18	ÁREA :	286.65 M2			
TIPO DE FALLA								
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.							
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.							
23. Losa dividida.	33. Bombeo.							
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.							
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.							
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.							
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.							
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.							
29. Parqueo (grande).	39. Descascaramiento de junta.							
30. Parqueo (pequeño).								
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido				
26	M	-	-	4.00				
28	L	1	5.56	3.50				
29	M	15	83.33	44.73				
31		18	100.00	9.70				
					Número de valores deducidos (q) 4			
					Valor deducido más alto (HDVi) 44.73			
			TOTAL VD= 57.93		Número admisible de deducciones (mi) 6.08			
CÁLCULO DEL PCI								
#	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CDV
1.00	44.73	9.70	4.00	3.50		61.93	4	36.32
2.00	44.73	9.70	4.00	2.00		60.43	3	38.80
3.00	44.73	9.70	2.00	2.00		58.43	2	45.00
4.00	44.73	2.00	2.00	2.00		50.73	1	50.73
							Máx CDV =	50.73

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **50.73. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

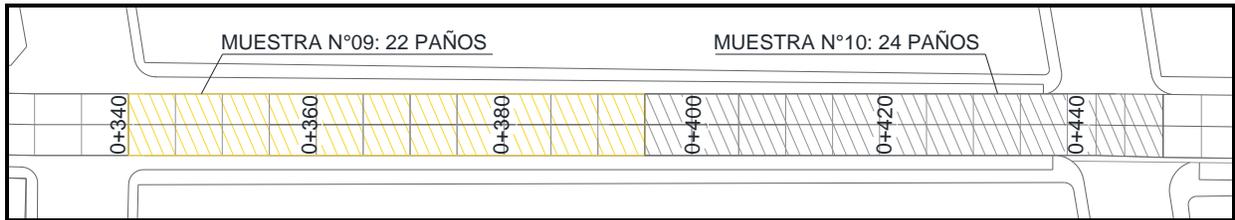
$$PCI = 100 - Máx CDV$$

$$PCI = 100 - 50.73$$

$$PCI = 49.27 \text{ REGULAR}$$

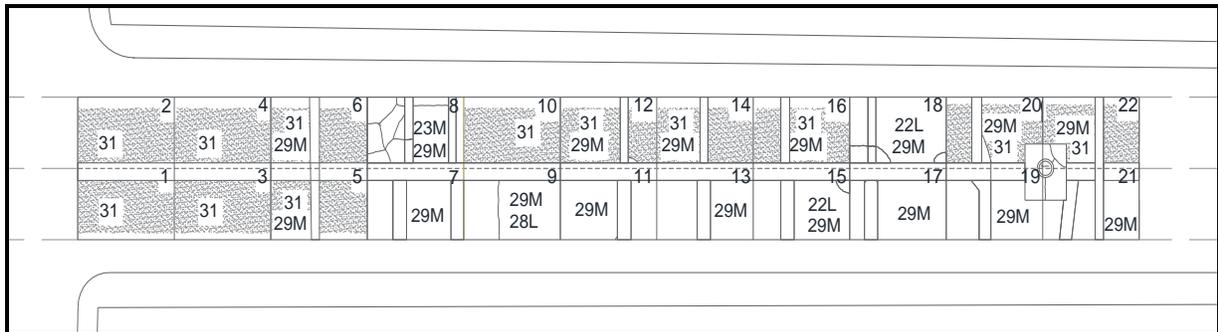
CUADRA N°04 DE LA CALLE SAN CARLOS

Consta de las muestras 09 y 10, de 22 paños y 24 paños respectivamente.



MUESTRA N° 09:

Consta de 22 paños en la cuadra n°04, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts, con un área de 350.35 m². Y se encuentra entre las progresivas 0+339.50 - 393.40.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
22	L	2	3.40	1.00				4.40
23	M	1	7.10					7.10
28	L	1	2.70					2.70
29	M	17	4.20	4.60	6.35	2.70	4.60	52.90

			4.50	4.50	4.50	4.40	3.20	
			1.40	1.50	1.20	1.35	1.40	
			1.20	1.30				
31		12	11.75	11.75	10.70	12.25	12.25	137.35
			11.00	12.25	11.25	11.25	11.10	
			11.00	10.80				

22. Grieta de esquina – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{2}{22} \times 100 = 9.09$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 82)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 3.50 + \frac{8.70 - 3.50}{10.00 - 5.00} (9.09 - 5.00) = 7.75$$

Figura 52. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 18.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

23. Losa dividida – severidad media (M= medium)

$$\text{densidad} = \frac{1}{22} \times 100 = 4.55$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 83)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 0 + \frac{10.70 - 0}{5.00 - 0} (4.55 - 0) = 9.74$$

Figura 53. Losa dividida de severidad media (M) ubicada en el paño 8.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

26. Sello de junta – severidad media (M= medium)

De la Figura 86 se sabe que:

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

Bajo	2 puntos
Medio	4 puntos
Alto	8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0

Figura 54. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra N° 09.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad baja (L=low):

$$\text{densidad} = \frac{1}{22} \times 100 = 4.55$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 88)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 0 + \frac{3.20 - 0}{5.00 - 0} (4.55 - 0) = 2.91$$

Figura 55. Grieta lineal – transversal de severidad baja (L) ubicada en el paño 9.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de $0.50m^2$) – severidad media (M= medium)

$$\text{densidad} = \frac{17}{22} \times 100 = 77.27$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$
$$y = 42.30 + \frac{43.80 - 42.30}{80.000 - 75.00} (77.27 - 75.00) = 42.98$$

Figura 56. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 17 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{12}{22} \times 100 = 54.55$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$
$$y = 7.20 + \frac{7.50 - 7.20}{55.00 - 50.00} (54.55 - 50.00) = 7.47$$

Figura 57. Pulimento de agregados en los paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **52.98. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 52.98$$

$$PCI = 47.02 \text{ REGULAR}$$

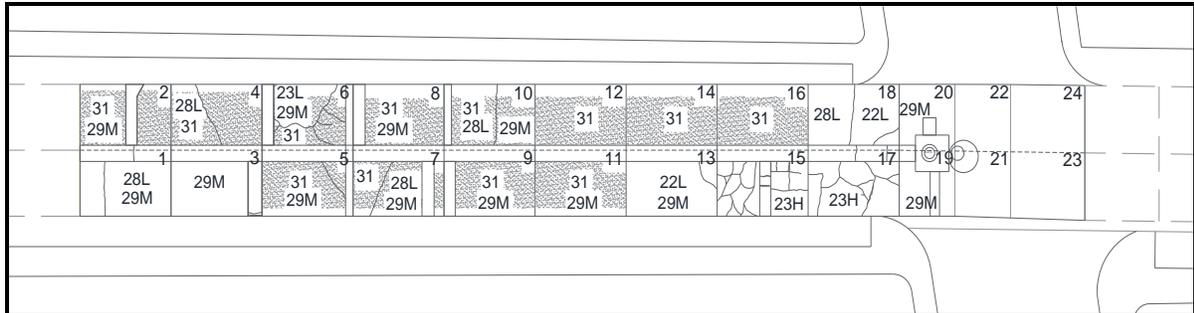
Tabla 17. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°09.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA												
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO												
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS				UNIDAD DE MUESTREO: 9								
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES				PROGRESIVA				0+339.50 - 393.40				
FECHA :		22/09/2019		NÚMERO DE LOSAS :		22		ÁREA :		350.35 M2		
TIPO DE FALLA												
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.											
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.											
23. Losa dividida.	33. Bombeo.											
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.											
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.											
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.											
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.											
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.											
29. Parcheo (grande).	39. Descascaramiento de junta.											
30. Parcheo (pequeño).												
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido								
22	L	2	9.09	7.75								
23	M	1	4.55	9.74								
26	M	-	-	4.00								
28	L	1	4.55	2.91								
29	M	17	77.27	42.98								
31		12	54.55	7.47								
					Número de valores deducidos (q)				6			
					Valor deducido más alto (HDVi)				42.98			
					TOTAL VD=				74.85			
					Número admisible de deducciones (mi)				6.24			
CÁLCULO DEL PCI												
#	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV		
1.00	42.98	9.74	7.75	7.47	4.00	2.91		74.85	6	38.70		
2.00	42.98	9.74	7.75	7.47	4.00	2.00		73.94	5	...		
3.00	42.98	9.74	7.75	7.47	2.00	2.00		71.94	4	42.20		
4.00	42.98	9.74	7.75	2.00	2.00	2.00		66.47	3	42.70		
5.00	42.98	9.74	2.00	2.00	2.00	2.00		60.72	2	46.50		
6.00	42.98	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		52.98	1	52.98		
									Máx CDV =		52.98	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

MUESTRA N° 10:

Consta de 24 paños en la cuadra n°04, de dimensiones 3.25 mts x 4.90 mts y 3.30 mts x 4.00 mts, con un área de 352.20 m2. Y se encuentra entre las progresivas 0+393.40 - 0+447.50.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
22	L	2	1.70	1.80				3.50
23	L	1	7.80					7.80
23	H	2	12.60	13.00				25.60
28	L	5	3.00	3.40	3.00	3.00	2.70	15.10
29	M	13	2.70	4.70	4.00	4.45	4.30	36.80
			2.70	2.70	2.00	1.00	1.20	
			1.95	3.20	1.90			
31		12	10.35	9.75	9.90	11.30	11.75	130.70
			11.75	11.75	10.80	9.75	9.30	
			12.75	11.55				

22. Grieta de esquina – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{2}{24} \times 100 = 8.33$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 82)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 3.50 + \frac{8.70 - 3.50}{10.00 - 5.000} (8.33 - 5.00) = 6.96$$

Figura 58. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 18.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

23. Losa dividida – severidad baja (L= low)

$$\text{densidad} = \frac{1}{24} \times 100 = 4.17$$

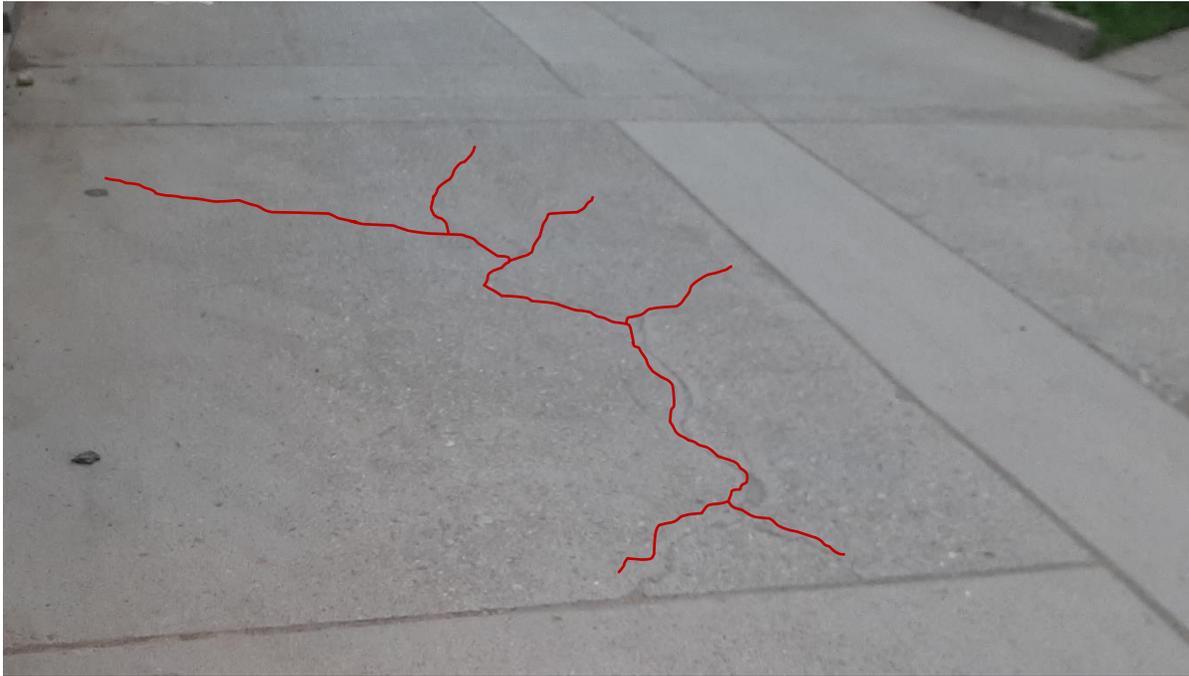
Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 83)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 0 + \frac{5.10 - 0}{5.00 - 0} (4.17 - 0) = 4.25$$

Figura 59. Losa dividida de severidad baja (L) ubicada en el paño 6.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

23. Losa dividida – severidad alta (H=high)

$$\text{densidad} = \frac{2}{24} \times 100 = 8.33$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 83)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 17.00 + \frac{32.00 - 17.00}{10.00 - 5.00} (8.33 - 5.00) = 27.00$$

Figura 60. Losa dividida de severidad alta (H) ubicada en el paño 15.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

26. Sello de junta – severidad media (M= medium)

De la Figura 86 se sabe que:

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

Bajo	2 puntos
Medio	4 puntos
Alto	8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0

Figura 61. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en toda la muestra n°10.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad baja (L=low):

$$\text{densidad} = \frac{4}{24} \times 100 = 16.67$$

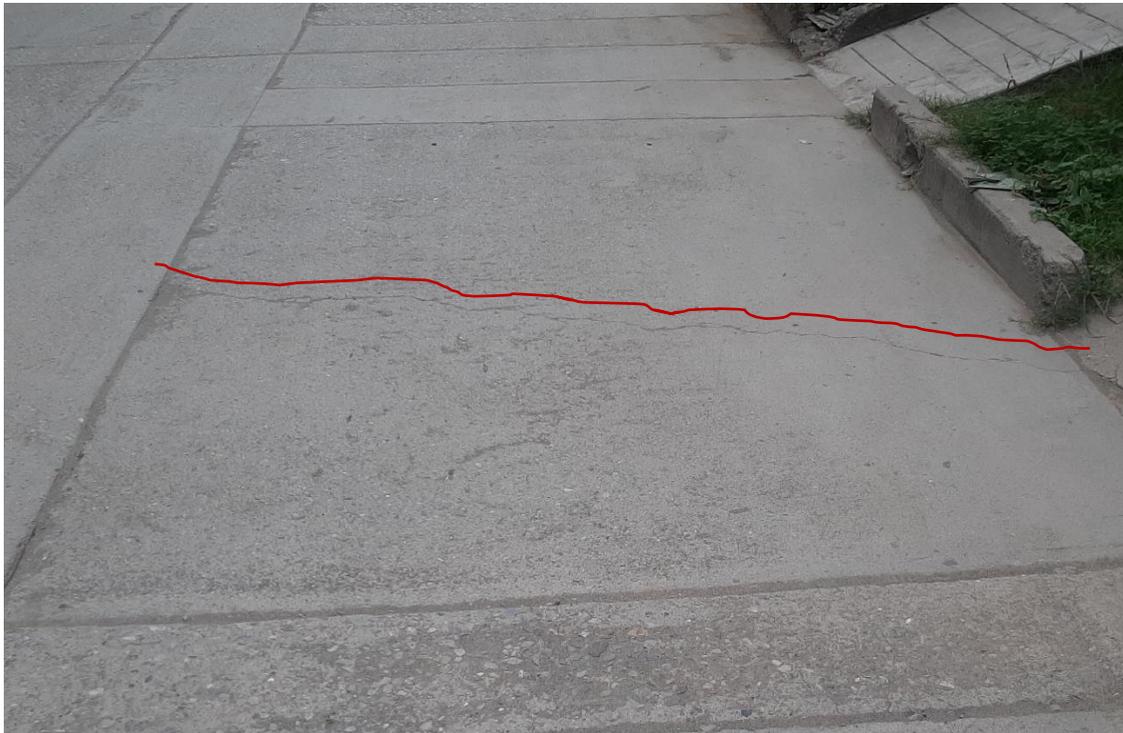
Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 88)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 8.30 + \frac{10.60 - 8.30}{20.00 - 15.00} (16.67 - 15.00) = 9.07$$

Figura 62. Grieta lineal – transversal de severidad baja (L) ubicada en el paño 7.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

29. Parche grande (mayor de $0.50m^2$) – severidad media (M= medium)

$$\text{densidad} = \frac{13}{24} \times 100 = 54.17$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 33.00 + \frac{35.20 - 33.00}{55.00 - 50.00} (54.17 - 50.00) = 34.83$$

Figura 63. Parche grande de severidad media (M) ubicados en 13 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{12}{24} \times 100 = 50.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

El valor deducido correspondiente es 7.20.

Figura 64. Pulimento de agregados en 12 paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **53.60. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

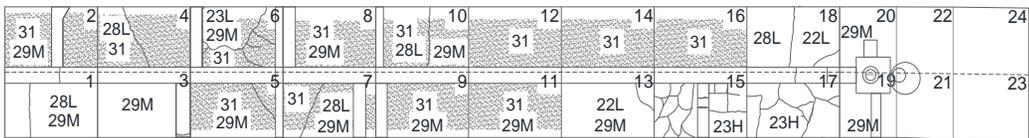
$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 53.60$$

$$PCI = 46.40 \text{ REGULAR.}$$

Tabla 18. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°10.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO				INGENIERÍA					
		NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO: 10							
FECHA : 23/09/2019		INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES		PROGRESIVA 0+393.40 - 0+447.50							
		NÚMERO DE LOSAS : 24		ÁREA : 352.20 M2							
TIPO DE FALLA											
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.										
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.										
23. Losa dividida.	33. Bombeo.										
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.										
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.										
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.										
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.										
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.										
29. Parcheo (grande).	39. Descascaramiento de junta.										
30. Parcheo (pequeño).											
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido							
22	L	2	8.33	6.96							
23	L	1	4.17	4.25							
23	H	2	8.33	27.00							
26	M	-	-	4.00							
28	L	4	16.67	9.07							
29	M	13	54.17	34.83							
31		12	50.00	7.20							
					Número de valores deducidos (q) 7						
					Valor deducido más alto (HDVi) 34.83						
TOTAL VD= 93.31					Número admisible de deducciones (mi) 6.99						
CÁLCULO DEL PCI											
#	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1.00	34.83	27.00	9.07	7.20	6.96	4.25	3.96		93.27	7	...
2.00	34.83	27.00	9.07	7.20	6.96	4.25	2.00		91.31	6	41.00
3.00	34.83	27.00	9.07	7.20	6.96	2.00	2.00		89.06	5	...
4.00	34.83	27.00	9.07	7.20	2.00	2.00	2.00		84.10	4	49.30
5.00	34.83	27.00	9.07	2.00	2.00	2.00	2.00		78.90	3	50.70
6.00	34.83	27.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		71.83	2	53.60
7.00	34.83	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		46.83	1	46.83
										Máx CDV =	53.60



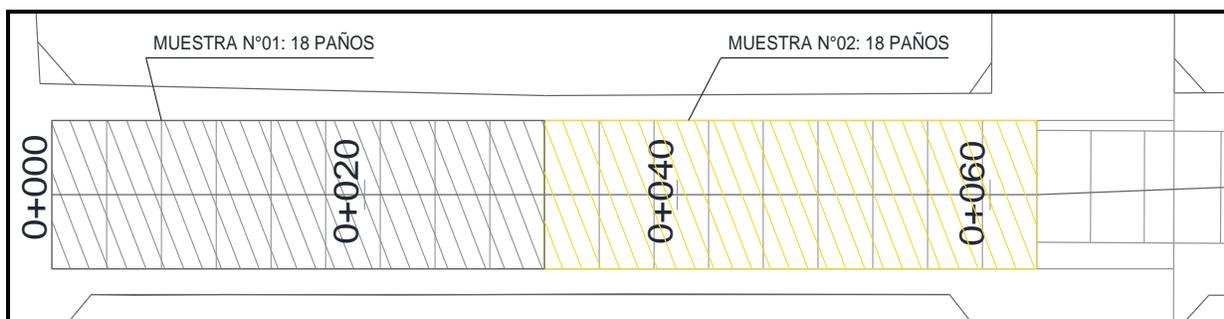
Fuente: Elaboración propia, 2021.

PAVIMENTO RECIENTE: PERIODO DE EJECUCIÓN 2012

Las cuadras pavimentadas en el año 2012 fueron: cuadra n°01, n°05, n°07 y n°08; donde están ubicadas las muestras 01, 02, 11, 12, 13, 14 y 15. A continuación se detalla su análisis respecto de cada una de ellas.

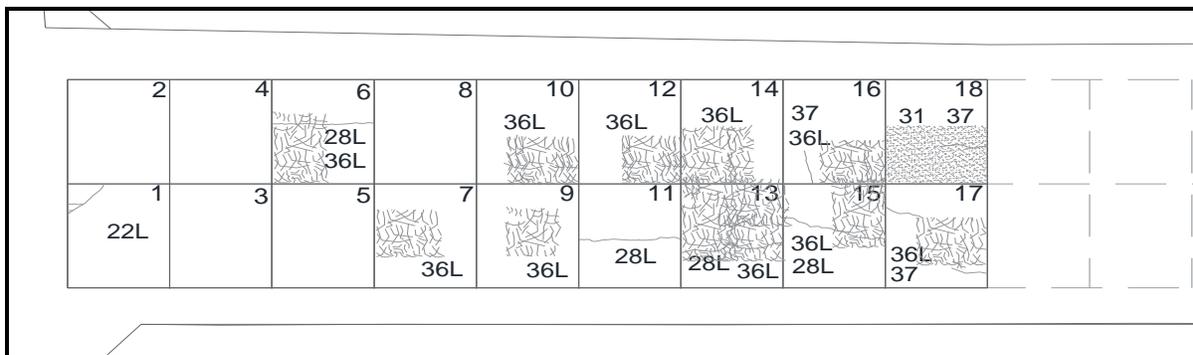
CUADRA N°01 DE LA CALLE SAN CARLOS

Consta de las muestras 01 y 02, cada una de ellas de 18 paños.



MUESTRA N° 01:

Consta de los primeros 18 paños en la cuadra n°01, de dimensiones 3.50 mts x 4.30 mts, con un área de 270.90 m². Y se encuentra entre las progresivas 0+000 – 0+031.50



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
22	L	1	0.90					0.90
28	L	4	3.50	3.60	3.75	6.55		17.40
31		1	8.40					8.40
36	L	10	6.00	4.60	3.60	5.00	4.00	54.24
			11.20	6.00	4.80	4.14	4.90	
37		3	1.70	2.70	1.40			5.80

22. Grieta de esquina – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{1}{18} \times 100 = 5.56$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 82)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) = 3.50 + \frac{8.70 - 3.50}{10.00 - 5.00} (5.56 - 5.00) = 4.08$$

Figura 65. Grieta de esquina de severidad baja (L) ubicada en el paño 01.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{4}{18} \times 100 = 22.22$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 88)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 10.60 + \frac{12.80 - 10.60}{25.00 - 20.00} (22.22 - 20.00) = 11.58$$

Figura 66. Grieta longitudinal de severidad baja (L) ubicada en el paño 11.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

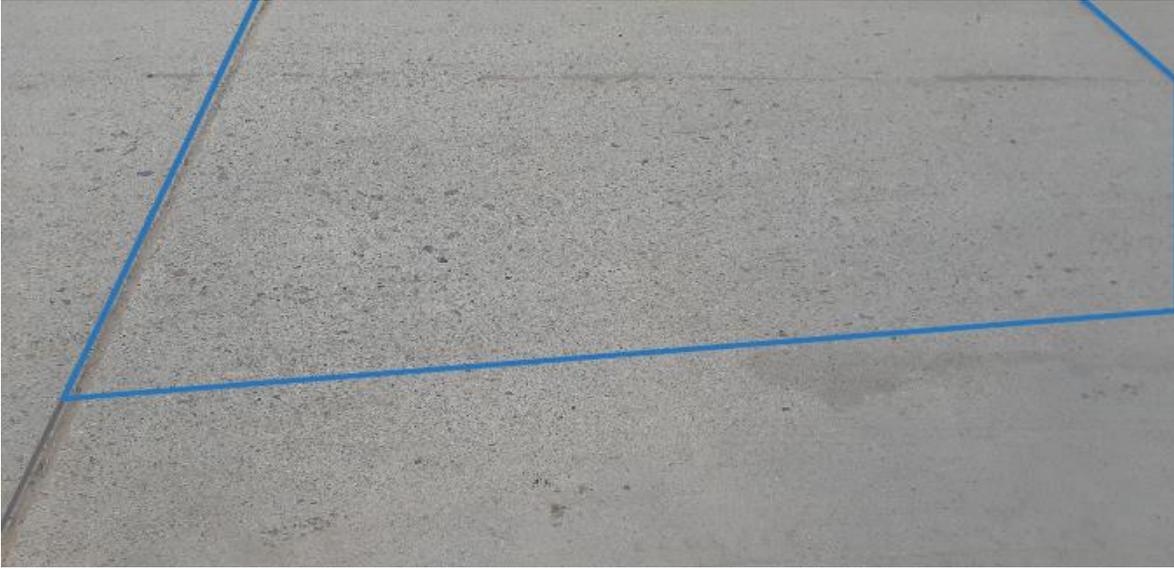
$$\text{densidad} = \frac{1}{18} \times 100 = 5.56$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) = 0.8 + \frac{1.30 - 0.8}{10.00 - 5.00} (5.56 - 5.00) = 0.86$$

Figura 67. Pulimento de agregado ubicado en el paño 18.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{10}{18} \times 100 = 55.56$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

Donde el valor deducido obtenido es 9.27.

Figura 68. Mapeo de grietas de severidad baja (L) ubicada en el paño 09.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

37. Grietas de retracción

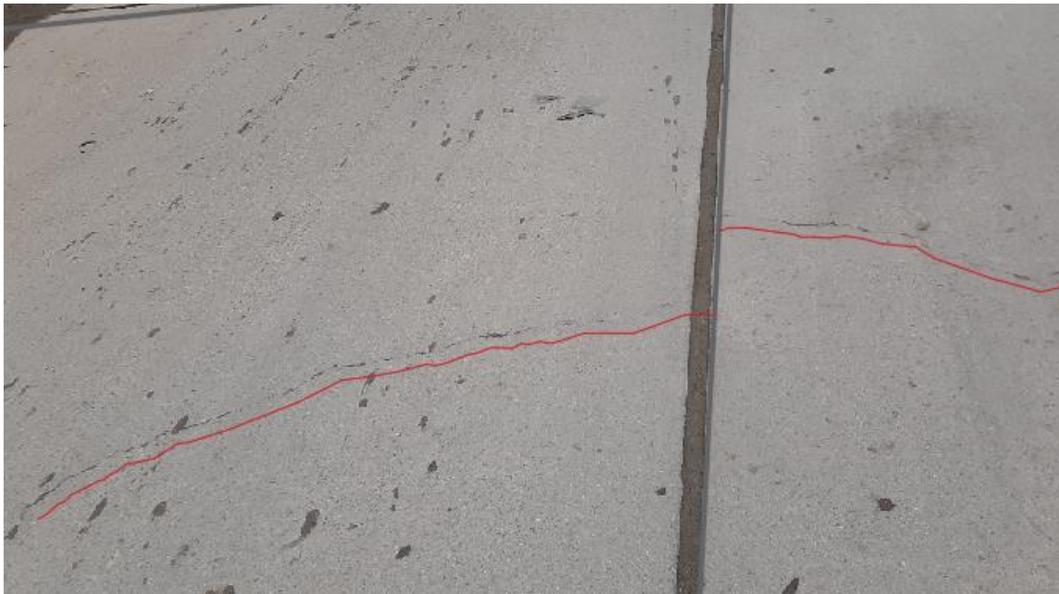
La densidad se obtiene de dividir el número de losas que presentan fallas entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%).

$$\text{densidad} = \frac{3}{18} \times 100 = 16.67$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 97)

Interpolando en el ábaco se obtiene que la densidad no es la suficiente para ser considerada en el cálculo, por lo tanto, no se toma en cuenta.

Figura 69. Grietas de retracción en los paños de la muestra.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **19.10. (Figura 100)**

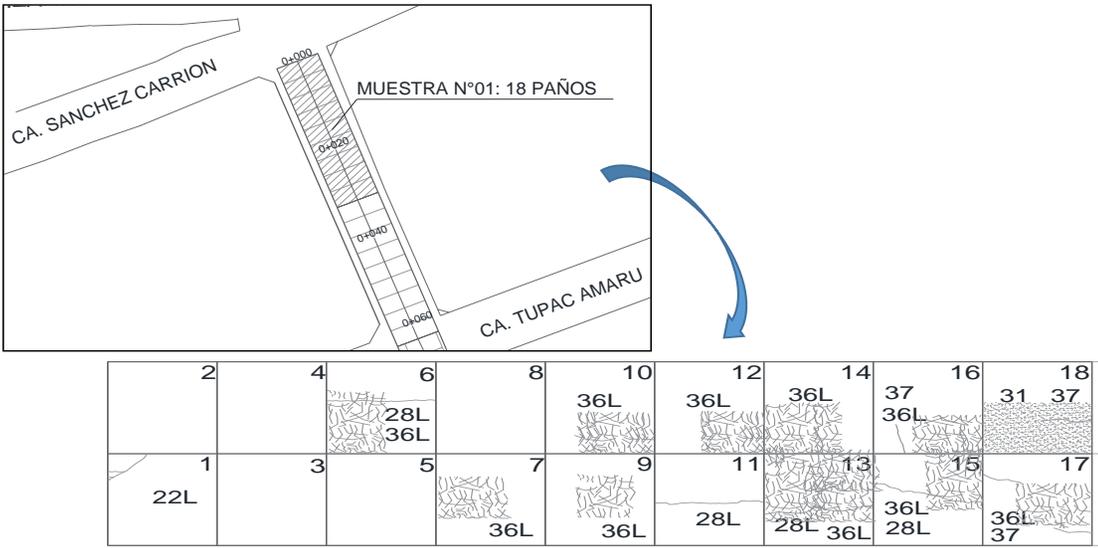
Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - \text{Máx CDV}$$

$$PCI = 100 - 19.10$$

$$PCI = 80.90 \text{ MUY BUENO}$$

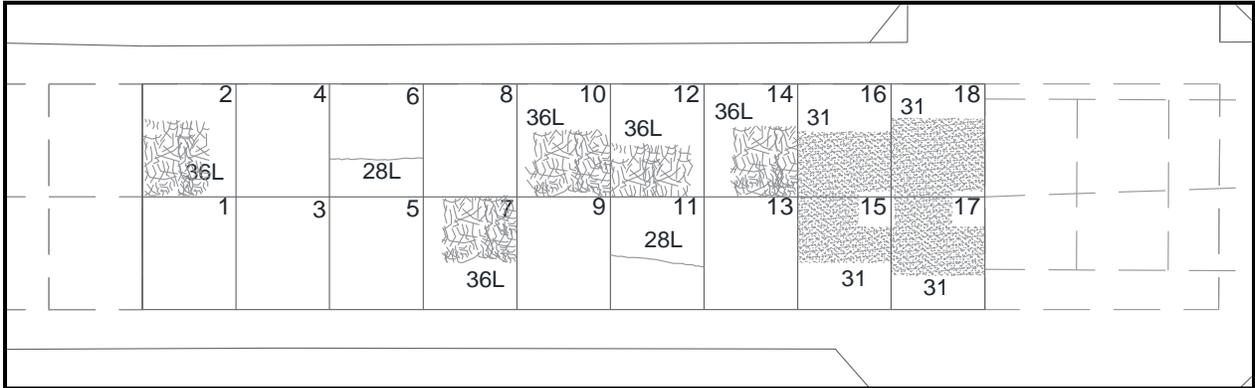
Tabla 19. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°01.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO									
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO: 1									
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES		PROGRESIVA		0+000 - 0+031.50							
FECHA :	14/09/2019	NÚMERO DE LOSAS :		18	ÁREA :	270.90 M2					
TIPO DE FALLA											
21. Blow up/ Buckling.			31. Pulimento de agregados.								
22. Grieta de esquina.			32. Popouts.								
23. Losa dividida.			33. Bombeo.								
24. Grieta de durabilidad.			34. Punzonamiento.								
25. Escala.			35. Cruce de vía férrea.								
26. Sello de junta.			36. Desconchamiento.								
27. Desnivel carril/ berma.			37. Retracción.								
28. Grieta lineal.			38. Descascaramiento de esquina.								
29. Parcheo (grande).			39. Descascaramiento de junta.								
30. Parcheo (pequeño).											
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido							
22	L	1	5.56	4.08							
28	L	4	22.22	11.58							
31		1	5.56	0.86							
36	L	10	55.56	9.27							
37		3	16.67	0.00							
					Número de valores deducidos (q)				4		
					Valor deducido más alto (HDVi)				11.58		
TOTAL VD=					25.79				Número admisible de deducciones (mi)	9.12	
CÁLCULO DEL PCI											
#	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CDV			
1.00	11.58	9.27	4.08	0.86		25.79	4	...			
2.00	11.58	9.27	4.08	0.86		25.79	3	15.10			
3.00	11.58	9.27	2.00	0.86		23.71	2	19.10			
4.00	11.58	2.00	2.00	0.86		16.44	1	16.44			
									Máx CDV=	19.10	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

MUESTRA N° 02:

Consta de 18 paños en la cuadra n°01, de dimensiones 3.50 mts x 4.30 mts, con un área de 270.90 m² y se encuentra entre las progresivas 0+031.50 – 0+063.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
28	L	2	3.50	3.60				7.10
31		4	8.75	8.75	10.50	10.50		38.50
36	L	5	7.50	7.00	7.50	6.00	6.75	34.75

28. Grieta lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{2}{18} \times 100 = 11.11$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 88)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 5.90 + \frac{8.30 - 5.90}{15.00 - 10.00} (11.11 - 10.00) = 6.43$$

Figura 70. Grieta longitudinal de severidad baja (L) ubicada en el paño 06.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

31. Pulimento de agregados

$$\text{densidad} = \frac{4}{18} \times 100 = 22.22$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 91)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$
$$y = 3.80 + \frac{4.60 - 3.80}{25.00 - 20.00} (22.22 - 20.00) = 4.16$$

Figura 71. Pulimento de agregado ubicado en el paño 16.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{5}{18} \times 100 = 27.78$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$
$$y = 5.90 + \frac{6.70 - 5.90}{30.00 - 25.00} (27.78 - 25.00) = 6.34$$

Figura 72. Mapeo de grietas de severidad baja (L) ubicada en el paño 14.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **11.30. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

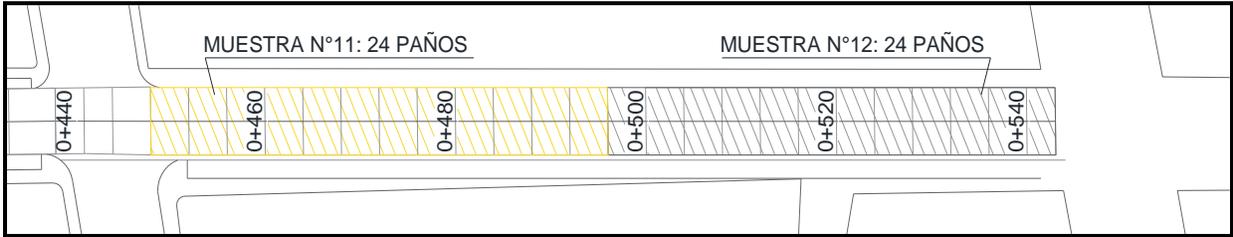
$$PCI = 100 - Máx CDV$$

$$PCI = 100 - 11.30$$

$$PCI = 88.70 \text{ EXCELENTE}$$

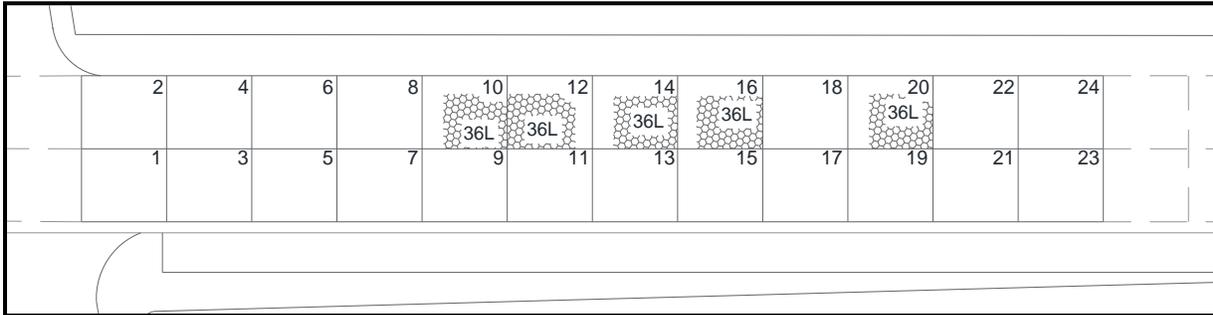
CUADRA N°05 DE LA CALLE SAN CARLOS

Consta de las muestras 11 y 12, de 24 paños cada uno.



MUESTRA N° 11:

Consta de 24 paños en la cuadra n°05, de dimensiones 3.33 mts x 4.00 mts, con un área de 319.20 m². Y se encuentra entre las progresivas 0+447.50 - 0+495.50.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
			7.50	8.00	7.20	7.45	7.50	
36	L	5	7.50	8.00	7.20	7.45	7.50	37.65

26. Sello de junta – severidad media (M= medium)

De la Figura 86 se sabe que:

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de gravedad son:

Bajo	2 puntos
Medio	4 puntos
Alto	8 puntos

En esta muestra la severidad es media, por lo tanto, el valor deducido es 4.0

Figura 73. Sello de junta de severidad media (M) ubicada en la muestra n°11.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{5}{24} \times 100 = 20.83$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$
$$y = 5.00 + \frac{5.90 - 5.00}{25.00 - 20.00} (20.83 - 20.00) = 5.15$$

Figura 74. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 16.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **7.15**. (**Figura 100**)

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 7.15$$

$$PCI = 92.85 \text{ EXCELENTE}$$

Tabla 21. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°11.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO									
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO: 11									
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES				PROGRESIVA	0+447.50 - 0+495.50						
FECHA :	24/09/2019	NÚMERO DE LOSAS :	24	ÁREA :	319.20 M2						
TIPO DE FALLA											
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.										
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.										
23. Losa dividida.	33. Bombeo.										
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.										
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.										
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.										
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.										
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.										
29. Parqueo (grande).	39. Descascaramiento de junta.										
30. Parqueo (pequeño).											
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido							
26	M	-	-	4.00							
36	L	5	20.83	5.15							
				Número de valores deducidos (q)	2						
				Valor deducido más alto (HDVi)	5.15						
TOTAL VD=				5.15	Número admisible de deducciones (mi) 9.71						
CÁLCULO DEL PCI											
#	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1.00	5.15	4.00							9.15	2	...
2.00	5.15	2.00							7.15	1	7.15
										Máx CDV =	7.15

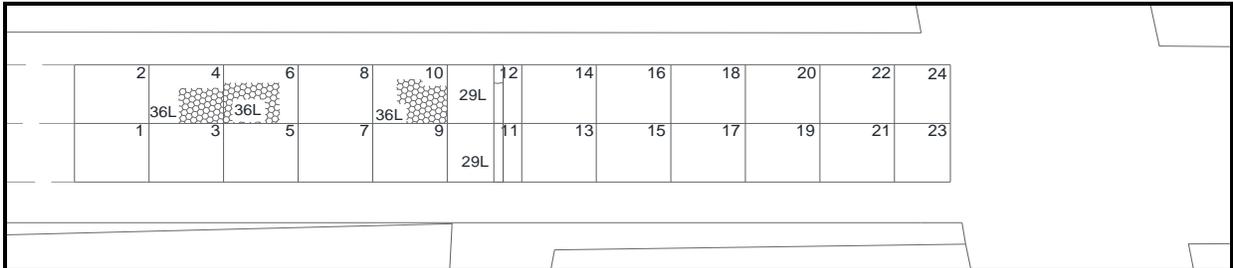


	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
					36L	36L	36L	36L		36L		
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23

Fuente: Elaboración propia, 2021.

MUESTRA N° 12:

Consta de 24 paños en la cuadra n°05, de dimensiones 3.33 mts x 4.00 mts, con un área de 319.20 m². Y se encuentra entre las progresivas 0+495.50 - 0+542.50.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA				TOTAL
29	L	2	1.65	1.65			3.30
36	L	3	6.75	6.90	4.80		18.45

29. Parche grande (mayor de 0.50m²) – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{2}{24} \times 100 = 8.33$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 89)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 1.10 + \frac{2.70 - 1.10}{10.00 - 5.00} (8.33 - 5.00) = 2.17$$

Figura 75. Parche grande de severidad baja (L) en el paño 11.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{3}{24} \times 100 = 12.50$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 2.10 + \frac{3.80 - 2.10}{15.00 - 10.00} (12.50 - 10.00) = 2.95$$

Figura 76. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 6.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **4.95. (Figura 100)**

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 4.95$$

$$PCI = 95.05 \text{ EXCELENTE}$$

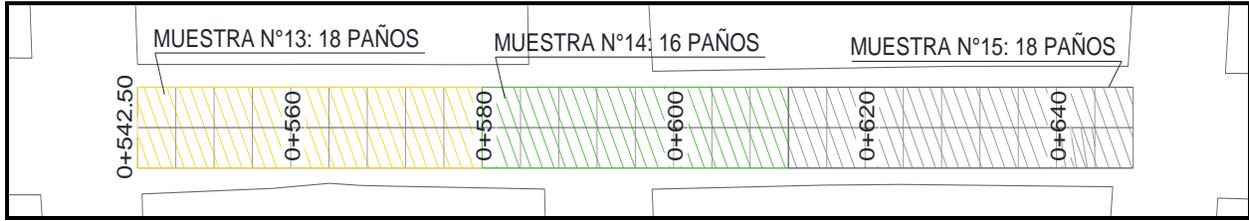
Tabla 22. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°12.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA												
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO												
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS				UNIDAD DE MUESTREO:		12				PROGRESIVA: 0+495.50 - 0+542.50		
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES												
FECHA :		25/09/2019		NÚMERO DE LOSAS :		24		ÁREA :		319.20 M2		
TIPO DE FALLA												
21. Blow up/ Buckling.	31. Pulimento de agregados.											
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.											
23. Losa dividida.	33. Bombeo.											
24. Grieta de durabilidad.	34. Punzonamiento.											
25. Escala.	35. Cruce de vía férrea.											
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento.											
27. Desnivel carril/ berma.	37. Retracción.											
28. Grieta lineal.	38. Descascamiento de esquina.											
29. Parcheo (grande).	39. Descascamiento de junta.											
30. Parcheo (pequeño).												
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido								
29	L	2	8.33	2.17								
36	L	3	12.50	2.95								
					Número de valores deducidos (q)		2					
					Valor deducido más alto (HDVi)		2.95					
TOTAL VD=					5.12		Número admisible de deducciones (mi)		9.91			
CÁLCULO DEL PCI												
#	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV	
1.00	2.95	2.17							5.12	2	...	
2.00	2.95	2.00							4.95	1	4.95	
										Máx CDV =	4.95	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

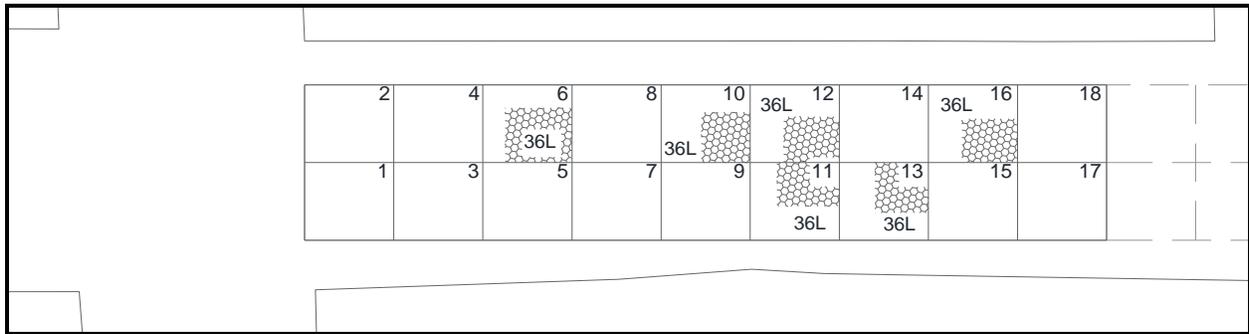
CUADRA N°08 Y N°09 DE LA CALLE SAN CARLOS

Consta de las muestras 13, 14 y 15; de 18, 16 y 18 paños respectivamente.



MUESTRA N° 13:

Consta de 18 paños en la cuadrada n°08, de dimensiones 3.55 mts x 4.00 mts, con un área de 255.60 m². Y se encuentra entre las progresivas 0+542.50 - 0+578.50.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
36	L	6	7.50	5.00	5.60	5.25	5.50	33.85
			5.00					

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{6}{18} \times 100 = 33.33$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 6.70 + \frac{7.30 - 6.70}{35.00 - 30.00} (33.33 - 30.00) = 7.10$$

Figura 77. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 06.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **7.10**. (**Figura 100**)

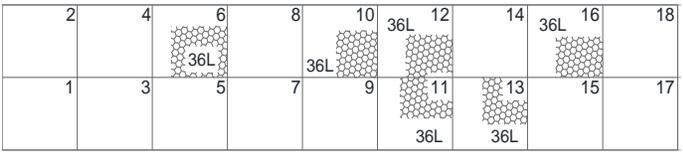
Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 7.10$$

$$PCI = 92.90 \text{ EXCELENTE}$$

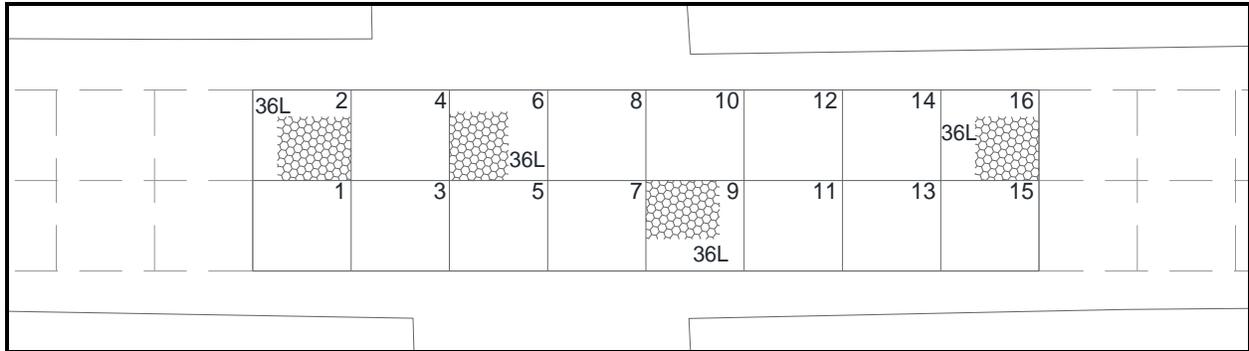
Tabla 23. Formato de evaluación para la obtención del PCI de la muestra n°13.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO									
NOMBRE DE LA CALLE: SAN CARLOS		UNIDAD DE MUESTREO: 13							
INSPECCIONADA POR : CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES			PROGRESIVA	0+542.50 - 0+578.50					
FECHA :	26/09/2019	NÚMERO DE LOSAS :	18	ÁREA :	255.60 M2				
TIPO DE FALLA									
21. Blow up/ Buckling.		31. Pulimento de agregados.							
22. Grieta de esquina.		32. Popouts.							
23. Losa dividida.		33. Bombeo.							
24. Grieta de durabilidad.		34. Punzonamiento.							
25. Escala.		35. Cruce de vía férrea.							
26. Sello de junta.		36. Desconchamiento.							
27. Desnivel carril/ berma.		37. Retracción.							
28. Grieta lineal.		38. Descascamiento de esquina.							
29. Parcheo (grande).		39. Descascamiento de junta.							
30. Parcheo (pequeño).									
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido					
36	L	6	33.33	7.10					
									
					Número de valores deducidos (q)	1			
					Valor deducido más alto (HDVi)	7.10			
					TOTAL VD=	7.10			
					Número admisible de deducciones (mi)	9.53			
CÁLCULO DEL PCI									
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV
1.00	7.10						7.10	1	7.10
								Máx CDV =	7.10

Fuente: Elaboración propia, 2021.

UNIDAD N° 14:

Consta de 16 paños entre la cuadra n°08 y n°09, de dimensiones 3.55 mts x 4.00 mts, con un área de 227.20 m².

**HOJA DE REGISTRO**

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA				TOTAL
			7.50	6.50	6.90	6.50	
36	L	4	7.50	6.50	6.90	6.50	27.40

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

$$\text{densidad} = \frac{4}{16} \times 100 = 25.00$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

El valor deducido es 5.90.

Figura 78. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 02.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **5.90**. (**Figura 100**)

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

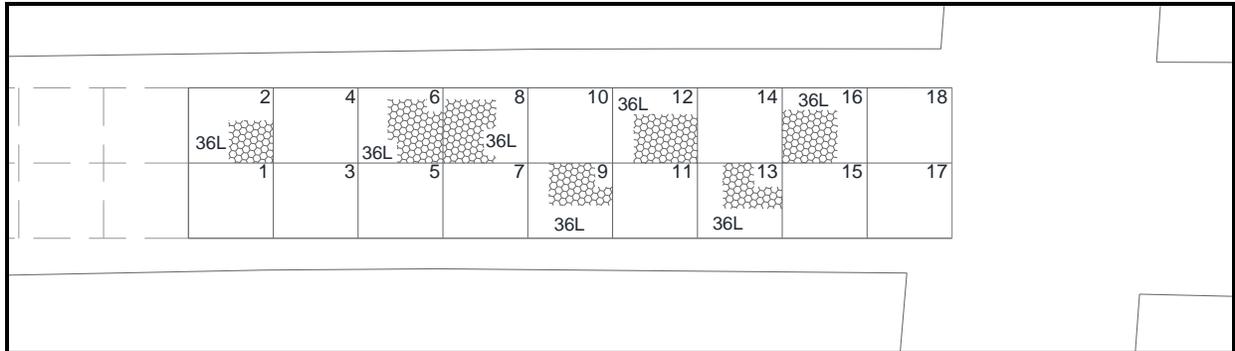
$$PCI = 100 - \text{Máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 5.90$$

$$PCI = 94.10 \text{ EXCELENTE}$$

MUESTRA N° 15:

Consta de 18 paños en la cuadra n°09, de dimensiones 3.55 mts x 4.00 mts, con un área de 255.60m² y se encuentra entre las progresivas 0+610.50 - 0+646.50.



HOJA DE REGISTRO

FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	CANTIDAD Y MEDIDA DE LA FALLA					TOTAL
			4.20	7.50	7.80	6.00	6.90	
36	L	7	4.20	7.50	7.80	6.00	6.90	44.90
			6.00	6.50				

36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado – severidad baja (L=low)

La densidad se obtiene de dividir el número de losas que presentan fallas entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%).

$$\text{densidad} = \frac{7}{18} \times 100 = 38.90$$

Luego se calcula el valor deducido en el ábaco correspondiente (Figura 96)

Para encontrar el valor según su severidad se hace uso de la interpolación, gracias al empleo de la fórmula:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 7.30 + \frac{7.90 - 7.30}{40.00 - 35.00} (38.90 - 35.00) = 7.77$$

Figura 79. Mapa de grietas de severidad baja (L) en el paño 08.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cálculo del máximo valor deducido corregido, el cual es **7.77**. (**Figura 100**)

Para calcular el PCI de la muestra, se hace uso de la fórmula:

$$PCI = 100 - Máx CDV$$

$$PCI = 100 - 7.77$$

$$PCI = 92.23 \text{ EXCELENTE}$$

Se presenta un resumen del estado, PCI y el número de losas de cada unidad de muestra, así como también el cálculo del PCI promedio ponderado para el pavimento antiguo y nuevo.

Tabla 26. Resumen de cálculo del PCI del pavimento antiguo y nuevo.

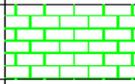
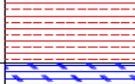
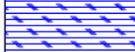
	Muestra	Cálculo PCI	Estado	# Losas	Área (m²)	PCI*L	
Pavimento antiguo	M-03	35.70	MALO	20	317.80	714.00	
	M-04	48.80	REGULAR	20	318.50	976.00	
	M-05	52.20	REGULAR	20	318.50	1044.00	
	M-06	51.27	REGULAR	18	286.65	922.86	
	M-07	48.33	REGULAR	18	286.65	869.94	
	M-08	49.27	REGULAR	18	286.65	886.86	
	M-09	47.02	REGULAR	22	350.35	1034.44	
	M-10	46.40	REGULAR	24	352.20	1113.60	
	Suma:				160		7561.70
	PCI prom				7561.70		
ponderado				160		= 47.30%	
Pavimento nuevo	M-01	80.90	MUY BUENO	18	270.90	1456.20	
	M-02	88.70	EXCELENTE	18	270.90	1596.60	
	M-11	92.85	EXCELENTE	24	319.20	2228.40	
	M-12	95.05	EXCELENTE	24	319.20	2281.20	
	M-13	92.90	EXCELENTE	18	255.60	1672.20	
	M-14	94.10	EXCELENTE	16	227.20	1505.60	
	M-15	92.23	EXCELENTE	18	255.60	1660.14	
	Suma:				136		12320.34
PCI prom				12320.34			
ponderado				136		= 90.60%	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.2. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La aplicación del método PCI al pavimento rígido de antiguo y nuevo de la calle San Carlos, sirvió para obtener el valor cuantitativo de la condición del pavimento que equivale a **90.60%** y **47.30%** respectivamente.

Figura 80. Clasificación de acciones de mantenimiento según PCI.

ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	PCI		ESCALA
MENOR	100		EXCELENTE
	85		MUY BUENO
MENOR (RUTINARIO)	70		BUENO
	55		REGULAR
MAYOR (CORRECTIVO)	40		POBRE
MAYOR (CORRECTIVO) RECONSTRUCCIÓN	25		MUY POBRE
	10		MALO

Fuente: ASTM 5340 – 03 método de evaluación PCI.

Según la clasificación propuesta por la metodología del PCI, de acuerdo a su valor se tiene lo siguiente:

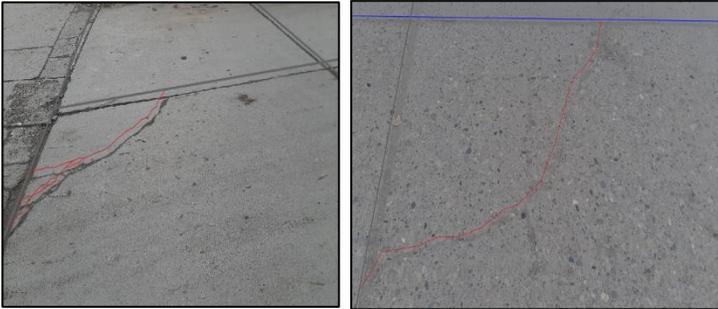
-Para el pavimento antiguo: Se debe realizar un mantenimiento menor (rutinario), solo en el caso de la muestra n°03 donde el PCI es malo (35.7%), se recomienda mayor (correctivo).

-Para el pavimento nuevo: Se debe realizar un mantenimiento menor, principalmente en la muestra n°01 donde el PCI es bueno (80.90%).

Teniendo en cuenta que las diferentes fallas identificadas son de severidad alta y media para el pavimento antiguo, se dispone de alternativas de intervención puntuales en las losas afectadas, con técnicas de mantenimiento como sellado de juntas y grietas, reparación de espesor parcial, fresado.

A continuación, se muestra la matriz con las alternativas de intervención propuestas por el método PCI en función a cada tipo y severidad de las fallas encontradas en la calle San Carlos:

Tabla 27. Matriz de alternativas de solución.

Falla	Posibles causas	Severidad	Intervención	Imágenes representativas
Grieta de esquina	La repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.	Baja	-Si es >3mm se realiza un sellado de grietas.	
		Media	-Sellado de grietas.	
		Alta	-Parcheo profundo.	
Losa dividida	Sobrecarga o a soporte inadecuado.	Baja	-Si es >3mm se realiza un sellado de grietas.	
		Media	-Sellado de grietas.	
		Alta	-Reemplazo de la losa.	
Sello de junta	Infiltración de agua, la acumulación de material incomprendido, falta o ausencia de sellante.	Baja	-No se hace nada.	
		Media	-Resellado de juntas.	
		Alta	-Resellado de juntas.	

Grieta lineal	Mayormente por combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad.	Baja	-Si es >3mm se realiza un sellado de grietas.	
		Media	-Sellado de grietas.	
		Alta	-Parcheo profundo.	

Parcheo (grande)	Reemplazo del pavimento debido a mejoramiento de servicios públicos (agua y desagüe).	Baja	-No se hace nada.	
		Media	-Sellado de grietas.	
		Alta	-Reemplazo del parche.	

Pulimento de agregados	Aplicaciones repetidas de cargas del tránsito.	Baja		
		Media	-Ranurado de la superficie,	
		Alta	sobrecarpeta.	

Mapeo de grietas	Exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado, que es la rotura de la superficie de la losa.	Baja	-No se hace nada.
		Media	-No se hace nada.
		Alta	-Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.



Grieta de retracción	Se forma durante el fraguado y curado del concreto.	Baja	-No se hace nada.
		Media	-No se hace nada.
		Alta	-No se hace nada.



Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El PCI promedio para el pavimento antiguo conformado por la cuadra n°02, n°03 y n°04 resultó **47.30%**, clasificándose como un pavimento **regular** y las fallas que sobresaltan son: pulimento de agregados (80.71%), parcheo grande (77.19%), grieta lineal (6.47%), losa dividida (3.54%), grieta de esquina (2.87%) y sello de junta. Por lo tanto, existen paños que presentan fallas de severidad grave y a pesar de esto no influyeron totalmente porque no es un área representativa en comparación con el área total inspeccionada.

En la cuadra n°02, constituida por la unidad n°03, n°04 y n°05 con un PCI de 35.70%, 48.80% y 52.20% respectivamente, presenta un PCI promedio de 45.60%. Las fallas más determinantes son grieta lineal – transversal, parcheo grande, pulimento de agregados, losa dividida y sello de junta, presentando severidad moderada y alta.

En la cuadra n°03, constituida por la unidad n°06, n°07 y n°08 con un PCI de 51.27%, 48.33% y 49.27% respectivamente, presenta un PCI promedio de 49.60%. Las fallas más determinantes son grieta lineal – transversal, parcheo grande y pulimento de agregados, presentando severidad moderada.

En la cuadra n°04, constituida por la unidad n°09 y n°10 con un PCI de 47.02% y 46.40% respectivamente, presenta un PCI promedio de 46.70%. Las fallas más determinantes son grieta lineal – transversal, parcheo grande, losa dividida y pulimento de agregados, presentando severidad moderada y alta.

El PCI promedio para el pavimento reciente conformado por la cuadra n°01, n°05, n°08 y n°09 resultó **90.60%**, clasificándose como un pavimento **excelente**, pero se apreció en la inspección que algunos paños presentan fallas y las que sobresaltan son: mapeo de grietas (26.74%), grieta lineal (4.17%), pulimento de agregados (3.47%), de severidad leve los cuales deberán ser contabilizados para el mantenimiento menor.

En la cuadra N°01, constituida por la unidad n°01 y n°02 con un PCI de 80.90% y 88.70%

respectivamente, presenta un PCI promedio de 84.80%. Las fallas más determinantes son grieta lineal – transversal, mapa de grietas y pulimento de agregados, presentando severidad leve.

En la cuadra n°05, constituida por la unidad n°11 y n°12 con un PCI de 92.85% y 95.05% respectivamente, presenta un PCI promedio de 93.95%. La falla más determinante es mapa de grietas presentando severidad leve.

Entre la cuadra n°08 y n°09, constituidas por las unidades n°13, n°14 y n°15 con un PCI de 92.90%, 94.10% y 92.23% respectivamente, presenta un PCI promedio de 93.10%. La falla más determinante es mapa de grietas presentando severidad leve.

La incidencia de grietas transversales, losa dividida, grietas de esquina en el pavimento antiguo se debe principalmente a largos de paño excesivos, donde el espaciamiento de juntas transversales es cada 4.90 metros, en la cuadra N°02, N°03 y N°04.

Debido a un deficiente diseño en las dimensiones de los paños en el pavimento rígido antiguo, se producen las grietas transversales y a través de las repetidas cargas de tránsito se generan las fallas de grietas de esquina y losa dividida.

El pulimento de agregados se percibe en gran área en el pavimento antiguo, pero en el análisis de datos, la cuantificación de valores deducidos de esta falla nos proporciona valores despreciables a comparación de los demás tipos de fallas.

La falla por parcheo (grande) en el pavimento antiguo fue debido a trabajos de servicios públicos de Agua y Desagüe en el 2012 lo que contribuye al deterioro físico de este.

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Al contrastar la hipótesis se obtuvo lo siguiente: Según los resultados obtenidos aplicando el método del PCI, el estado actual del pavimento rígido antiguo resultó **Regular** (PCI ponderado de 47.30%) y el pavimento rígido nuevo resultó **Excelente** (PCI ponderado de 90.60%) que contrastando con la hipótesis planteada la cual fue **Malo** para el pavimento antiguo y **Muy bueno** para el reciente, estas resultaron diferentes, no verificándose completamente la hipótesis establecida, resultando la hipótesis nula.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El estado actual del pavimento rígido antiguo de la calle San Carlos se clasificó con un PCI promedio ponderado de **47.30 %** como un pavimento **regular** y el pavimento reciente se clasificó con un PCI promedio ponderado de **90.60 %** como un pavimento **excelente**. Las fallas que principalmente afectan al pavimento antiguo son: pulimento de agregados (80.71%), parcheo grande (77.19%), grieta lineal (6.47%), losa dividida (3.54%), grieta de esquina (2.87%), sello de junta y en el pavimento reciente sobresaltan: mapeo de grietas (26.74%), grieta lineal (4.17%) y pulimento de agregados. Por lo tanto, de acuerdo al valor del PCI y de la Tabla 26, se recomienda para el pavimento antiguo un mantenimiento menor (rutinario) enfocado en las losas que presentan severidad alta y para el pavimento reciente un mantenimiento menor.
- Se realizó el levantamiento en campo del pavimento rígido, donde se pudo visualizar que la calle no tiene un sistema de drenaje, lo cual ocasiona el aumento en la severidad de las fallas.
- Los deterioros existentes que más sobresaltan en pavimento rígido antiguo se presentan en la cuadra n°02 y cuadra n°04, donde existe falla por losa dividida de alta severidad la cual necesita un remplazo total de las losas afectadas y en el pavimento reciente, se presenta en la cuadra n°01 donde existen grietas longitudinales y de esquina de severidad media y baja que necesita de un sellado de grietas para prolongar su funcionalidad de la losa y evitar un deterioro mayor.
- Se determinó el nivel de severidad de las fallas presentes en el pavimento rígido antiguo el cual fue medio/ alto y para el pavimento rígido reciente fue mayormente bajo.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un buen diseño del pavimento rígido, tomando en cuenta que cada proyecto es una realidad distinta, no compartir un mismo modelo para todos. Así como también ejecutar un correcto proceso constructivo de acorde a las exigencias del proyecto, para de esta forma cumplir con la vida útil planteada del pavimento rígido.
- Se recomienda para una mejor precisión de los resultados, analizar todas las unidades de muestras en el cálculo del PCI.
- Se recomienda darle continuidad a la presente tesis para mayores y mejores resultados en la fase de presupuestos, tiempos y recursos.
- Es necesario implementar un plan de gestión de conservación vial, en donde se realice un monitoreo continuo de las fallas y se debe aplicar el mantenimiento preventivo para que se evite fallas de gran consideración y su reparación no perjudique la condición operacional en la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. 1993. Guía para el diseño de estructuras de pavimentos. Capítulo I. p 10.

American Society for Testing and Materials. 2011. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-11). Virginia, Estados Unidos. 48 p.

Calizaya Jilaja, E. 2018. Evaluación de la durabilidad de la vía turística con tratamiento superficial asfáltico Illpa–sillustani de la región de Puno. Tesis Ing. Civ. Juliaca, Perú. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 188 p.

Castope Gonzales, L. 2019. Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el jirón Yahuar Huaca del distrito de Los Baños del Inca- Cajamarca 2018. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca, 150 p.

Carbajal Terrones, M. 2018. Aplicación del método PCI para evaluar las condiciones de la superficie del pavimento rígido en la avenida Chiclayo, José Leonardo Ortiz. Tesis Ing. Civ. Chiclayo, Perú. Universidad Cesar Vallejo, 230 p.

Cote Sosa, Gina; Villalba Oyola, L. 2017. Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de Indias y medidas de conservación. Caso de estudio: Carrera 1ra del barrio Bocagrande. Tesis Ing. Civ. Cartagena, Colombia. Universidad de Cartagena, 100 p.

Mondragón Guerrero, JA. 2018. Evaluación del índice de condición del pavimento rígido en la calle Mariscal Ureta cuerdas 12, 13 y 14 de la ciudad de Jaén - Cajamarca. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca, 198 p.

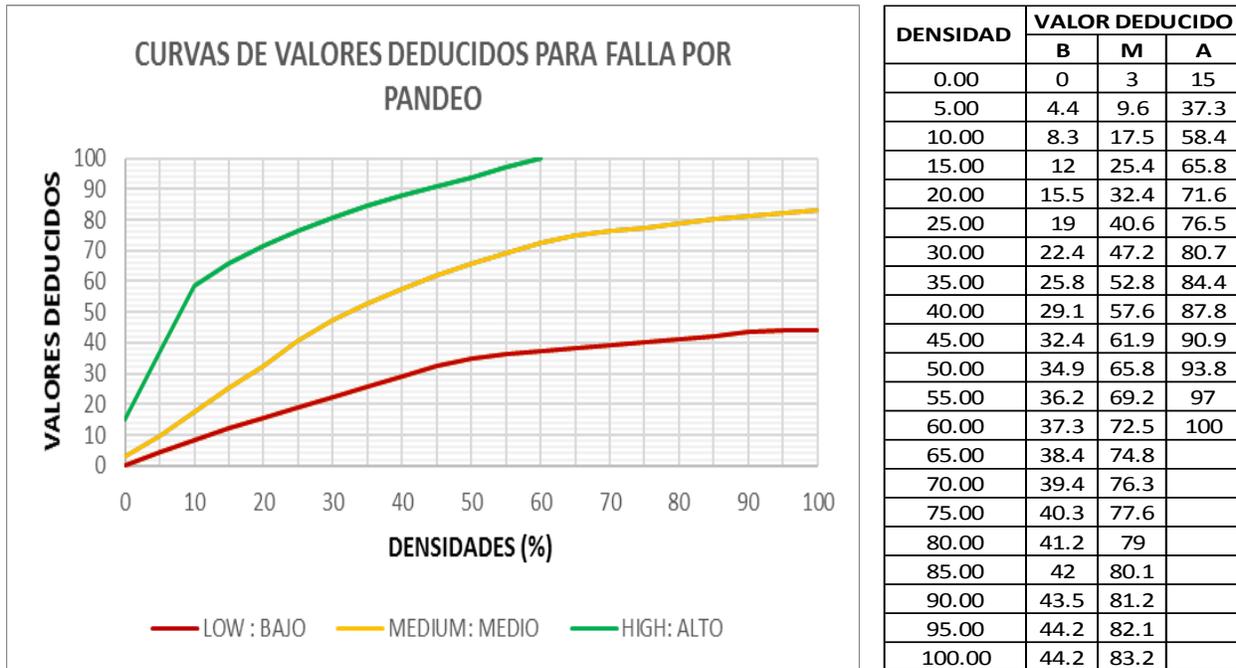
Neira Jaramillo, AA. 2015. Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en las calles de la capital del distrito de Sondorillo, provincia de

- Huancabamba, departamento de Piura. Tesis Ing. Civ. Piura, Perú. Universidad Católica los Ángeles Chimbote, 90p.
- Núñez Guevara, Y. 2018. Propuesta de rehabilitación de pavimento de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo en la avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 152 p.
- Rodríguez Velásquez, ED. 2009. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de Castilla. Tesis Ing. Civ. Piura, Perú. Universidad de Piura. 163 p.
- Vásquez, L. 2002. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, Colombia. Ingepav. 90 p.
- Vilca Gómez, OD. 2011. Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el sector oeste del barrio Centenario del distrito de Independencia - provincia de Huaraz – región Ancash. Tesis Ing. Civ. Ancash, Perú. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. 101 p.
- Yanarico Del Carpio, Y.; Kalinowski Figueroa, M. 2018. Propuesta de un plan de gestión anual basado en la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para la superficie del pavimento en las avenidas: Jorge Chávez y Costanera –Wanchaq – Cusco. Tesis Ing. Civ. Cusco, Perú. Universidad Andina del Cusco. 280 p.

ANEXOS A:

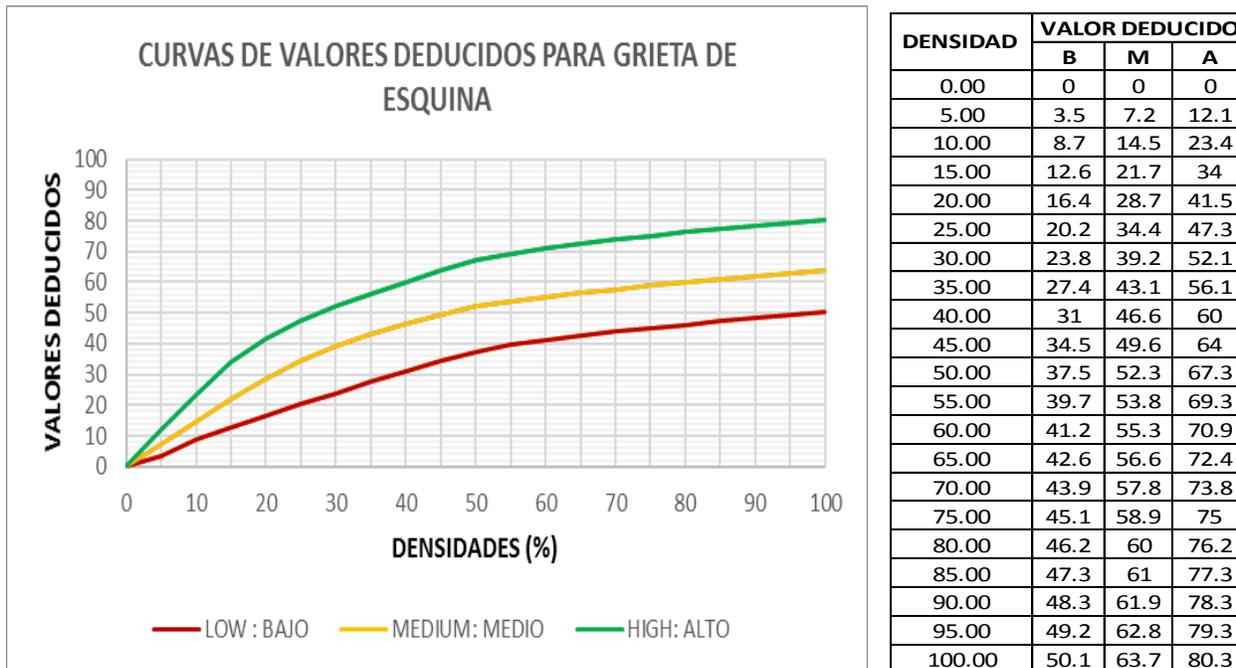
CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO

Figura 81. Curvas de valores deducidos para falla por pandeo.



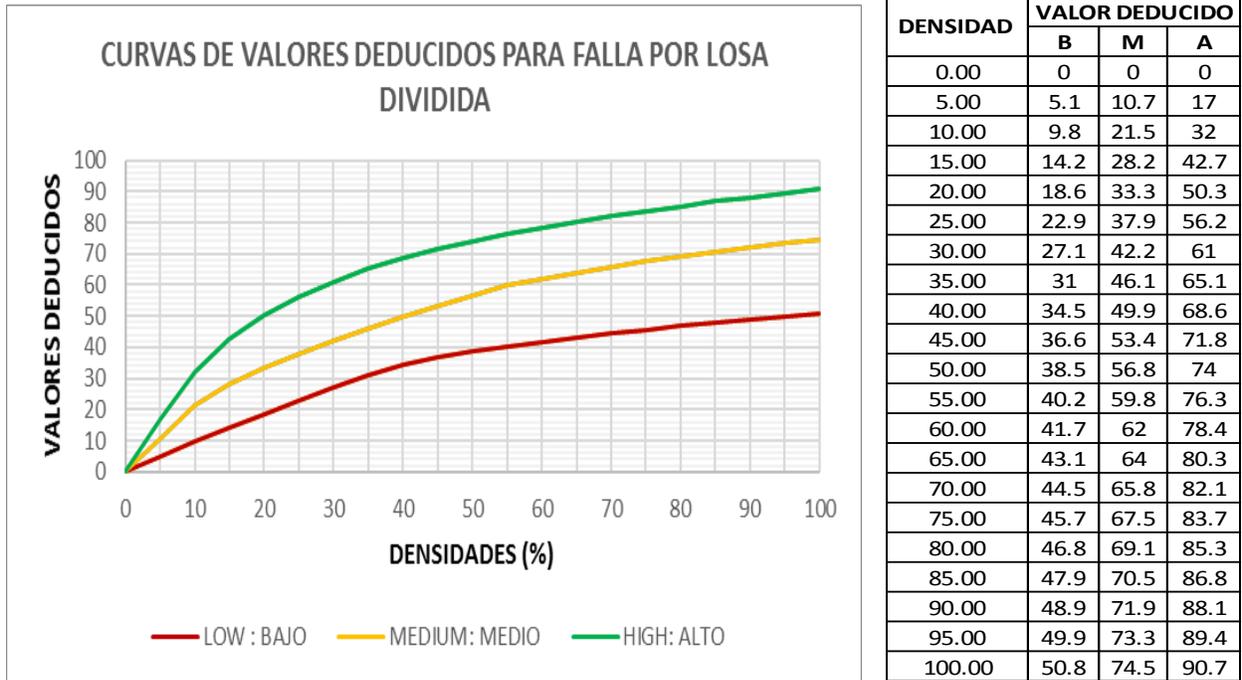
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 82. Curvas de valores deducidos para grieta de esquina.



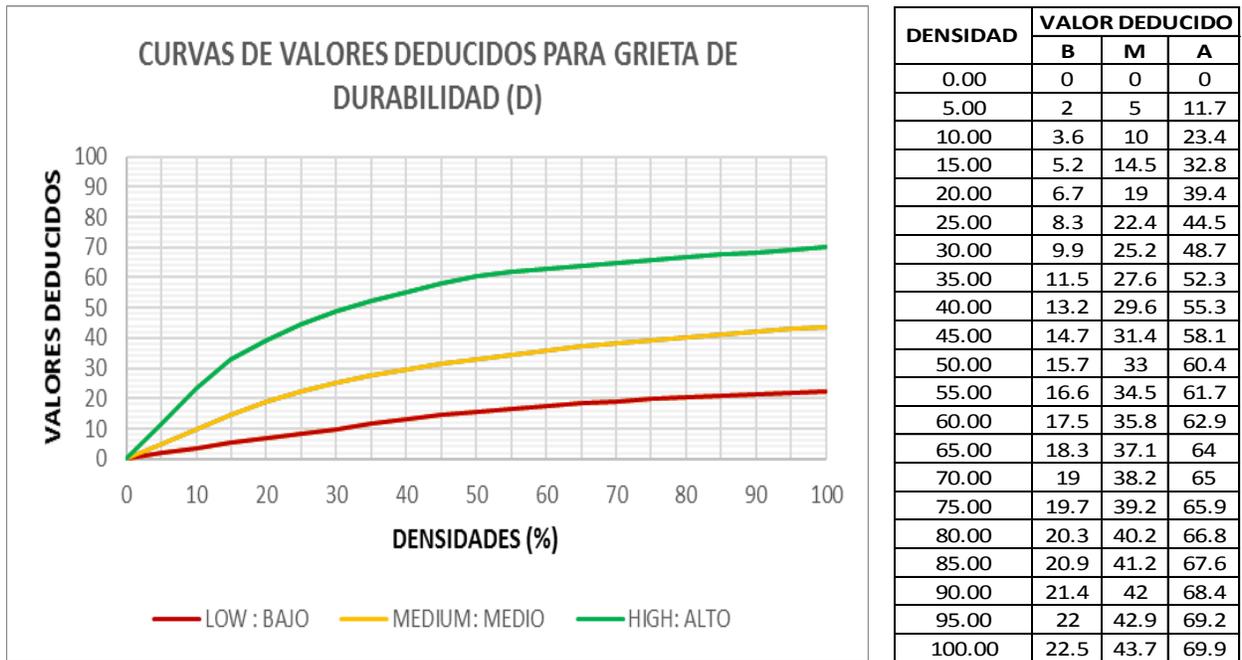
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 83. Curvas de valores deducidos para falla por losas divididas.



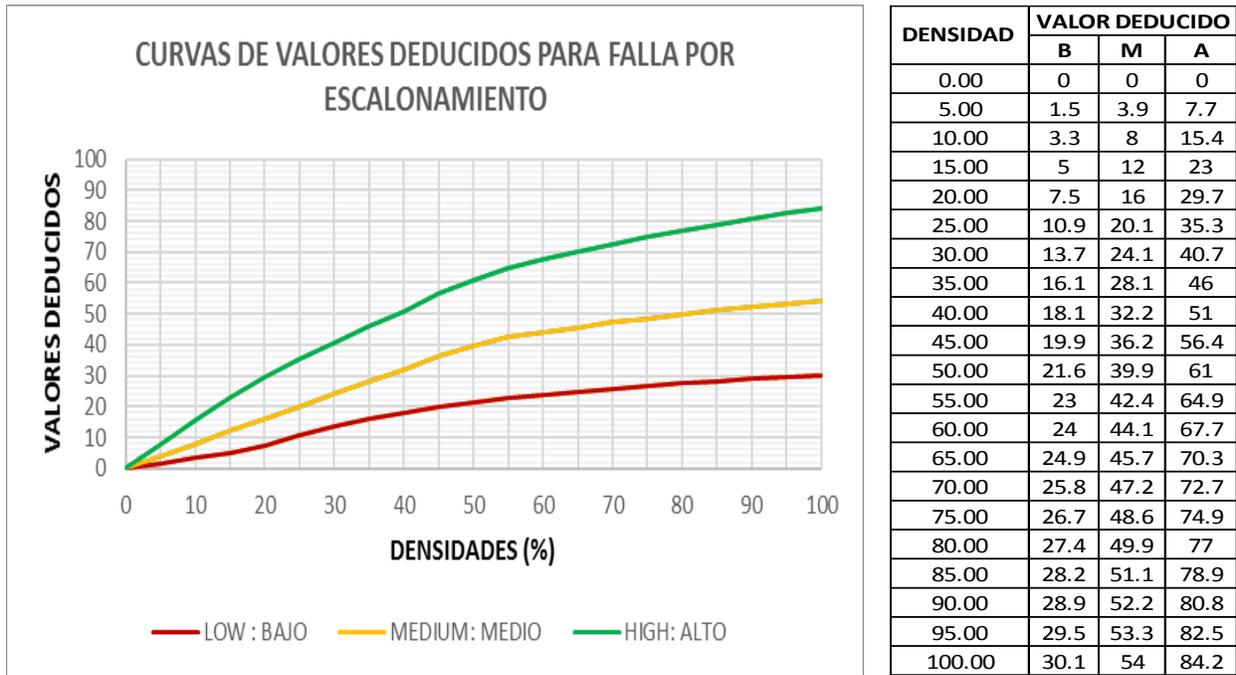
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 84. Curvas de valores deducidos para grieta de durabilidad (D).



Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 85. Curvas de valores deducidos para falla por escalonamiento.



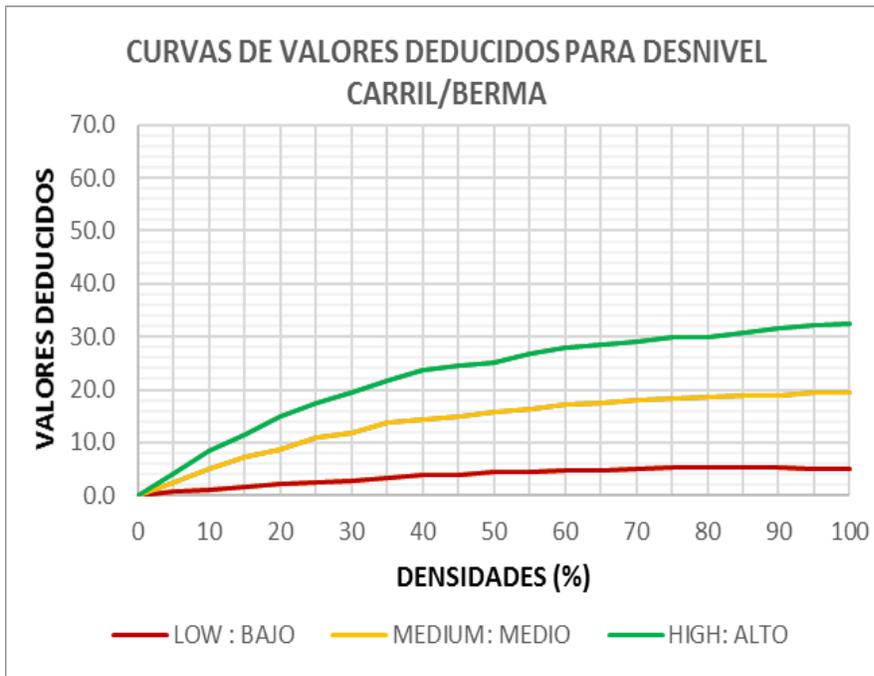
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 86. Valores deducidos para deterioro del sello de juntas.

LOW: BAJO	2	PUNTOS
MEDIUM: MEDIO	4	PUNTOS
HIGH: ALTO	8	PUNTOS

Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

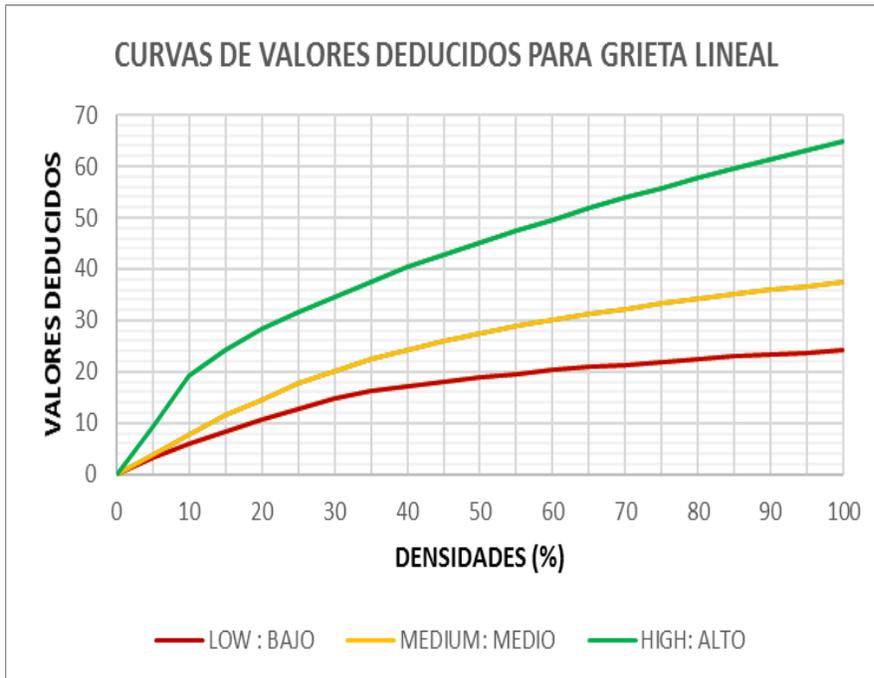
Figura 87. Curvas de valores deducidos para desnivel carril/berma.



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	B	M	A
0.00	0.0	0.0	0.0
5.00	0.7	2.5	4.1
10.00	1.1	5.0	8.4
15.00	1.7	7.3	11.6
20.00	2.1	8.7	15.0
25.00	2.4	10.9	17.4
30.00	2.7	11.8	19.5
35.00	3.4	13.7	21.8
40.00	3.8	14.5	23.7
45.00	3.9	15.0	24.6
50.00	4.4	15.7	25.0
55.00	4.5	16.3	26.7
60.00	4.7	17.2	28.0
65.00	4.8	17.4	28.6
70.00	5.0	17.9	29.0
75.00	5.2	18.2	29.8
80.00	5.3	18.5	30.0
85.00	5.3	18.9	30.7
90.00	5.2	19.0	31.6
95.00	5.1	19.4	32.1
100.00	5.0	19.4	32.5

Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

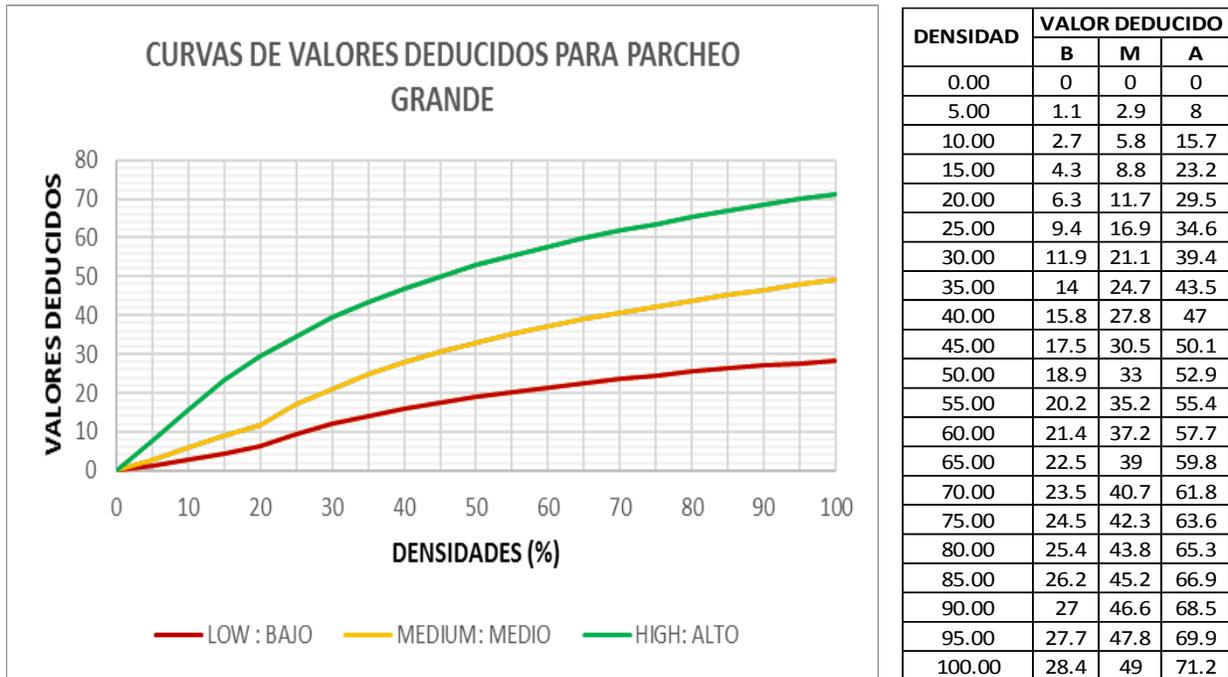
Figura 88. Curvas de valores deducidos para grieta lineal.



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	B	M	A
0.00	0	0	0
5.00	3.2	4	9.6
10.00	5.9	7.8	19.2
15.00	8.3	11.5	24.2
20.00	10.6	14.4	28.3
25.00	12.8	17.6	31.6
30.00	14.9	20.2	34.6
35.00	16.2	22.4	37.6
40.00	17.2	24.3	40.3
45.00	18.1	26	42.8
50.00	18.9	27.5	45.2
55.00	19.6	28.8	47.5
60.00	20.3	30.1	49.7
65.00	20.9	31.2	51.8
70.00	21.4	32.3	53.9
75.00	22	33.3	55.8
80.00	22.4	34.2	57.7
85.00	22.9	35.1	59.6
90.00	23.3	35.9	61.4
95.00	23.7	36.7	63.1
100.00	24.1	37.4	64.8

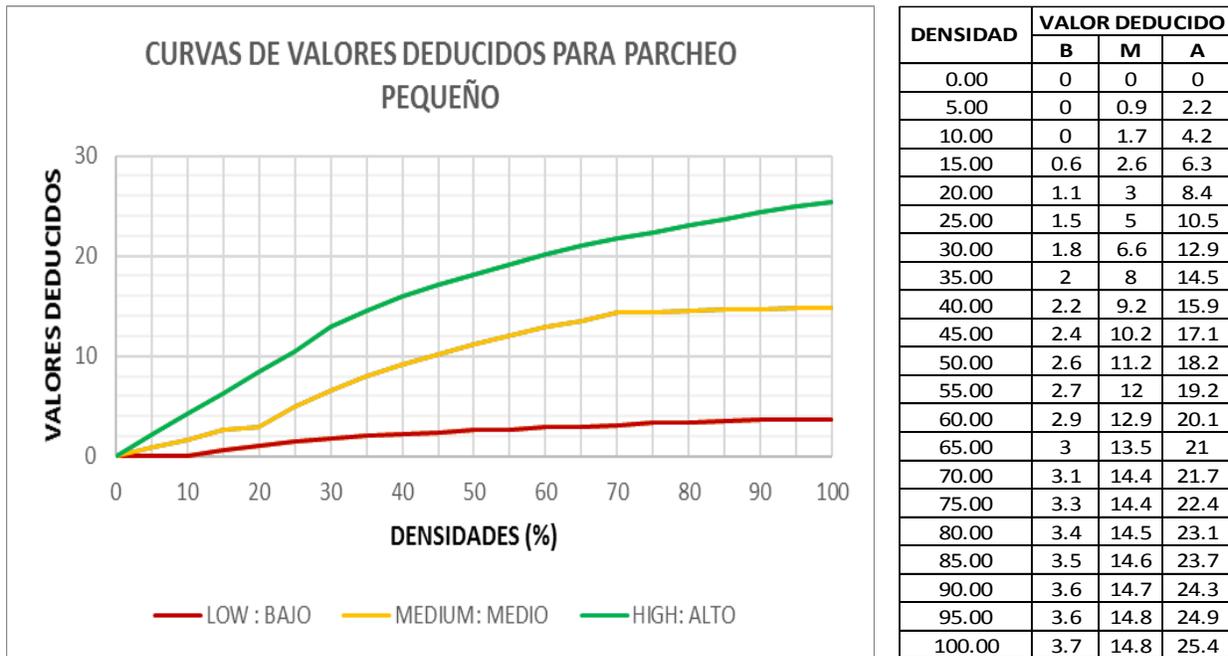
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 89. Curvas de valores deducidos para parcheo grande.



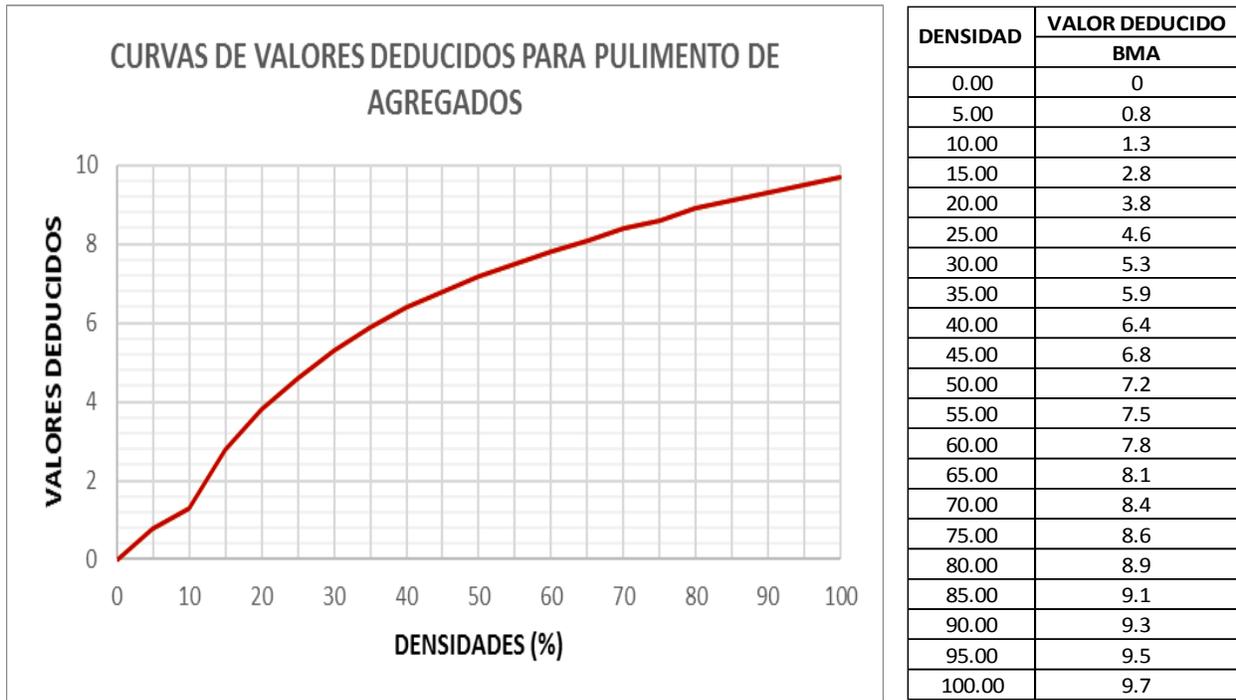
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 90. Curvas de valores deducidos para parcheo pequeño.



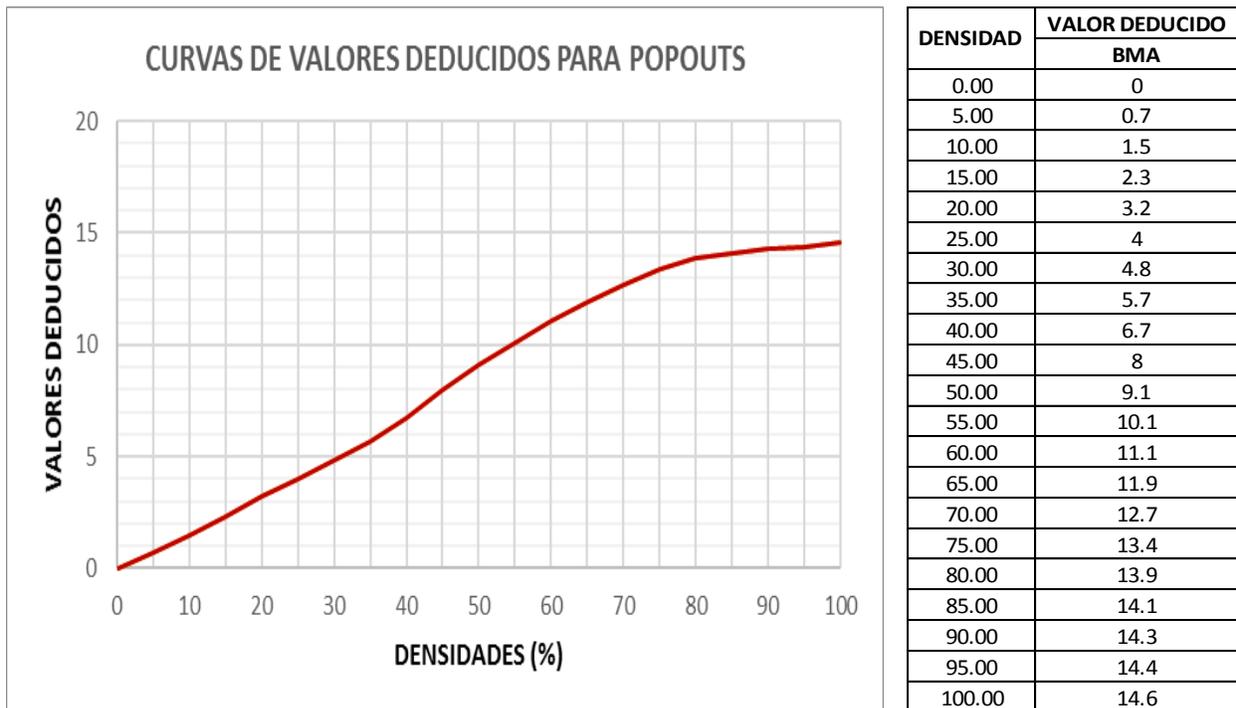
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 91. Curvas de valores deducidos para pulimento de agregados.



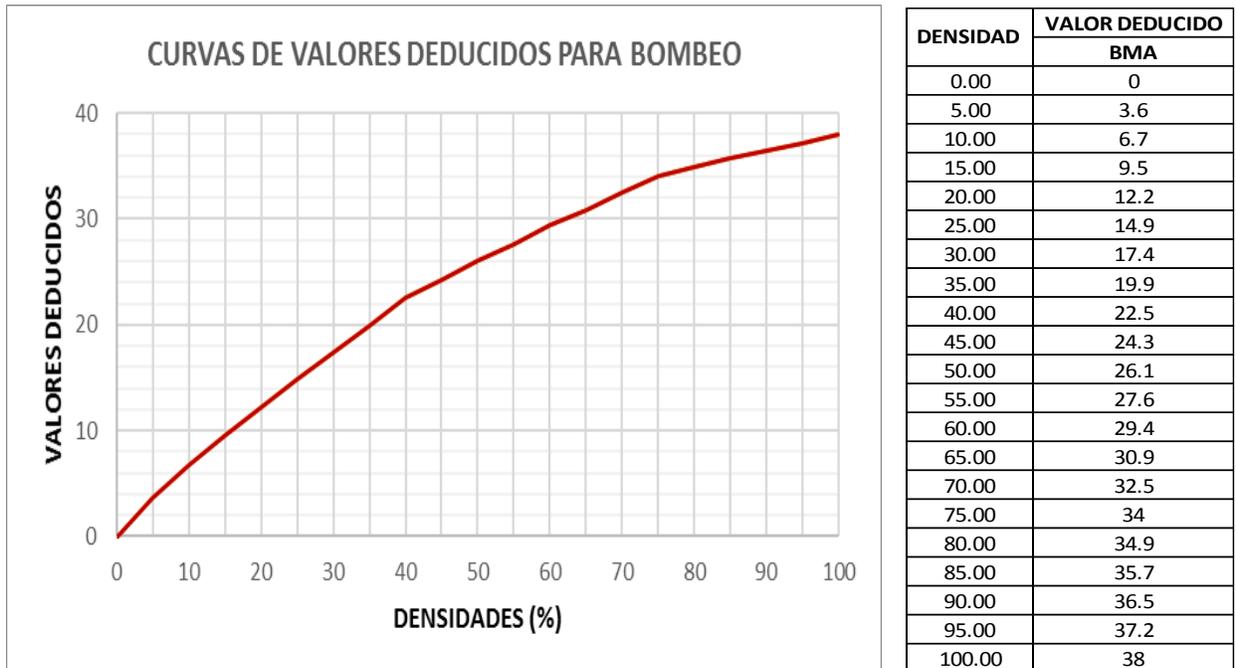
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 92. Curvas de valores deducidos para popouts.



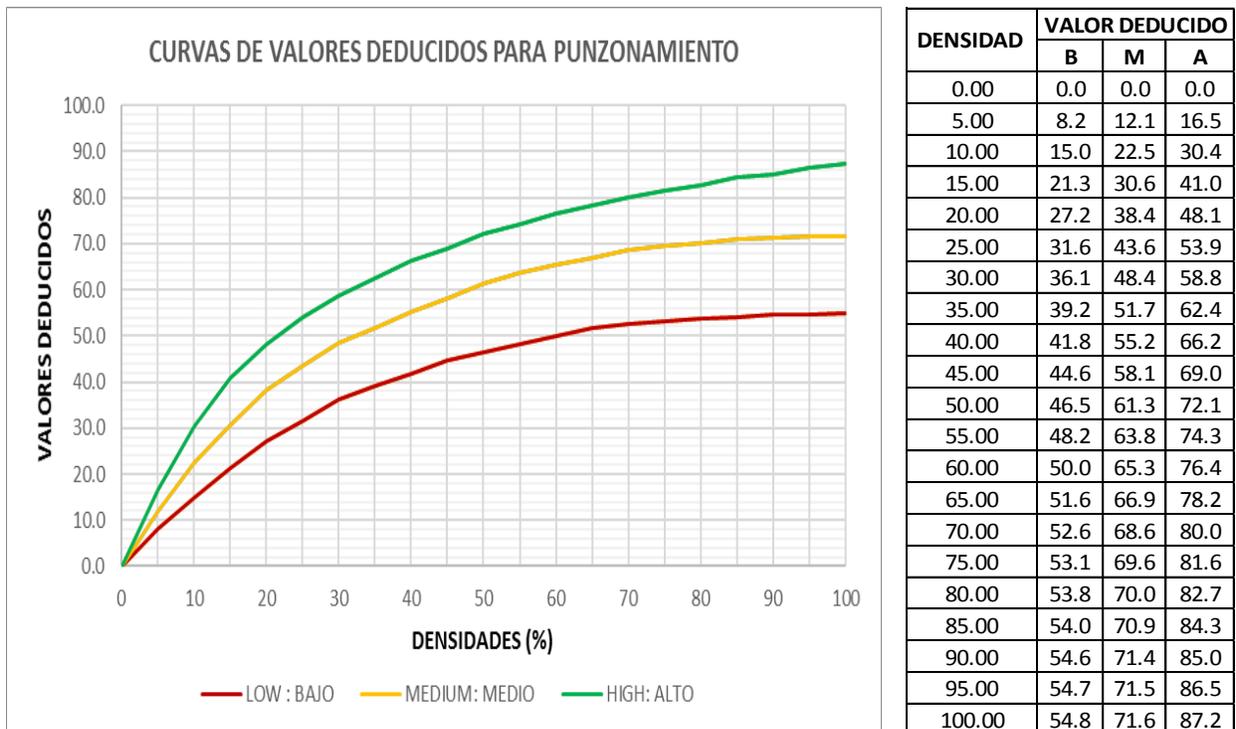
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 93. Curvas de valores deducidos para bombeo.



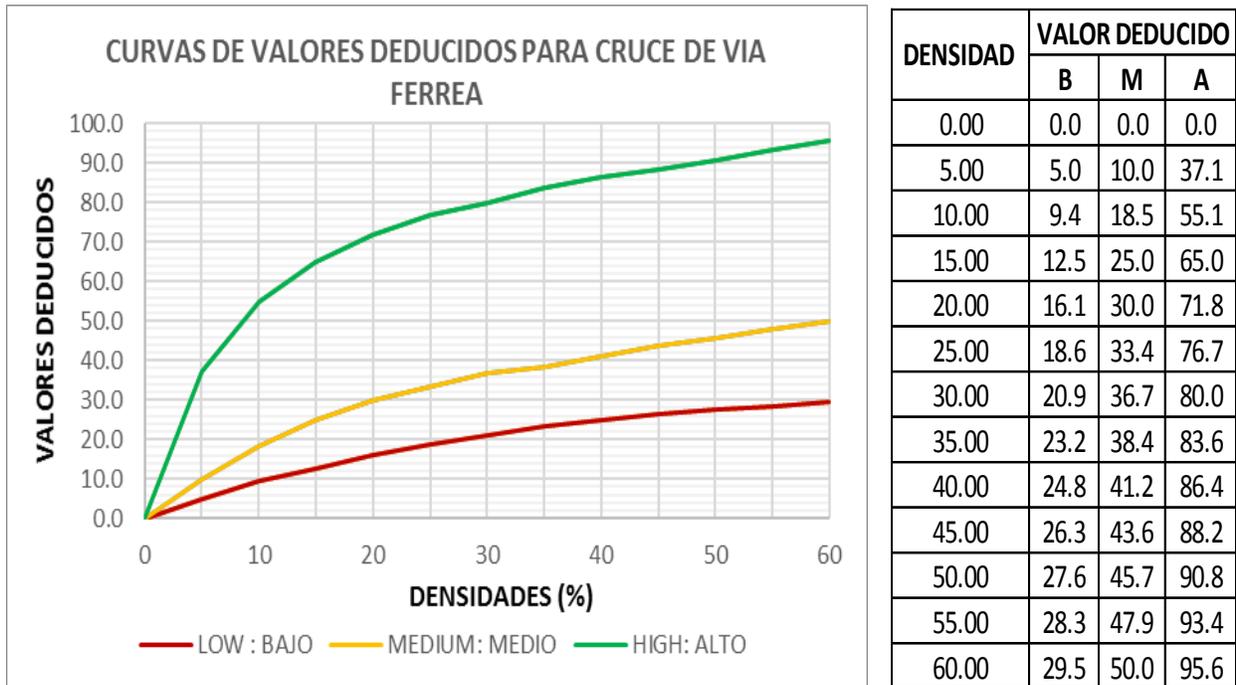
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 94. Curvas de valores deducidos para punzonamiento.



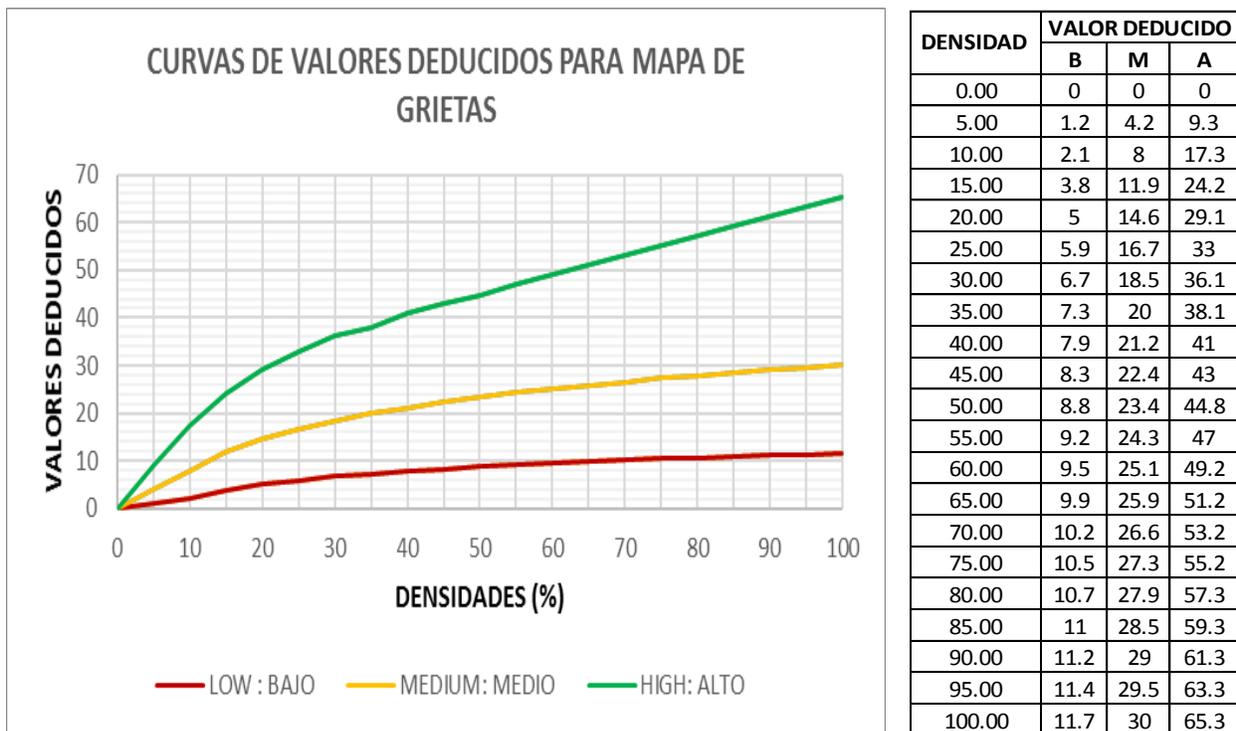
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 95. Curvas de valores deducidos para cruce de vía férrea.



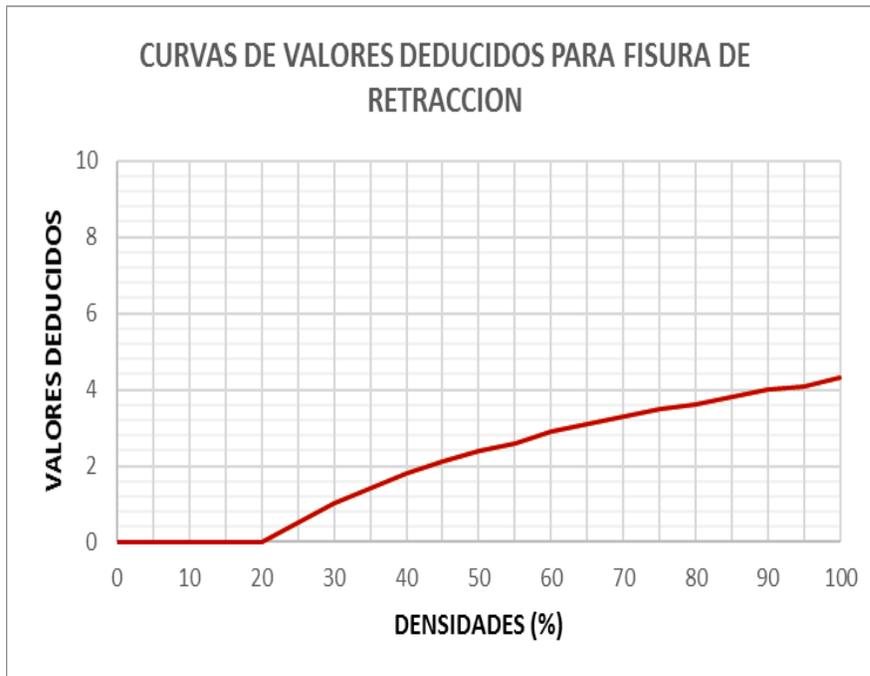
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 96. Curvas de valores deducidos para mapa de grietas.



Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

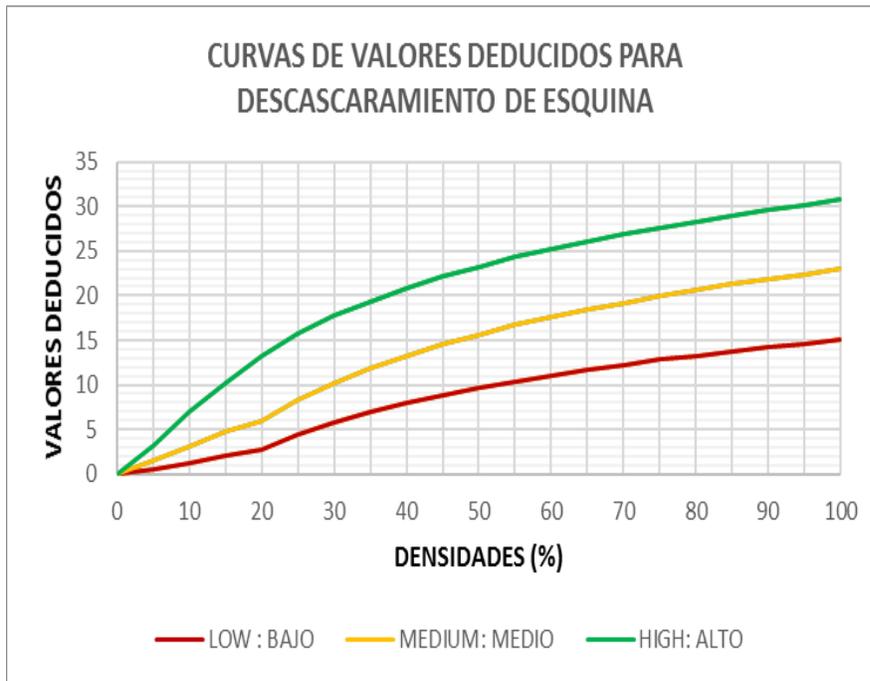
Figura 97. Curvas de valores deducidos para fisura de retracción.



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	BMA	
0.00	0	
5.00	0	
10.00	0	
15.00	0	
20.00	0	
25.00	0.5	
30.00	1	
35.00	1.4	
40.00	1.8	
45.00	2.1	
50.00	2.4	
55.00	2.6	
60.00	2.9	
65.00	3.1	
70.00	3.3	
75.00	3.5	
80.00	3.6	
85.00	3.8	
90.00	4	
95.00	4.1	
100.00	4.3	

Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

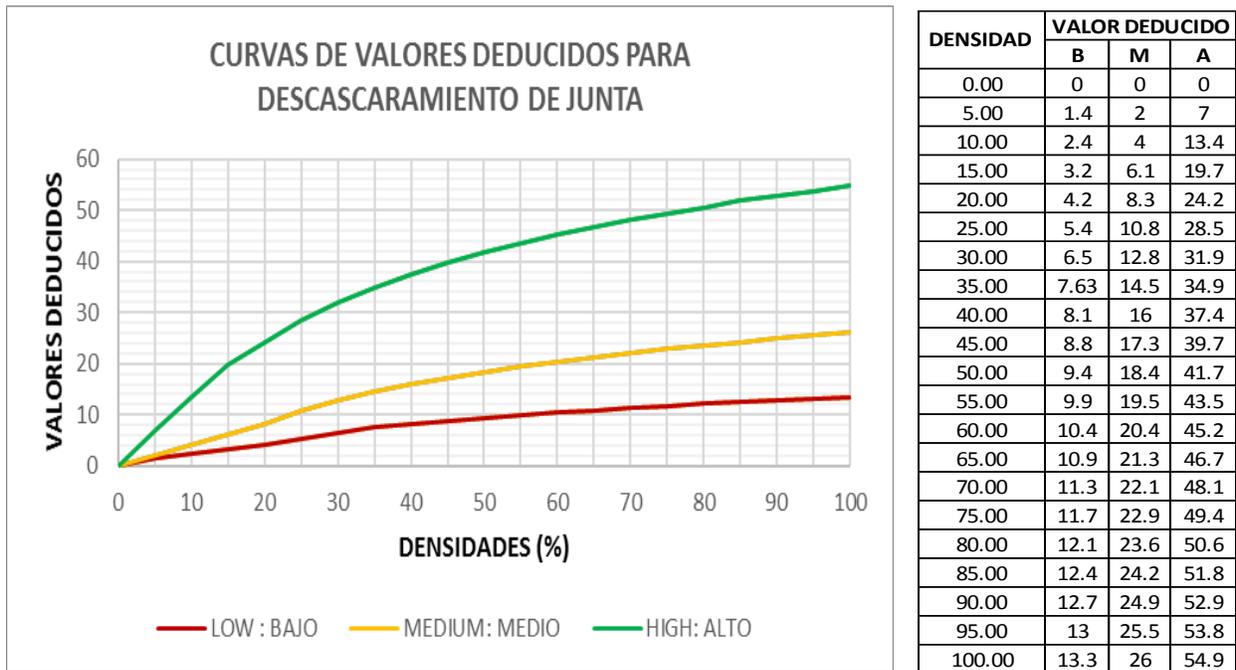
Figura 98. Curvas de valores deducidos para descascamiento de esquina.



DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	B	M	A
0.00	0	0	0
5.00	0.5	1.6	3.3
10.00	1.3	3.1	7
15.00	2	4.7	10.1
20.00	2.7	5.9	13.2
25.00	4.4	8.3	15.7
30.00	5.8	10.2	17.7
35.00	6.9	11.9	19.3
40.00	8	13.3	20.8
45.00	8.9	14.5	22.1
50.00	9.7	15.6	23.2
55.00	10.4	16.7	24.3
60.00	11.1	17.6	25.2
65.00	11.7	18.4	26.1
70.00	12.2	19.2	26.9
75.00	12.8	19.9	27.6
80.00	13.3	20.6	28.3
85.00	13.7	21.3	29
90.00	14.2	21.9	29.6
95.00	14.6	22.4	30.2
100.00	15	23	30.8

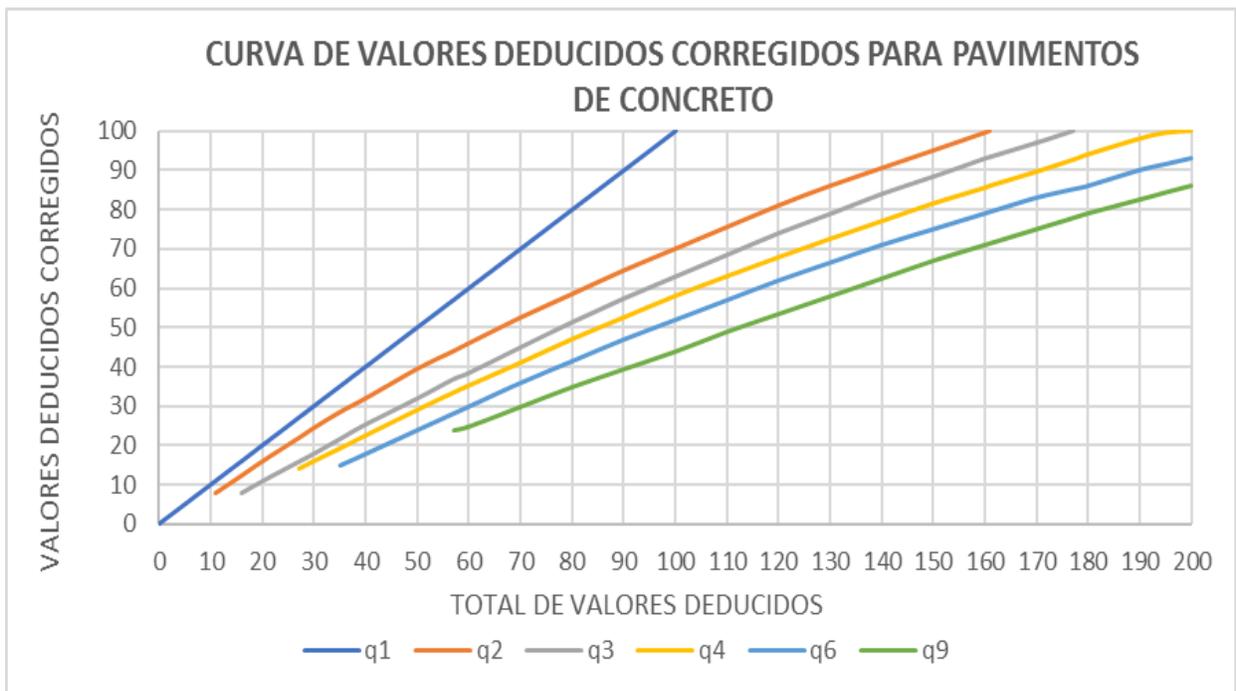
Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 99. Curvas de valores deducidos para descascaramiento de junta.



Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

Figura 100. Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de concreto.



Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D 6433 -11.

ANEXOS B:

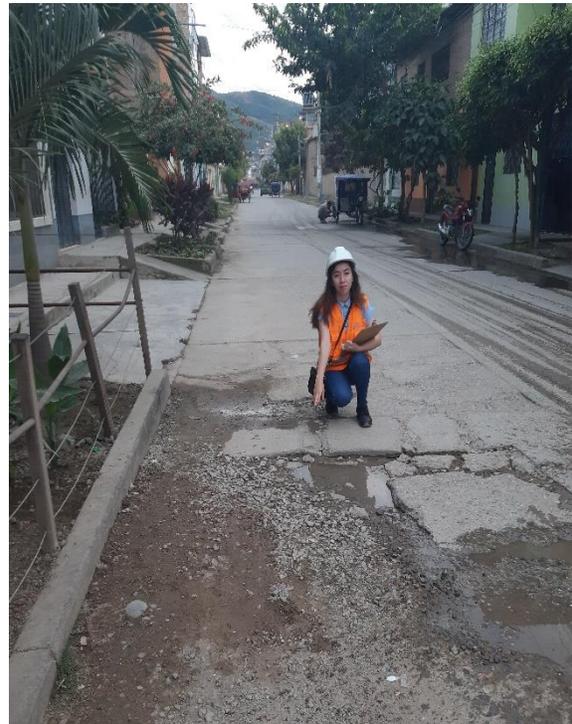
PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 01. Reconocimiento de la calle San Carlos – cuadra 02.



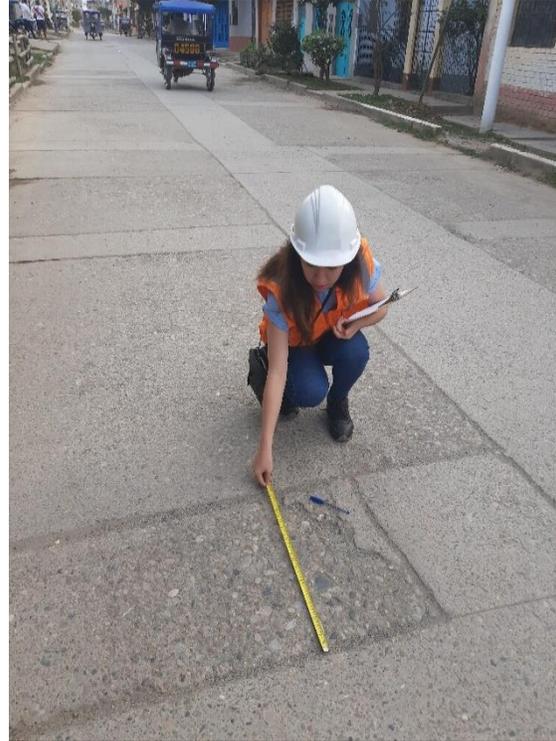
Fotografía 02. Grieta longitudinal en la cuadra n°04 de la calle San Carlos.



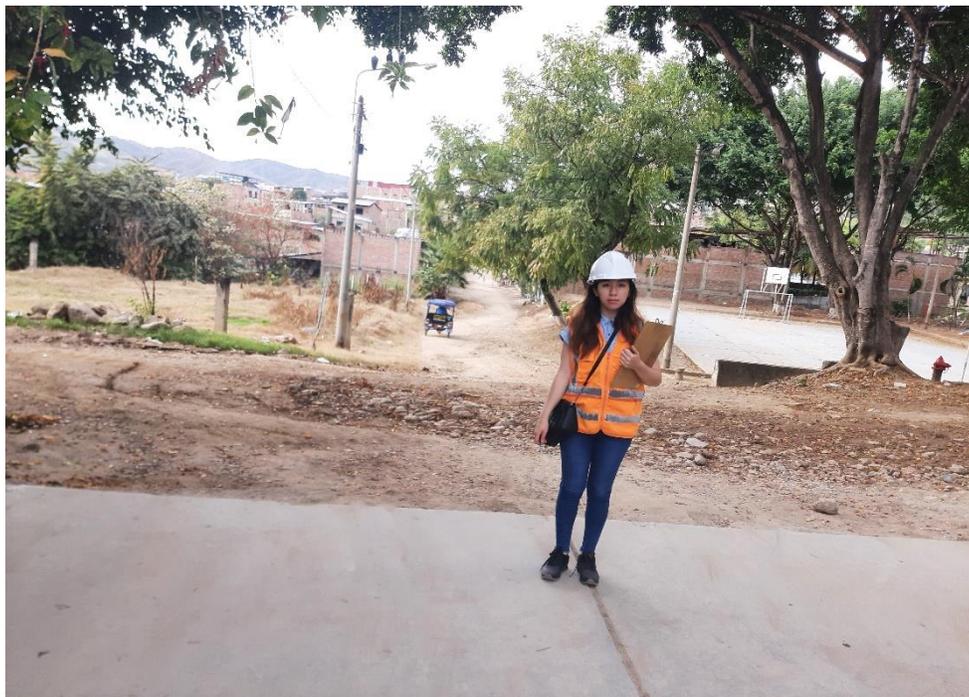
Fotografía 03. Losa dividida ubicada en la cuadra n°04 de la calle San Carlos.



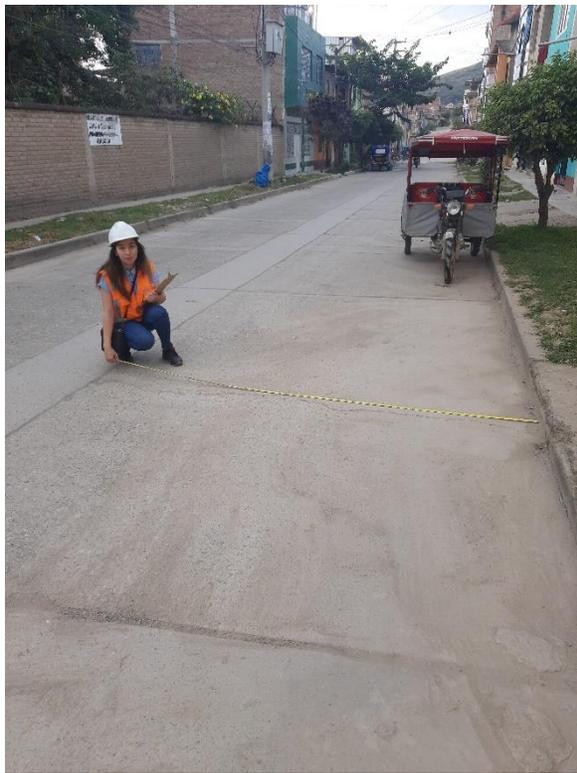
Fotografía 04. Vista de la cuadra n°05 de la calle San Carlos.



Fotografía 05. Falla de parcheo grande en la cuadra n°04 de la calle San Carlos.



Fotografía 06. Vista de la cuadra n°9 y n°10 de la calle San Carlos.



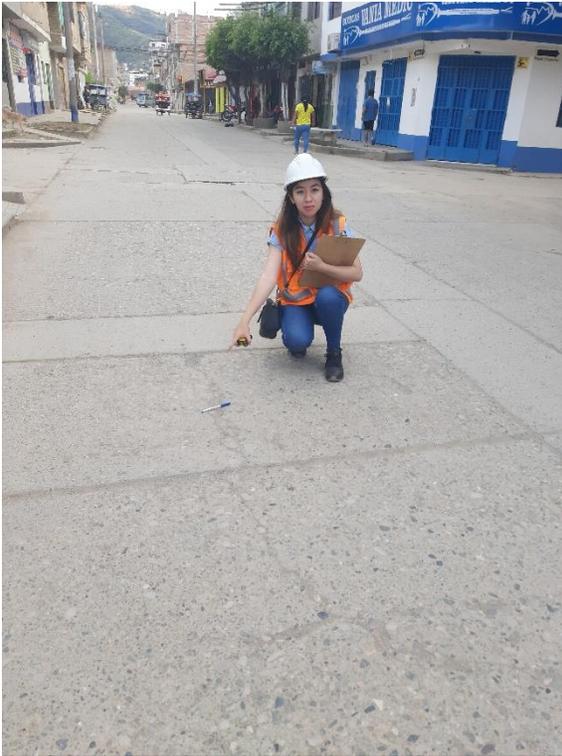
Fotografía 07. Falla por grieta lineal longitudinal en la cuadra n°04.



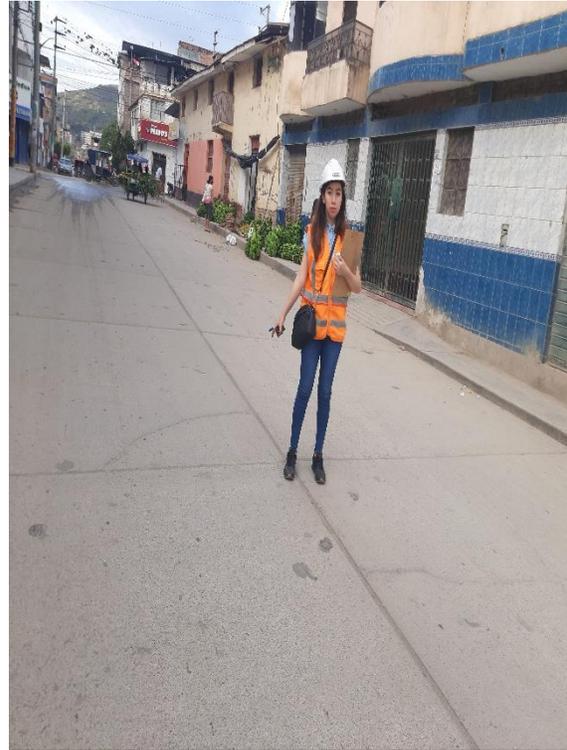
Fotografía 08. Registro de fallas encontradas en la cuadra n°03.



Fotografía 09. Vista de la cuadra n°08 y n°09 de la calle San Carlos.



Fotografía 10. Se registra falla de grieta longitudinal y de esquina en la cuadra n°03.



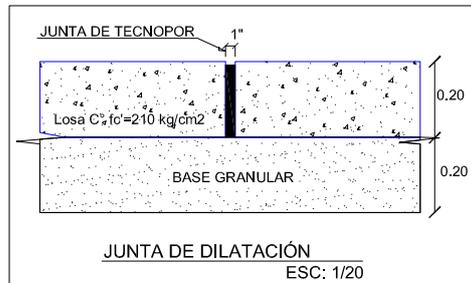
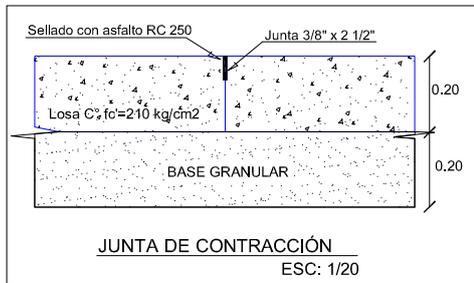
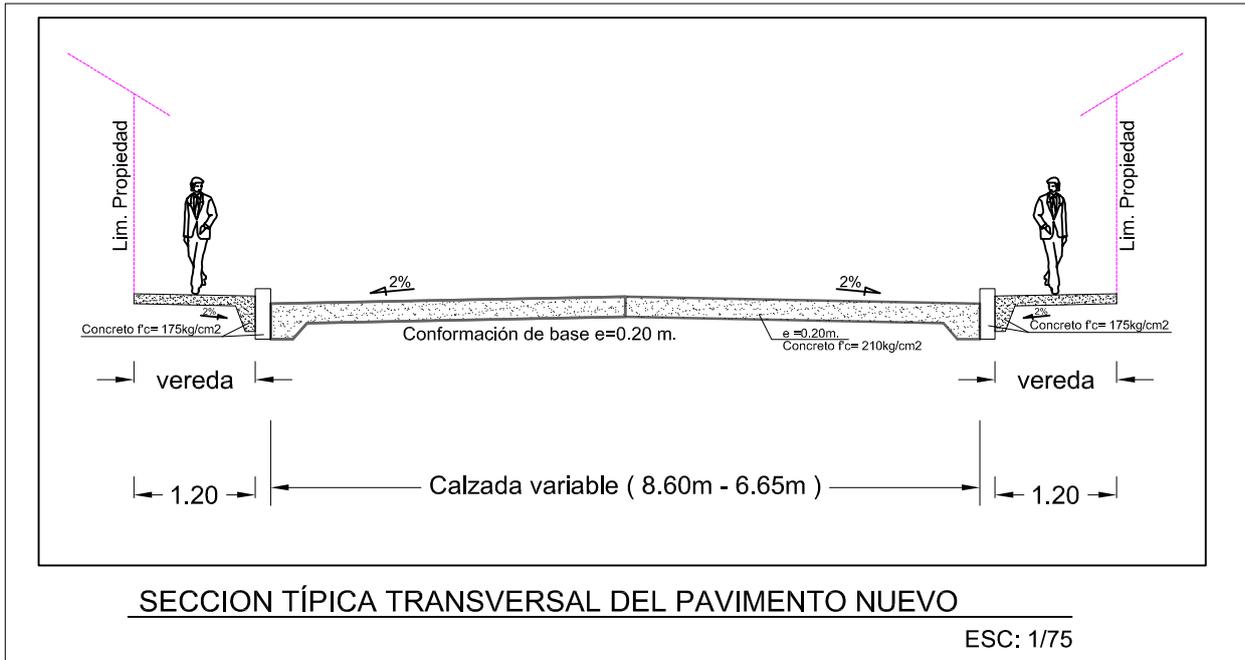
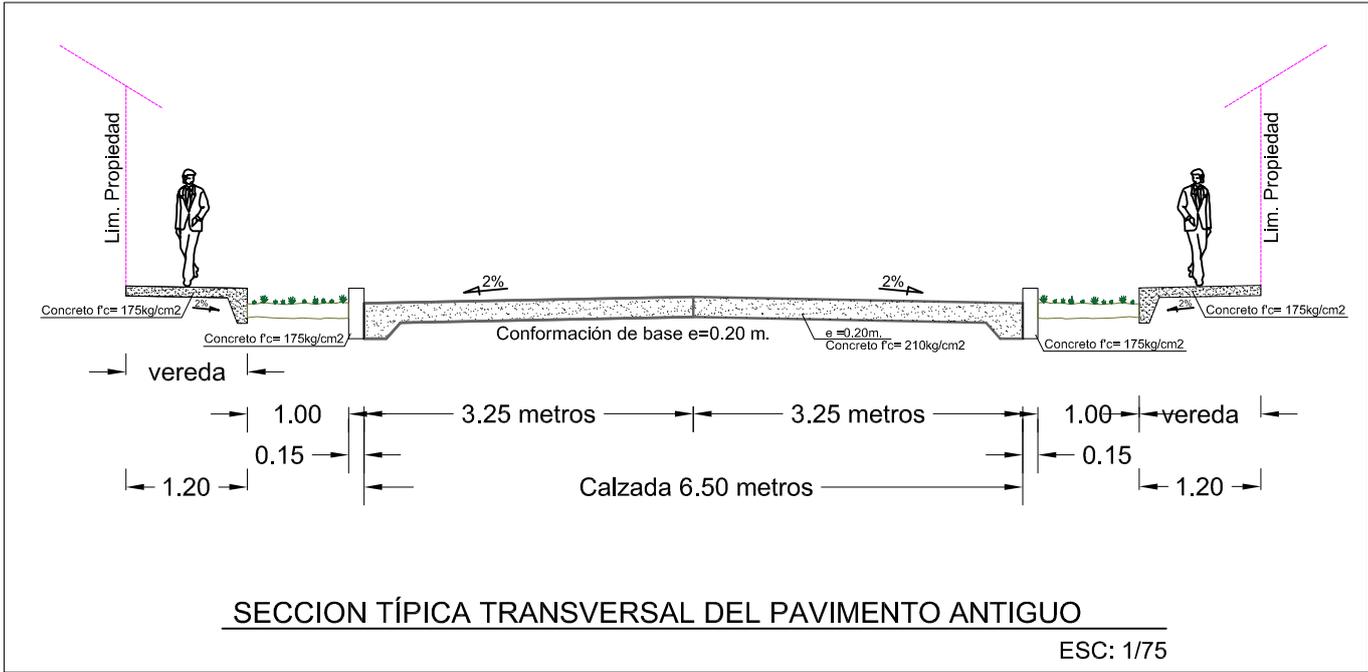
Fotografía 11. Grieta de esquina y longitudinal en la cuadra n°01.



Fotografía 12. Vista de las fallas existentes en la cuadra n°02 de la calle San Carlos.

ANEXOS C:

PLANOS



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



**PLANO: SECCIÓN TRASNSVERSAL DEL PAVIMENTO ANTIGUO Y NUEVO
 DETALLE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

LÁMINA:

TESISTA:
 BACH. CYNTHIA MARILI BARRANTES TROYES

FECHA:
 OCTUBRE - 2020

ESCALA:
 INDICADA

ST-01

TESIS: "ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE SAN CARLOS DE LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA"

ASESOR:
 ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

FUENTE:
 EXPEDIENTE TÉCNICO: "CONSTRUCCIÓN DE VÍA URBANA EN LA CALLE SAN CARLOS, SECTOR MORRO SOLAR, PROV. JAÉN - CAJAMARCA".

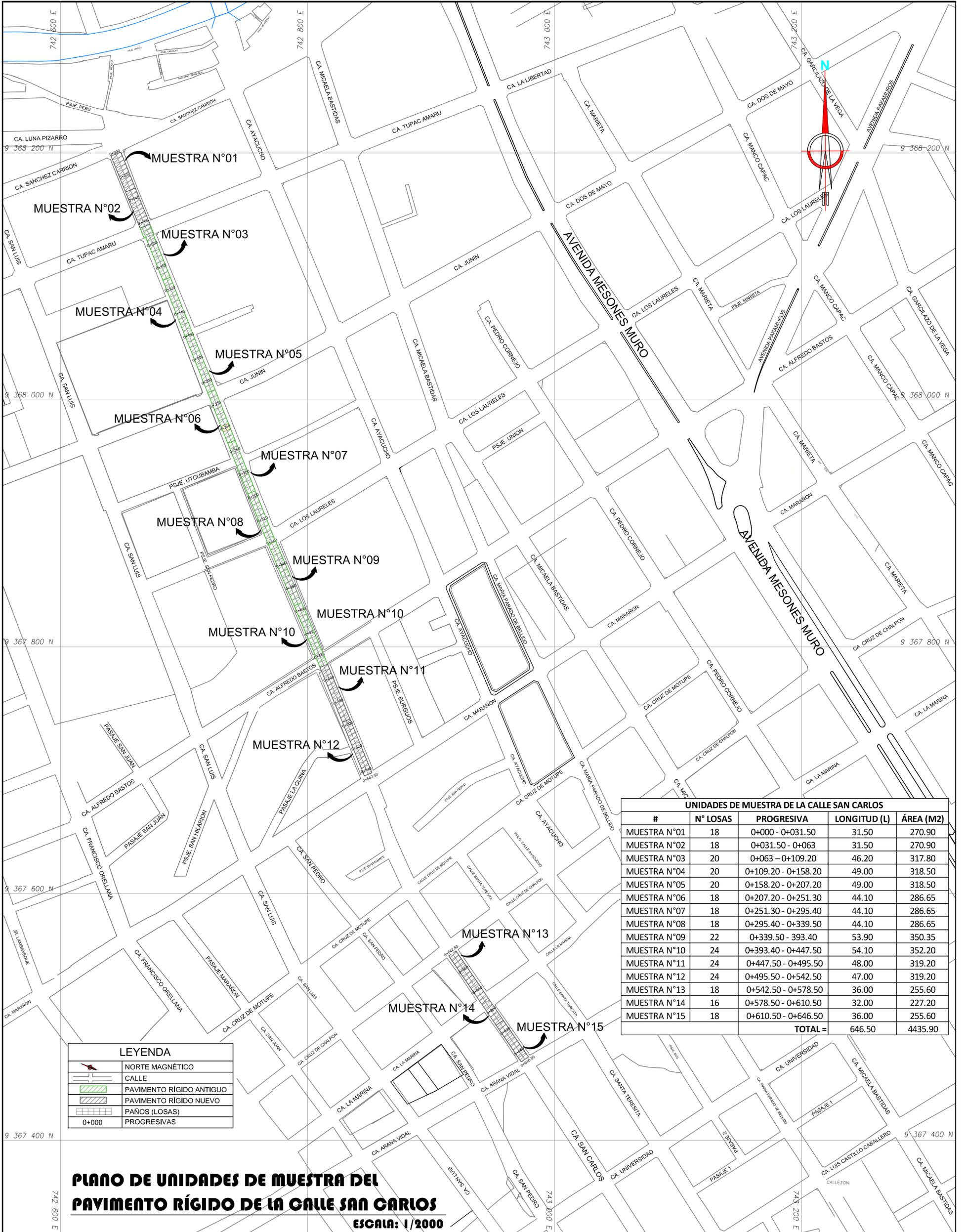


LEYENDA	
	NORTE MAGNÉTICO
	CALLE
	PAVIMENTO RÍGIDO ANTIGUO
	PAVIMENTO RÍGIDO NUEVO
	SIN PAVIMENTO
	INICIO DEL TRAMO
	FIN DEL TRAMO

TRAMO	COORDENADAS UTM WGS-84		COORDENADAS GEOGRÁFICAS – Zona 17		
	NORTE	ESTE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
IT	9368202.30	742650.50	78° 48' 33" O	05° 42' 42" S	725 MSNM
FT	9367119.80	743207.00	78° 48' 15" O	05° 42' 45" S	721 MSNM

PLANO GENERAL DE UBICACIÓN DE LA CALLE SAN CARLOS
ESCALA: 1/2500



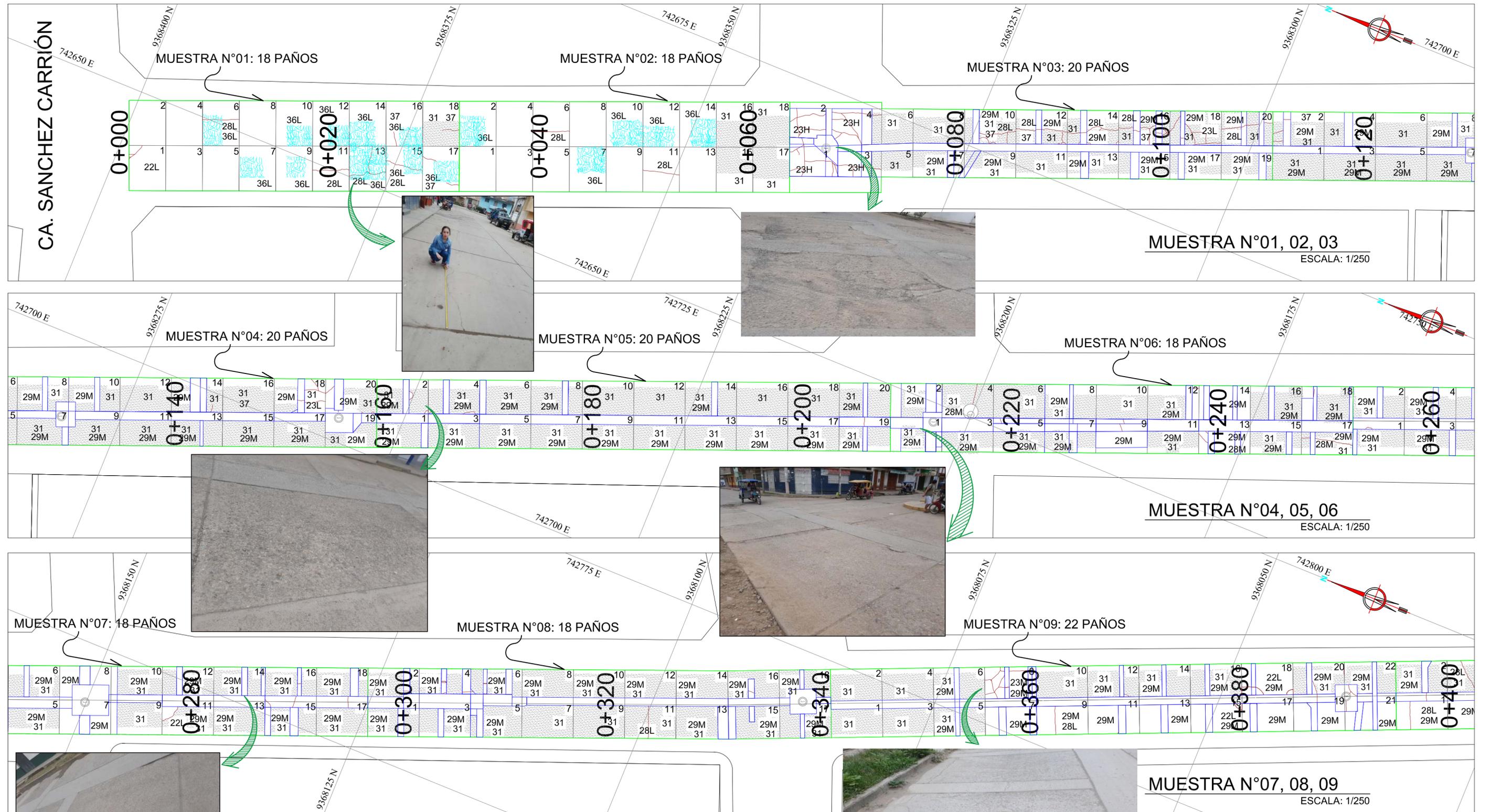


UNIDADES DE MUESTRA DE LA CALLE SAN CARLOS				
#	N° LOSAS	PROGRESIVA	LONGITUD (L)	ÁREA (M2)
MUESTRA N°01	18	0+000 - 0+031.50	31.50	270.90
MUESTRA N°02	18	0+031.50 - 0+063	31.50	270.90
MUESTRA N°03	20	0+063 - 0+109.20	46.20	317.80
MUESTRA N°04	20	0+109.20 - 0+158.20	49.00	318.50
MUESTRA N°05	20	0+158.20 - 0+207.20	49.00	318.50
MUESTRA N°06	18	0+207.20 - 0+251.30	44.10	286.65
MUESTRA N°07	18	0+251.30 - 0+295.40	44.10	286.65
MUESTRA N°08	18	0+295.40 - 0+339.50	44.10	286.65
MUESTRA N°09	22	0+339.50 - 393.40	53.90	350.35
MUESTRA N°10	24	0+393.40 - 0+447.50	54.10	352.20
MUESTRA N°11	24	0+447.50 - 0+495.50	48.00	319.20
MUESTRA N°12	24	0+495.50 - 0+542.50	47.00	319.20
MUESTRA N°13	18	0+542.50 - 0+578.50	36.00	255.60
MUESTRA N°14	16	0+578.50 - 0+610.50	32.00	227.20
MUESTRA N°15	18	0+610.50 - 0+646.50	36.00	255.60
TOTAL =			646.50	4435.90

LEYENDA	
	NORTE MAGNÉTICO
	CALLE
	PAVIMENTO RÍGIDO ANTIGUO
	PAVIMENTO RÍGIDO NUEVO
	PAÑOS (LOSAS)
	PROGRESIVAS

PLANO DE UNIDADES DE MUESTRA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE SAN CARLOS
ESCALA: 1/2000

CA. SANCHEZ CARRIÓN



MUESTRA N°01: 18 PAÑOS

MUESTRA N°02: 18 PAÑOS

MUESTRA N°03: 20 PAÑOS

MUESTRA N°01, 02, 03

ESCALA: 1/250

MUESTRA N°04: 20 PAÑOS

MUESTRA N°05: 20 PAÑOS

MUESTRA N°06: 18 PAÑOS

MUESTRA N°04, 05, 06

ESCALA: 1/250

MUESTRA N°07: 18 PAÑOS

MUESTRA N°08: 18 PAÑOS

MUESTRA N°09: 22 PAÑOS

MUESTRA N°07, 08, 09

ESCALA: 1/250

CÓDIGO DE TIPO DE FALLAS

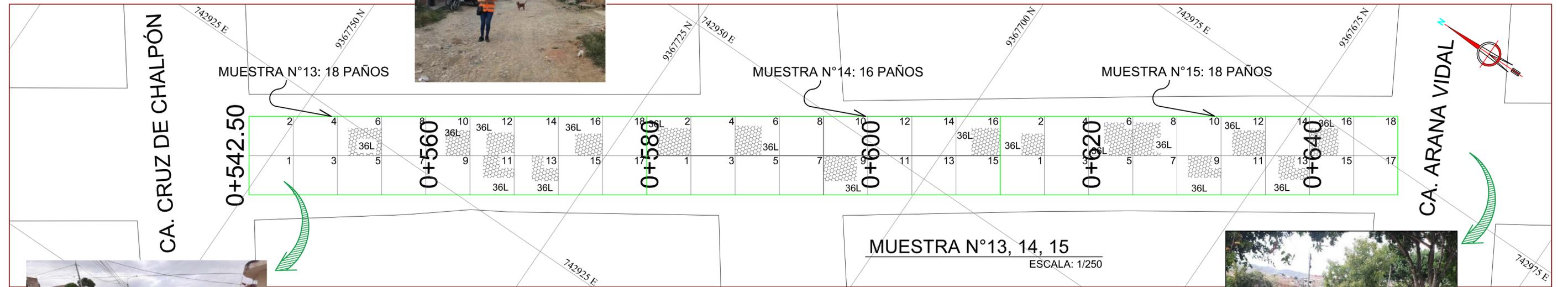
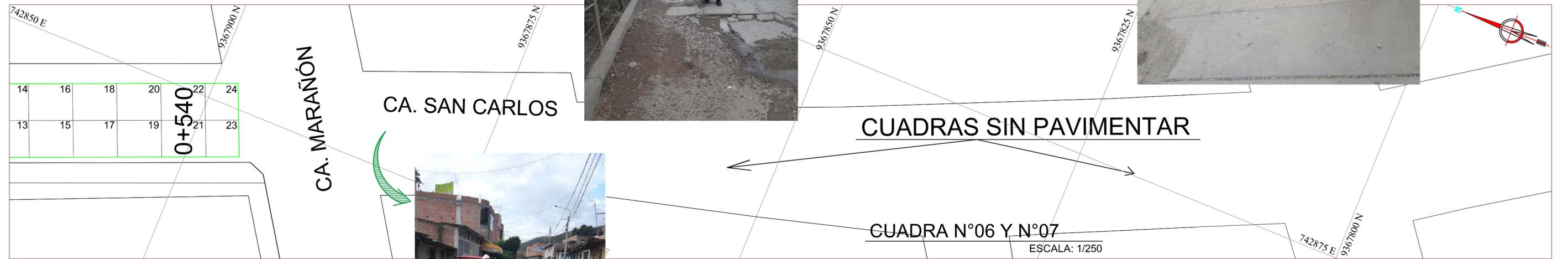
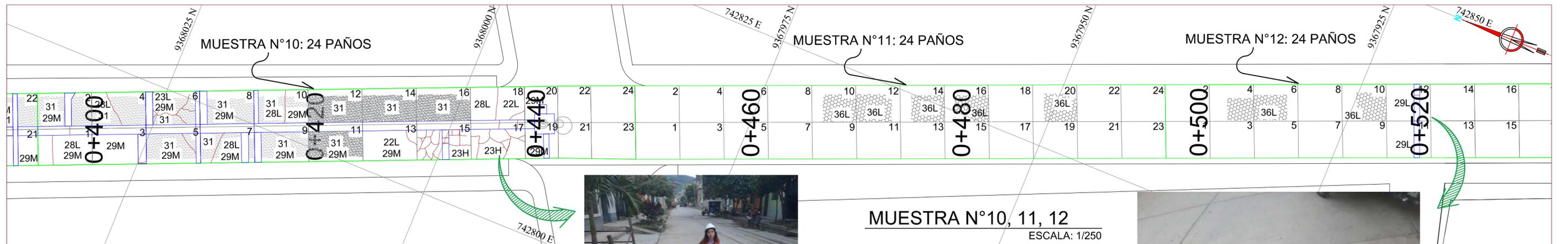
- | | | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 21. BLOW UP/ BLUCKLING. | 27. DESNIVEL CARRIL / BERMA. | 33. BOMBEO. |
| 22. GRIETA DE ESQUINA. | 28. GRIETA LINEAL. | 34. PUNZONAMIENTO. |
| 23. LOSA DIVIDIDA. | 29. PARCHEO (GRANDE). | 35. CRUCE DE VÍA FÉRREA. |
| 24. GRIETA DE DURABILIDAD. | 30. PARCHEO (PEQUEÑO). | 36. DESCONCHAMIENTO. |
| 25. ESCALA. | 31. PULIMENTO DE AGREGADOS. | 37. RETRACCIÓN. |
| 26. SELLO DE JUNTA. | 32. POPOUTS. | 38. DESCASCAMIENTO DE ESQUINA. |
| | | 39. DESCASCAMIENTO DE JUNTA. |

CÓDIGO DE SEVERIDAD DE TIPO DE FALLA

- LOW: BAJA MEDIUM: MEDIA HIGH: ALTA

LEYENDA

	EJE DE LA CALLE
	CALLE
	PAÑOS (LOSAS)
	NORTE MAGNÉTICO
	PROGRESIVAS
	UNIDAD DE MUESTREO



CÓDIGO DE TIPO DE FALLAS		
21. BLOW UP/ BLUCKLING.	27. DESNIVEL CARRIL / BERMA.	33. BOMBEO.
22. GRIETA DE ESQUINA.	28. GRIETA LINEAL.	34. PUNZONAMIENTO.
23. LOSA DIVIDIDA.	29. PARCHEO (GRANDE).	35. CRUCE DE VÍA FÉRREA.
24. GRIETA DE DURABILIDAD.	30. PARCHEO (PEQUEÑO).	36. DESCONCHAMIENTO.
25. ESCALA.	31. PULIMENTO DE AGREGADOS.	37. RETRACCIÓN.
26. SELLO DE JUNTA.	32. POPOUTS.	38. DESCASCAMIENTO DE ESQUINA.
		39. DESCASCAMIENTO DE JUNTA.

CÓDIGO DE SEVERIDAD DE TIPO DE FALLA		
LOW: BAJA	MEDIUM: MEDIA	HIGH: ALTA

LEYENDA	
	EJE DE LA CALLE
	CALLE
	PAÑOS (LOSAS)
	NORTE MAGNÉTICO
	PROGRESIVAS
	UNIDAD DE MUESTREO

