



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN OPERACIONAL DEL
PAVIMENTO RÍGIDO, APLICANDO EL MÉTODO DEL
PCI, EN LAS PISTAS DEL JR. CALLAO CUADRA 3 Y 4, Y
PROLG. JR. CALLAO CUADRA 5 Y 6 DEL DISTRITO DE
AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA,
DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, JUNIO – 2017

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

EDGAR YURY PALOMINO TORRES

ASESOR:

ING. MAX KLIZMAN PRETEL CASAICO

AYACUCHO – PERÚ

2017

Título de la tesis

Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del PCI, en las pistas del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, Junio – 2017.

Firma del Jurado

Mgtr. Johanna del Carmen Sotelo Urbano
Presidente

Dr. Rigoberto Cerna Chávez
Miembro

Mgtr. Edward León Palacios
Miembro

Agradecimiento

A Dios por darme la vida y su enseñanza de servir a nuestros semejantes.

A la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote por permitirme mi superación profesional.

Dedicatoria

A mis familiares, quienes me dieron su apoyo incondicional a fin de culminar satisfactoriamente con uno de los objetivos propuestos.

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo general, determinar la condición actual del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho. La metodología de investigación utilizada fue de tipo básico y nivel descriptivo con un enfoque cuantitativo y con un diseño no experimental transversal. La investigación realizada se determinó siguiendo procedimientos de identificación, clasificación y evaluación de las patologías, a través de una inspección visual de las cuatro unidades de muestras investigadas, el análisis de los registros de las patologías y el cálculo del índice de condición del pavimento, obteniendo los siguientes resultados: la determinación del porcentaje de fallas más frecuentes en la secuencia siguiente; 31,50% con la falla de la grieta lineal, 21,50% con la falla de parcheo grande; 17,00 % con la falla de losa dividida; 4,00% con la falla de descascaramiento de juntas; 10,00% con la falla de grieta de esquina y 4,00% con la falla de punzonamiento, respectivamente. Así mismo la unidad de Muestra U1 obtuvo un PCI de 44,00, le corresponde un estado de condición Regular; la Muestra U2 tiene una condición Bueno con un PCI de 59,00; Muestra U3 presenta una condición Regular con un PCI 52,00; Muestra U4 obtuvieron un PCI 24,00 de condición Muy Malo, respectivamente. Finalmente, concluimos que la condición actual del pavimento rígido promedio a través del cálculo del índice de condición del pavimento es de PCI=45, lo cual nos permite determinar que se encuentra dentro del rango de clasificación regular.

Palabra clave: Patologías, PCI y Pavimento rígido.

Abstract

The general objective of this thesis was to determine the current condition of the rigid pavement of Jr. Callao blocks 3 and 4, and Prolog. Jr. Callao blocks 5 and 6, of the District of Ayacucho of the Province of Huamanga, Department of Ayacucho. The research methodology used was of a basic type and a descriptive level with a quantitative approach and with a transversal non-experimental design. The investigation was determined following procedures of identification, classification and evaluation of the pathologies, through a visual inspection of the four units of samples investigated, the analysis of the records of the pathologies and the calculation of the condition index of the pavement, obtaining the following results: the determination of the percentage of most frequent failures in the following sequence; 31.50% with linear crack failure, 21.50% with large patch failure; 17.00% with the split slab failure; 4.00% with the failure of peeling joints; 10.00% with the failure of the corner scum and 4.00% with the punching failure, respectively. Likewise, the unit of Sample U1 obtained a PCI of 44.00, corresponds a status of Regular condition; Sample U2 has a Good condition with a PCI of 59.00; Sample U3 presents a Regular condition with a PCI 52.00; Sample U4 obtained a PCI 24.00 of Very Bad condition, respectively. Finally, we conclude that the current condition of the average rigid pavement through the calculation of the pavement condition index is $PCI = 45$, which allows us to determine that it is within the regular classification range.

Keyword: Pathologies, PCI and rigid pavement.

Contenido

Título de la tesis	ii
Firma del Jurado.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de gráficos.....	xii
Índice de figuras.....	xiii
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	2
2.1. Antecedentes.....	2
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	2
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	5
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1 Pavimento.....	19
2.2.2 Clasificación de pavimentos.....	20
2.2.2.1 Pavimentos flexibles.....	21
2.2.2.2. Pavimentos semi-rígidos.....	23
2.2.2.3. Pavimentos rígidos.....	24
2.2.2.4. Pavimentos especiales.....	26
2.2.2.5. Pavimentos articulados.....	27
2.2.3. Importancia de evaluación de pavimentos.....	28
2.2.4. Objetividad en la evaluación de pavimentos.....	28
2.2.5. Curva de comportamiento de los pavimentos.....	29
2.2.6. Patología en pavimentos.....	30
2.2.7. Patología en pavimentos rígidos.....	31
2.2.8. Método PCI (pavement condition index).....	33
2.2.8.1. Objetivos del método PCI (pavement condition index).....	34
2.2.8.2. Desarrollo del método PCI (pavement condition index).....	35
2.2.9. Índice de Condición del Pavimento (PCI – pavement condition index).....	36
2.2.10. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.....	37
2.2.11. Evaluación de la condición.....	40

2.2.12. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo	40
2.2.13. Cálculo de PCI para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Portland.....	41
2.2.14. Cálculo del PCI de una sección de Pavimento	43
2.2.15. Manual de daños.	44
2.2.16. Calidad de tránsito (ride quality).....	45
2.2.17. Descripción de los daños.....	46
III. Metodología.....	76
3.1. Diseño de la investigación.	76
3.2. Población y muestra.	77
3.3. Definición y operacionalización de la variable	79
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	79
3.5. Plan de análisis.....	80
3.6. Matriz de consistencia.....	82
3.7. Principios éticos.....	83
IV. Resultados.....	84
4.1. Resultados.....	84
4.2. Análisis de Resultados.....	115
V. Conclusiones.....	120
Aspectos Complementarios.....	121
Referencias bibliográficas.....	122
Anexos.....	125

Índice de tablas

Tabla 1. Rango de calificaciones del PCI.	36
Tabla 2. Cuadro de daños patológicos en pavimentos rígidos.	44
Tabla 3. Niveles de severidad para losas divididas	50
Tabla 4. Niveles de severidad de escalonamiento.	53
Tabla 5. Niveles de severidad para punzonamiento.....	67
Tabla 6. Niveles de severidad para astillamiento de esquina.	72
Tabla 7. Niveles de severidad para astillamiento de junta.....	74
Tabla 8. Operacionalización de variables.....	79
Tabla 9. Matriz de consistencia.....	82
Tabla 10. Evaluación de unidad de muestra 1.....	86
Tabla 11. Cálculo de VRC para la unidad de muestra 1.....	90
Tabla 12. Cálculo de valor deducido (VDC) para la unidad de muestra 1.....	90
Tabla 13. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de muestra 1.....	90
Tabla 14. Clasificación según el PCI para la unidad de muestra 1.....	91
Tabla 15. Evaluación de unidad de muestra 2.....	94
Tabla 16. Cálculo de VRC para la unidad de muestra 2.....	97
Tabla 17. Cálculo de valor deducido (VDC) para la unidad de muestra 2.....	97
Tabla 18. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de muestra 2.....	98
Tabla 19. Clasificación según el PCI para la unidad de muestra 2.....	98
Tabla 20. Evaluación de unidad de muestra 3.....	101
Tabla 21. Cálculo de VRC para la unidad de muestra 3.....	105
Tabla 22. Cálculo de valor deducido (VDC) para la unidad de muestra 3.....	105
Tabla 23. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de muestra 3.....	105
Tabla 24. Clasificación según el PCI para la unidad de muestra 3.	106
Tabla 25. Evaluación de unidad de muestra 4.....	109
Tabla 26. Cálculo de VRC para la unidad de muestra 4.	112
Tabla 27. Cálculo de valor deducido (VDC) para la unidad de muestra 4.....	113
Tabla 28. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de muestra 4.....	113
Tabla 29. Clasificación según el PCI para la unidad de muestra 4.	113
Tabla 30. Determinación del porcentaje de fallas más frecuentes.....	115
Tabla 31. Determinación de las patologías más incidentes en el cálculo de PCI.....	117
Tabla 32. Índice general de toda la estructura vial de pavimento rígido promedio.	119
Tabla 33. Formato para Inspección Visual	130

Tabla 34. Formato para el cálculo del valor deducido corregido.....	135
Tabla 35. Clasificación según el PCI.....	136
Tabla 36. Cuadro de análisis de las unidades de muestra.....	136
Tabla 37. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U1... ..	136
Tabla 38. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U2.....	136
Tabla 39. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U3.....	137
Tabla 40. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U4.....	137

Índice de gráficos

Gráfico 1. Ideograma de diseño de investigación.....	77
Gráfico 2. Curvas para determinar el Valor Deducido Corregido para Concreto de Cemento Portland.....	135

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del pavimento flexible.....	22
Figura 2. Pavimento flexible.....	23
Figura 3. Pavimento semirrígido.....	24
Figura 4. Esquema de un pavimento rígido.....	25
Figura 5. Técnicas de colocación de un pavimento articulado.....	26
Figura 6. Pavimento articulado.	27
Figura 7. Curva de comportamiento de un pavimento.	30
Figura 8. Deterioros más comunes en pavimento.....	31
Figura 9. Falla por blowup/buckling.....	47
Figura 10. Grietas de esquina.....	50
Figura 11. Losa dividida.....	51
Figura 12. Grieta de durabilidad “D”	52
Figura 13. Escalonamiento.....	53
Figura 14. Daño de sello de junta.....	56
Figura 15. Desnivel de carril / berma.	57
Figura 16. Grieta lineal.....	59
Figura 17. Parche grande (> 0.5 m ²).....	61
Figura 18. Parcheo pequeño.....	62
Figura 19. Pulimiento de agregado.....	63
Figura 20. Desprendimiento.....	65
Figura 21. Falla por bombeo.	66
Figura 22. Punzonamiento.....	68
Figura 23. Falla por el cruce de vía férrea.	69
Figura 24. Desconchamiento.....	70
Figura 25. Grietas de retracción.	71
Figura 26. Descascaramiento de esquina.	73
Figura 27. Descascaramiento de junta.....	75
Figura 28. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina....	87
Figura 29. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	87
Figura 30. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	87
Figura 31. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales....	88
Figura 32. Valores deducidos para pavimentos de concreto parche grande (> 0,5 m ²) y otra acometida de servicios públicos.....	88
Figura 33. Valores deducidos para pavimentos de concreto parche grande (> 0,5 m ²) y otra	

acometida de servicios públicos.	89
Figura 34. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta.....	89
Figura 35. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de muestra U1.....	91
Figura 36. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de muestra U1.....	92
Figura 37. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina ...	95
Figura 38. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	95
Figura 39. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales....	96
Figura 40. Valores deducidos para pavimentos de concreto Parcheo Grande....	96
Figura 41. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta....	97
Figura 42. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de muestra U2....	99
Figura 43. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de muestra U2.....	99
Figura 44. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina....	102
Figura 45. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	102
Figura 46. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales....	102
Figura 47. Valores deducidos para pavimentos de concreto parcheo grande (> 0,5 M2.).....	103
Figura 48. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales.....	103
Figura 49. Valores deducidos para pavimentos de concreto punzamiento.....	104
Figura 50. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta	104
Figura 51. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de muestra U3.....	106
Figura 52. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de muestra U3.....	107
Figura 53. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina.....	110
Figura 54. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	110
Figura 55. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	110
Figura 56. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida.....	111
Figura 57. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales.....	111
Figura 58. Valores deducidos para pavimentos de concreto parcheo grande.....	111
Figura 59. Valores deducidos para pavimentos de concreto punzamiento.....	112
Figura 60. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta.....	112
Figura 61. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de muestra U4.....	114
Figura 62. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de muestra U4.....	114
Figura 63. Porcentajes de fallas más frecuentes.....	116
Figura 64. Porcentajes de fallas más frecuentes.....	118
Figura 65. Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio.....	125
Figura 66. Vista Panorámica del área de estudio - Google Earth.....	125
Figura 67. Plano de ubicación y Localización	126
Figura 68. Plano de Planta general Jr. Callao 3 y 4 Cuadra	126

Figura 69. Plano de Planta general Prolog. Jr. Callao 5 y 6 Cuadra	127
Figura 70. Plano de Unidades muestrales (UM1).....	127
Figura 71. Plano de Unidades muestrales (UM2).....	127
Figura 72. Plano de Unidades muestrales (UM3).....	128
Figura 73. Plano de Unidades muestrales (UM4).....	128
Figura 74. Plano de Patología (UM1 y UM2).....	129
Figura 75. Plano de Patología (UM1 y UM2).....	129
Figura 76. Valores deducidos para pavimentos de concreto grieta de esquina.....	130
Figura 77. Valores deducidos para pavimentos de concreto losa dividida.....	130
Figura 78. Valores deducidos para pavimentos de concreto grietas lineales.(Grietas longitudinales, transversales y diagonales.....	132
Figura 79.. Valores deducidos para pavimentos de concreto parche grande.....	132
Figura 80. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta.....	133
Figura 81. Valores deducidos para pavimentos de concreto punzonamiento.....	133
Figura 82. Valores deducidos corregido VDC.....	134
Figura 83. Tercera cuadra del Jr. Callao intersección con la calle Jr. Sucre.....	137
Figura 84.Cuarta cuadra del Jr. Callao intersección con la calle Jr. Sucre	138
Figura 85. Vista del Tramo final de cuarta cuadra Jr. Callao intersección con Jr. José Olaya....	138
Figura 86. Inicio de la Quinta cuadra-Prolog. Jr. Callao intersección con Jr. José Olaya.....	139
Figura 87. Tramo final de la Sexta cuadra –Prolog. Jr. Callao con intersección con la calle Jr. Huamanga.....	139
Figura 88. Toma de dato de una grieta lineal en MU3 paño 02.....	140
Figura 89. Falla de losa dividida de media severidad en la UM1 losa 05.....	140
Figura 90. Falla de Punzamiento de alta severidad en la UM4 paño 6.....	141
Figura 91. Falla de grieta de esquina de media severidad en la UM3 paño 4.....	141
Figura 92. Falla de losa dividida de baja severidad en la UM2 paño 09.....	142
Figura 93. Falla de Descascaramiento de Junta en la UM3 paño 07.....	142
Figura 94. Falla de Grietas longitudinales de baja severidad en la UM3 paño 14.....	143
Figura 95. Falla de Grietas de esquina - baja severidad en la UM2 paño 8.....	143
Figura 96. Falla de parcheo grande - baja severidad en la UM4 paño 12.....	144
Figura 97. Plano de Patologia.....	144

I. Introducción.

El pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, se encuentra afectada, presentándose diversos daños en su estructura debido al uso y la existencia de una sobre población del parque automotor, el cual al no tener el diseño adecuado, soporta un Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor, y viéndose afectado en la actualidad. Para lo cual se efectuará la investigación y determinación de los tipos de fallas que presenta la estructura. Con la presente investigación se conocerá la severidad de las patologías y así proponer alternativas de solución.

El enunciado del problema de investigación es la siguiente: ¿Cuál es la condición actual del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho en el 2017?

Para dar respuesta al enunciado del problema se ha planteado el siguiente objetivo general: Determinar la condición actual del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.

Para poder conseguir el objetivo general se ha planteado los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el tipo de patologías del concreto que existen en el pavimento rígido
- Obtener el Índice de Condición de Pavimento rígido.

Finalmente, la investigación se justifica su realización por la necesidad de conocer el nivel de severidad de las fallas presentadas en la infraestructura del pavimento rígido, por no contar con información alguna respecto a los daños presentados en el pavimento rígido; asimismo, se determinará si las fallas encontradas ocasionan problemas en la transitabilidad de las unidades motorizadas. Con esta investigación se tendrá información detallada de los daños en el pavimento, para así dar posibles alternativas de solución de acuerdo a la servicialidad presentada.

II. Revisión de literatura

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Para Sánchez L., Machuca J. ¹ en su tesis “Estudio de las fallas en los pavimentos rígidos para el mantenimiento y rehabilitación de las vías principales del municipio de Tamalameque Cesar” tuvo como objetivo general elaborar un estudio de fallas de pavimentos rígidos de las vías principales del municipio de Tamalameque Cesar – Colombia, mediante un diagnóstico para su mantenimiento y rehabilitación.

La presente tesis arrojo los siguientes resultados:

Cuadra 4 entre calles 3 y 6 presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular, vía de acceso al matadero municipal.

Cuadra 9 entre calles 3 y 6 presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular, en esta vía se encuentra circulación para el hospital y cementerio del municipio y una varias calles principales con esta.

Calle 4 entre cuadra 4 y cuadra 10 presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular, calle comercial, vía de acceso para la alcaldía municipal.

Calle 5 entre cuadra 2 y cuadra 11 presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular, vía de acceso al palacio judicial del municipio Calle 7 entre cuadra 4 y cuadra 9 presenta diversas fallas es una calle de gran circulación vehicular, y una calles principales del municipio.

Los autores concluyen que: mediante la evaluación de los diferentes pavimentos en estudio del municipio de Tamalameque se pudo obtener información del estado físico de estos, la inspección visual fue fundamental para determinar el grado de

deterioro de los diferentes pavimentos rígidos seleccionados; lo que arrojaron información que fue empleada para definir tipos de fallas, áreas a tratar, causas y alternativas de solución.

Los planos de las vías en estudio en AutoCAD fueron fundamentales para mostrar tramos a tratar de acuerdo al grado de importancia de los diferentes pavimentos rígidos seleccionados, en ellos se mostró las áreas a intervenir y lo más importante su localización dentro del casco urbano. Las mediciones de las fallas catalogan un criterio general de reparación para exponer una alternativa económica de acuerdo a la magnitud y tratamiento de áreas.

La elaboración de formatos permiten recolectar información de campo que es valiosa para desarrollar los trabajos y ordenar los datos que son fundamentales para realizar la descripción necesaria de las diferentes fallas a tratar así como posibles causas y alternativas de solución de los diferentes pavimentos seleccionados en el municipio de Tamalameque; esta información lleva a otros análisis que son necesarios para lograr el alcance del proyecto.

El plan a realizar para el mantenimiento y rehabilitación de las vías seleccionadas en el municipio de Tamalameque garantiza parámetros para un estudio de consultoría pues este plan se detalla diseños de espesores de las diferentes losas, mediciones, alternativas de solución así como un plan de costos a precios del mercado y tiempo con programación en Gantt.

Se determinó en presentar las fallas es una diferentes calles del plan del trabajo de tesis así como la recopilación de los datos de campo para culminar con los resultados para el mantenimiento y rehabilitación de las vías seleccionadas.

Según Ramos F. ⁽²⁾ en su tesis “Estudio de los daños del pavimento rígido en algunas calles de los barrios Laguito, Castillogrande y Bocagrande en zonas con nivel freático alto en la ciudad de Cartagena”. El objetivo general de este estudio es elaborar un estudio que brinde la posibilidad de detectar las fallas, perjuicios y daños en pavimento rígido por el aumento de las mareas (nivel freático), que contribuya a la solución de la movilidad vehicular y disminución de los riesgos de accidentalidad en los barrios de Bocagrande, Castillogrande y Laguito en la ciudad de Cartagena.

Los resultados que se dieron en la presente investigación se logró la evaluación de los pavimentos rígido de algunas calles de los barrios de Laguito, Castillo grande y Boca grande con niveles freáticos altos. Mediante el método utilizado PCI, se logró determinar el índice de condición de pavimento $PCI = 50$ lo cual nos permite aseverar que tienen un estado regular en un sentido genérico dado que es un promedio, es decir que el 50% de los pavimentos en estudio están en un nivel regular y el 30 % en un nivel de bueno y el otro 10 % bueno, implicando con ello la importancia de resaltar el cambio de las estructuras de pavimento que se debe desarrollar en esta áreas del pavimento, por parte de las autoridades locales, dado que la edad de las plata-formas promedia los 6 años aunque el 60 % tiene + de 25 años. El autor concluye que: **a).** El nivel de incidencia de las patologías del concreto rígido en los Pavimentos del en algunas calles de los barrios de Laguito, Castillo grande y Boca grande son hundimientos, grietas diagonales - lineales, baches, pulimento de agregados. **b).** El índice promedio de condición de pavimento, para los pavimentos en algunas calles de los barrios de Laguito, Castillo grande y Boca grande es 50 y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que su estado de conservación es regular. **c).** La evaluación de daños propuesta en el

estudio es apta para ser aplicada en el levantamiento de daños de cualquier sistema de vías, ya que está basada normas internacionales de evaluación de daños en la estructuración de pavimentos en vías terrestres con niveles freáticos altos.

d). La necesidad actual que existe de reforzar tanto a técnicos y profesionales relacionados en el área de control de calidad en proyectos de mantenimiento de carreteras, se justifica en la implementación del manual de control de calidad para mantenimientos de carreteras con pavimento rígido con niveles freáticos altos. **e)** Al terminar nuestro proceso de construcción de pavimento rígido en los barrios Boca grande, Castillo grande y Laguito, observamos que al implementar triturado ca-lizo encapsulado en geo textil T 2400, las losas de pavimento reconstruidas han mantenido su estructura, tienen buena apariencia, mantienen su capa de rodadura y permiten la rápida evacuación de las aguas superficiales. **f).** Se ha mejorado el entorno y la movilidad vehicular en los sectores intervenidos, evitando trancones y traumas vehiculares.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Para Sáenz B.³ En la tesis “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional en las principales pistas de la urbanización casuarinas primera etapa - distrito de nuevo Chimbote, provincia de Santa, departamento de Ancash, julio 2014”. El objetivo de esta investigación es determinar un índice de condición de pavimento, para las pistas de las calles de la urbanización Casuarinas del distrito de nuevo Chimbote, provincia de Santa y departamento de Ancash.

Resultado:

Agrupando los resultados desde la unidad de muestra u1 hasta la 16 unidad de muestra U63, sin considerar las unidades U48, U49 y U50 en las cuales las fallas no son representativas para el área de la unidad a inspeccionar, después las pistas de la urb. Casuarinas presenta un PCI promedio de 76.74, lo que corresponde a un pavimento muy bueno.

El mayor valor de PCI lo tiene la unidad de muestra u22, igual a 97.82 y de condición excelente. El menor PCI, de 12.59, corresponde a la unidad de muestra u38 de estado muy malo.

Las fallas más frecuentes encontradas en las distintas unidades de muestra son: Pulimento de agregados y desnivel carril/berma tanto con un nivel de severidad bajo y medio. Este tipo de deterioro del pavimento, se localizaron en casi todas las unidades de muestra inspeccionadas. A veces cubrían toda el área de la unidad, o parte de ella, pero la mayoría de las unidades muestra este tipo de falla.

Conclusiones:

- Se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento de las pistas de la urb. Casuarinas se inspeccionaron un total de 63 unidades de muestra de las cuales las unidades u48, u49 y u50 no se obtuvieron valores, debido a que las fallas inspeccionadas no son representativas para el área de las unidades de muestra, de las otras unidades de muestra se obteniendo los siguientes resultados (gráfico N° 123). El 41.67 % del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento excelente (PCI entre 85 y 100); después le sigue un 35.00 % de unidades en estado muy bueno (PCI entre 70 y 85); 13.33 % en estado bueno (PCI entre 55 y 70), 5.00 % en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 3.33 % en un estado muy malo (PCI entre 10 y 25). No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10).

- La integridad estructural del pavimento de cada unidad de muestra, define la condición del pavimento. Las unidades u3, u4, u8, u9, u11, u12, u13, u14, u15, u18, u19, u20, u21, u22, u26, u28, u29, u30, u31, u45, u56, u57, u58, u59 y u60 obtuvieron un PCI entre 87.05 y 97.82, lo que quiere decir un pavimento de condición mala. Las demás unidades de muestra alcanzaron un PCI de 17.49 (u36), 13.16 (u6) y 12.59 (u38), que quiere decir un pavimento de condición muy mala. Finalmente, tomando todas las unidades de muestra, se calcula el PCI ponderado del pavimento de las veredas de la urb. Casuarinas, resultado igual a 77.17, es decir, que el estado real del pavimento de la vía analizada, es muy bueno.
- Las patologías encontradas en las veredas de la Urb. Casuarinas son: el pulimento de agregados, piel de cocodrilo, desnivel carril/berma, grieta de borde, parcheo y acometidas de servicio público, abultamiento y hundimiento, huecos y grietas longitudinales y transversales.
- La unidad de muestra que presenta mayores patologías y por ende un PCI de 36.46 que quiere decir un índice de condición mala, es la unidad u1, con pulimento de agregados, piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, parcheo y acometidas de servicio público y desnivel carril/berma.
- Las patologías más frecuentes encontradas son el pulimento de agregados y desnivel carril/berma con un nivel de severidad tanto baja como media. Casi todas las unidades de muestra presentaron estos dos tipos de falla, pero con densidades variables; con esto se concluye que la condición operacional de la superficie de las pistas provoca un tránsito incómodo para el tránsito de los vehículos.

Para Ángeles J.⁴. En su tesis “Análisis y evaluación de las patologías del concreto hidráulico en las pistas del cercado del distrito de Oxapampa,

provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, octubre - 2013". El objetivo general analizar y evaluar el índice de condición del pavimento, para las pistas del Cercado del distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, a partir de las patologías del concreto.

El análisis de los resultados de la investigación ha consistido en la evaluación de las pistas de las calles del cercado del distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.

Mediante el método utilizado PCI, se logró determinar el índice de condición de pavimento $PCI = 93$ lo cual nos permite aseverar que están en un estado de excelente en un sentido genérico, lo que indica que algunas calles del cercado del distrito de Oxapampa están en diferente situación y requieren ser elevados al nivel de excelente y otros requieren mantenerse en el nivel de excelente, esto implica que es indispensable el mantenimiento que se debe desarrollar constantemente en el pavimento, por parte de las autoridades ediles, a fin de evitar que las pequeñas patologías que van surgiendo, sean corregidas a tiempo y evitar mayores niveles de deterioro.

En las calle en mención se observa una mayor incidencia en las patologías, de pulimento de agregados, desconchamiento a nivel leve moderado y alto.

Este documento concluye que:

El nivel de incidencia de las patologías del concreto en las pistas del Cercado del distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco son pulimento de agregados y desconchamiento en nivel leve moderado y alto de severidad.

El índice promedio de condición de pavimento, para las pistas del Cercado del

distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco es 93 y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que su estado de conservación es excelente.

Las pistas de la avenida San Martín del Cercado del distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco tienen patologías de pulimento de agregados y desconchamiento generando un PCI de 75 equivalentes a muy bueno.

Las demás pistas de las calles del Cercado del distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco se encuentran con un PCI entre 91 y 99 equivalentes a nivel excelente.

Se concluye que a pesar del nivel alto del PCI del promedio total de las calles existen patologías significativas como es desconchamiento y pulimento de agregados en la avenida San Martín.

Los resultados de la investigación ha consistido en la evaluación de las pistas de las calles del cercado del distrito de Oxapampa, se logró determinar el índice de condición de pavimento $PCI = 93$, las patologías, de pulimento de agregados, se encontraron con un PCI entre 91 y 99 equivalentes a nivel excelente.

Se concluye que a pesar del nivel alto del PCI del promedio total existen patologías significativas como es desconchamiento y pulimento de agregados en la avenida San Martín.

Para Aranda J.⁵ En su tesis “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el pavimento rígido de las calles del distrito de San Luis - provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald- Región Ancash, junio-2014”. El objetivo de esta investigación es determinar y evaluar las patologías del concreto.

Resultados:

Av. Ramón Castilla:

Pulimiento de agregado con 141 paños, que hacen un 96.58 %.

Av. Fitzcarrald:

Pulimiento de Agregado con 25 paños, que hacen un 62.50 %.

Jr. 6 de Junio:

Grietas lineales con 26 paños, que hacen un 81.26 %.

Jr. Túpac Amaru:

Grietas lineales con 35 paños, que hacen un 92.11 %.

Jr. 28 de Julio:

Pulimiento de Agregado con 101 paños, que hacen un 78.91 %.

Conclusiones:

- El índice promedio de condición de pavimento, para las calles del distrito de San Luis, provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald, departamento de Ancash es 49 y se concluye que su estado de conservación es regular, con ello la importancia del planeamiento de su rehabilitación de algunas calles y mantenimiento de otros, por otra parte el municipio deberá tomar acciones para evitar mayor daño de los pavimentos en las calles para mantener así el nivel o estado actual hasta el inicio de su rehabilitación o reconstrucción. Las patologías del concreto con mayor presencia o incidencia en los 384 paños evaluados de las calles del distrito de San Luis, son:

Pulimento de agregados con 307 paños, que hacen un 79.95 % de densidad.

Grietas de lineales con 118 paños, que hacen un 30.73 % de densidad.

Grietas de retracción con 52 paños, que hacen un 13.54 % de densidad.

Parche grande con 23 paños, que hacen 5.99 % de densidad. Descascaramiento de

esquina con 11 paños, que hacen un 2.86 % de densidad. Escala con 21 paños, que hacen un 5.47 % De densidad. Losa dividida con 10 paños, que hacen un 2.60 % de densidad. Parche pequeño con 05 paños, que hacen 1.30 % de densidad.

Popouts con 10 paños, que hacen un 2.60 % de densidad Daño de Sello de Juntas con 01 paños, que hacen 0.26 % de densidad. Grietas Esquina con 01 paño, que hacen 2.60 % de densidad. Se concluye que el pavimento de las calles de la av. Fitzcarrald, el Jr. Túpac Amaru y el Jr. 6 de Junio del distrito de San Luis se encuentra en nivel de PCI malo, la calle del Jr. 28 de Julio se encuentran en un nivel de PCI regular y la calle de la Av. Ramón Castilla se encuentra en un nivel de PCI muy bueno, todas de acuerdo a las fallas encontradas durante el proceso de estudio.

- Se puede concluir que el pavimento de las calles que tienen una antigüedad de 8 y 15 años de construcción que son las calles del Jr. Túpac Amaru, Jr. 6 de junio y la Av. Fitzcarrald no tuvieron un adecuado mantenimiento y el uso de ellas influyen directamente en el deterioro de las superficies de las calles ,su valor de PCI son de clasificación malo , mientras que la calle del Jr. 28 de Julio tiene una antigüedad de 6 años construcción en la cual se obtuvo un valor de PCI Regular y en la Av. Ramón Castilla con 2 años de antigüedad se obtuvo un PCI Muy Bueno debido a su menor tiempo de construcción y a su mantenimiento permanente.

Para Gonzáles P. (2011)⁶. En su tesis “Evaluación del nivel de incidencias de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de Nicrupampa del distrito de independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, evaluó los niveles de incidencia de las patologías existentes en el pavimento rígido, para

conocer su estado actual en que se encuentre, de las evaluaciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

) Los resultados de la Evaluación de daños en la Av. Manco Capac, con un índice de daño del Pavimento de 20, se determinó que la condición general del pavimento es MUY POBRE.

Muy Pobre: Punto El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera “fallado” y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

) Los resultados de la evaluación de daños en la Av. Gran Chavín, con un índice de daño del Pavimento de 62, se determinó que la condición general del pavimento es BUENO.

Bueno: Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor.

) Los resultados de la evaluación de daños en el Jr. Las Margaritas, con un índice de daño del Pavimento de 18, se determinó que la condición general del pavimento es MUY POBRE.

Muy Pobre: Punto El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera “fallado” y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

J Los resultados de la evaluación de daños en el Pasaje Flores con un índice de daño del Pavimento de 52, se determinó que la condición general del pavimento es REGULAR.

Regular: Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Condición para corregir fallas fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo “buena” pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje comienza a aumentar.

Se evaluó los niveles de incidencia de las patologías para conocer su estado actual en que se encuentre, encontrándose en la Evaluación de daños en la Av. Manco Capac, con un índice de daño del Pavimento de 20, de condición pavimento es muy pobre, Bueno y regular.

Para Córdova E., y Guerrero M., Mautino A. (2013)⁷. En la tesis “Determinación y Evaluación de las Patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio de villon alto-districto de Huaraz, provincia de Huaraz-Región Ancash octubre-2013”. Esta investigación determina las fallas del pavimento de concreto rígido del barrio de Villon y evalúa el tipo de deterioro encontrados, para determinar las alternativas de solución del mismo.

La recolección de datos fue del tipo visual con toma de muestras, en el lugar de los hechos para luego procesarlo en gabinete.

Se concluye que el nivel de incidencia de las patologías de los pavimentos rígido del barrio Villon Alto del distrito de Huaraz provincia de Huaraz es: Pulimento de agregados 23%, Grietas lineales 53.65%, Grietas de esquina 19.77%, Escala 5.11%.

En la determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto rígido en el barrio de villon se efectuó a través de muestras en centrándose un nivel de

incidencia patológica alto.

Para Núñez F. (2015)⁸. En su Tesis “Evaluación de los niveles de incidencia de las Patologías del concreto del pavimento rígido en las calles: Sucre cuadras 06 a la 10 y Grau cuadras 07 a la 12 del Distrito de Sullana, Provincia de Sullana, Región Piura – Setiembre 2015” .Esta investigación concluye que la calle Sucre cuadras 6 al 10 tiene un pavimento rígido de estado “Bueno”, con un PCI ponderado igual a 56 y la calle Grau cuadras 7 al 12 tiene un pavimento rígido de estado “Regular”, con un P.C.I. ponderado igual a 54.

Las patologías encontradas con mayor incidencia en las calles Sucre y Grau fueron: Grietas lineales, pulimento de agregados, escala, grietas de esquina, descascaramiento de juntas, descascaramiento de esquina y parcheo pequeño.

En la Evaluación de los niveles de incidencia de las Patologías del concreto del pavimento rígido en las calles: Sucre cuadras 06 a la 10 y Grau cuadras 07 a la 12 encontrándose en los estados del pavimento bueno con un PCI ponderado igual a 56 así mismo estado “Regular”, con un P.C.I. ponderado igual a 54.

Para Gonzales M. (2011)⁹. En su Tesis “Determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de villon alto – distrito de Huaraz – provincia de Huaraz – región Ancash”, el objetivo de La presente investigación tiene el propósito de determinar y evaluar las patologías del pavimento rígido para conocer el estado actual en que se encuentre dicha estructura.

Luego de la inspección visual realizada a las calles del barrio de Villón Alto, se encontró en total 12 de las patologías estimadas por el método del PCI.

Son 04 las patologías y/o lesiones que tienen mayor presencia los cuales podemos nombrar: Grieta lineal con una incidencia del 23%, descascaramiento de junta con una incidencia del 17%, seguido por el descascaramiento de esquina con incidencia del 15% y finalmente el Pulimento de agregados con incidencia de 12%.

En menor grado de incidencia son las siguientes: Grieta de esquina y Losa dividida con 7.7% cada uno, Grieta de durabilidad "D" con 5.8% y Blow up / Buckling, Escala, Parcheo grande, Popouts, Punzonamiento y desconchamiento con 1.9% cada uno.

Las Grietas Lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales) que tienen el mayor porcentaje de incidencia, es debido al tránsito constante de vehículos livianos y pesados, principalmente en las avenidas Pedro Villón y Mrcl Toribio de Luzuriaga en dichas vías es evidente la presencia de estas lesiones.

El Descascaramiento de junta se ha observado casi en todas las avenidas y jirones los cuales han sido causados por la repetida carga de vehículos pesados en las avenidas de mayor tráfico y en los jirones podemos presumir a que estas calles no han sido diseñados para resistir cargas elevadas repentinamente, el concreto que se utilizo fue pobre y finalmente por algunos agentes químicos y orgánicos.

El descascaramiento de esquina ocurre también por lo descrito en el párrafo anterior y a su vez por disminución del sello asfáltico entre los paños de los pavimentos que al entrar en contacto con algún vehículo por acciones mecánicas hacen que debilite originando la fatiga y el desgaste de los vértices.

El pulimento de agregados, originando por la acción mecánica de los vehículos (tonelaje y frenado) las cuales al friccionarse con 128 la superficie del pavimento disminuyen los finos haciendo notar las partículas gruesas que a su también son

debilitados; también podemos considerar que estas lesiones son producidos por fenómenos naturales es decir por las precipitaciones pluviales de gran avenida los cuales son acompañados de lodo y material pétreo los mismos que erosión la superficie del pavimento. Las Grietas de Esquina, la Losa Dividida, los Popouts, y Punzonamiento, son lesiones que se producen generalmente cuando los pavimentos está sometidos a cargas.

Los hundimientos producto de la falta una adecuada compactación, además de la mala calidad del suelo en ciertos sectores que no garantizan el soporte a las cargas que van estar sometidas los pavimentos. La Escala, es producida por la inadecuada o baja compactación de los suelos (Sub-base), es decir aquello acarrea al asentamiento del pavimento. También la presencia de diversas fluctuaciones de temperatura origina el debilitamiento e interacción molecular interna como las heladas (congelamiento y descongelamiento) hacen que se produzca el fenómeno de Grieta de Durabilidad “D”.

En la investigación se evaluó las patologías del pavimento rígido para conocer el estado actual en que se encuentre dicha estructura. Se encontró en total 12 de las patologías estimadas por el método del PCI. Con fallas de descascaramiento, Grieta de esquina y Losa divididas, así mismo los hundimientos producto de la falta una adecuada compactación. Las precipitaciones pluviales frecuentes en la zona vendría ser factores de deterioro.

Para Menacho T.¹⁰. En la tesis “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el pavimento rígido de las calles del distrito de pariacoto, provincia de Huaraz, región Ancash, junio – 2014” el trabajo de investigación tiene como

objetivo, determinar y evaluar las patologías del concreto en el pavimento rígido de las calles del distrito de Pariacoto, provincia de Huaraz, Región de Ancash. Obteniendo como resultado, habiendo concluido la investigación en el distrito de Pariacoto, provincia de Huaraz, departamento de Ancash se puede indicar que las 5 patologías encontradas con mayor presencia son, las grietas lineales, daño de sello de juntas, losa dividida, pulimiento de agregados, grieta de esquina las cuales fueron tomadas como medidas de medición.

Grietas lineal: Se puede indicar que la mayoría de las 5 calles estudiadas del distrito de Pariacoto estas grietas dividen a las losas en 2 o tres pedazos, las grietas lineales son causadas por la repetición de las cargas de tránsito en las calles estudiadas se encontraron grietas menores a 13mm.

Daño de sello de juntas: Debido al desprendimiento del sellante de la junta y la falta de mantenimiento de la mayoría de las calles estudiadas, el cual permite la infiltración de agua , por lo tanto la acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y resulta en fragmentación.

Losa dividida: La losa del pavimento rígido están divididos en cuatro a mas pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado producto de la repetición de cargas pesadas a la calzadas.

Pulimiento de agregados: Este daño es causado debido aplicaciones repetidas de cargas de tránsito, esto permite que los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto y se reduce considerablemente la adherencia con las llantas.

Grieta de esquina: Se presenta generalmente problemas del inadecuado soporte de la fundación (suelos no mejorados o de inferior calidad portante). Esta investigación ha cumplido los objetivos establecidos, determinando el PCI = 60, estado bueno, para

las 5 calles estudiadas del distrito de Pariacoto, implicando con ello la importancia del mantenimiento, limpieza y protección que se debe tener en los pavimentos rígidos por parte del municipio, para evitar mayores daños y se mantenga el nivel o estado Actual.

- El índice promedio de condición del pavimento, para el pavimento rígido de las 5 calles estudiadas del distrito de Pariacoto provincia de Huaraz, Departamento de Ancash es de 60 y se concluye su estado de conservación es bueno y con ello la importancia del planeamiento para su mantenimiento de las calles por parte del municipio para evitar mayor daños y se mantenga el nivel o estado actual.

- Las patologías del concreto con mayor presencia o incidencia en las 440 losas de pavimento rígido evaluadas en las 5 calles del distrito de Pariacoto son:

Grietas lineal: con 128 losas de pavimento rígido, que hacen un 29.09%. Daño de sello de juntas: con 94 losas de pavimento rígido, que hacen un 21.36%.

Losa dividida: con 67 losas de pavimento rígido, que hacen un 15.23%.

Pulimiento de agregados: con 54 losas de pavimento rígido, que hacen un 12.27%.

Grieta de esquina: con 46 losas de pavimento rígido, que hacen un 10.45%.

Popoust: con 35 losas de pavimento rígido, que hacen un 7.95%. Parcheo pequeño: con 12 losas de pavimento rígido, que hacen un 2.73%.

Descascaramiento de esquina: con 4 losas de pavimento rígido, que hacen un 0.91%.

- Se concluyen que las losas del pavimento rígido de las calles Av. Gonzáles Prada, Jr. Los Ángeles, Jr. Miguel A. Morán, Jr. Miguel Zbigniew, del distrito de Pariacoto, se encuentra en nivel bueno porque tiene 8 años de vida útil y la calle Jr. San Martí se encuentra en estado regular.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1 Pavimento

a) Historia

Según Altamirano Luis¹¹ la historia de las modernas técnicas de construcción de caminos y puentes tiene sus inicios alrededor de 1850, con Tressaguet en Francia y John Metcalfe en el Reino Unido. Fue John Loundon MacAdam, a principios del siglo XIX quien desarrolló el sistema notablemente más económico que se usa en la actualidad. La historia del primer pavimento de concreto se remonta al año 1905, en la ciudad de Ohio, en los Estados Unidos. De ahí en adelante, el uso de este material en la construcción de caminos será recurrente, tanto en dicho país como en Europa. La cronología de la expansión de caminos de concreto en el siglo XX, es la siguiente:

-) 1920 - 1939 Uso de pavimentos de concreto hidráulico, en el Sistema de carreteras de los Estados Unidos, difundiéndose en Europa.
-) 1940 - 1950 Inicios de la aviación comercial; se construyen aeropuertos que utilizan pistas de concreto.
-) 1960 -1970 Uso intensivo de pavimentos de concreto en el sistema de carreteras y aeropuertos de Estados Unidos.
-) 1990... Era de la sobre carpeta de concreto hidráulico o whitetopping.

b) Definición

Para Montejo A.¹² un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el

movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Características que deben reunir son:

- Ofrecerán una superficie plana, sobre la que pueda caminar sin dificultad
- Serán resistentes al uso, a fin de prolongar su duración, teniendo en cuenta que habrán de soportar no solamente pesos de importancia, sino también cambios bruscos de temperatura y choques con algún cuerpo proyectado con violencia.
- Deberán ser económicos

Para Rojas E.¹³ Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, planteadas y construidas técnicamente con materiales adecuados y compactados, estas estructuras se apoyan sobre la subrasante, que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite.

Para Gonzales C.¹⁴ un pavimento es un elemento estructural mono capa o multicapa apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio. Estando formado por una o varias capas de espesores y calidades diferentes que se colocan sobre el terreno preparado para soportarlo, tiene por su función más importante el proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento; y un cuerpo estable y permanente bajo la acción de las cargas.

2.2.2 Clasificación de pavimentos

Según Montejo A. (2002)¹⁵ Los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles,

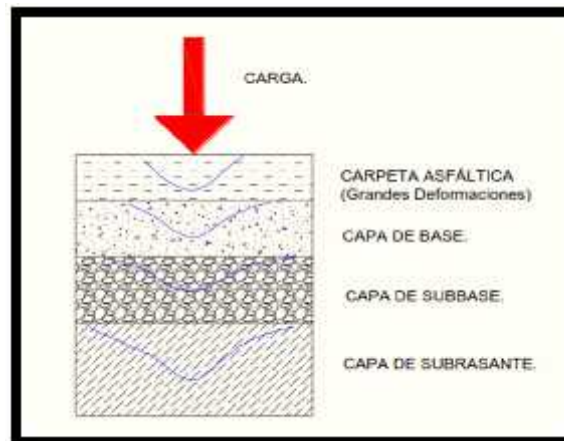
pavimentos semirrígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos, especiales y pavimentos articulados.

2.2.2.1 Pavimentos flexibles

Según Osuna R. ¹⁶ los pavimentos formados, por una sub-base y/o base hidráulica o estabilizada, y una superficie de rodamiento, que puede ser: una carpeta de riegos; una carpeta de mezcla asfáltica elaborada en frío o en el lugar, o de mezcla en caliente elaborada en planta, también llamadas de concreto asfáltico, pudiendo tener incluso además un riego de sello aplicado sobre la superficie de la carpeta.

Esta serie de capas inicialmente estaban constituidas por materiales con una resistencia a la deformación decreciente conforme la profundidad, de modo análogo a la disminución de las presiones transmitidas desde la superficie. El aumento de las intensidades y número de aplicaciones de cargas, llevo a los denominados pavimentos rígidos, con capas tratadas o estabilizadas con cemento, o con un espesor muy importante de mezclas asfálticas como las denominadas “full depth”, con espesores del orden de 30 cm. Estos pavimentos suelen incluirse en el grupo de los flexibles, debido a que tienen un pavimento asfáltico análogo, pero su comportamiento es muy diferente con capas inferiores de igual o mayor rigidez que las superiores, como en el caso de los pavimentos de sección invertida.

Figura 1. Esquema del pavimento flexible.



Fuente: UNI "deterioro de pavimentos rígidos metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones." -2007

Según Sánchez G. ⁽¹⁷⁾ Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings. La construcción de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de material. Cada una de las capas recibe cargas por encima de la capa. Cuando las supera la carga que puede sustentar traslada la carga restante a la capa inferior. De ese modo lo que se pretende es que poder soportar la carga total en el conjunto de capas. Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años. Las capas de un pavimento flexible suelen ser: capa superficial o capa superior que es la que se encuentran en contacto con el tráfico rodado y que normalmente ha sido elaborada con varias capas asfálticas. La capa base es la capa que está debajo de la capa

superficial y está, normalmente, construida a base de agregados y puede estar estabilizada o sin estabilizar. La capa sub – base es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub – base.

Figura 2. Pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia (2017)

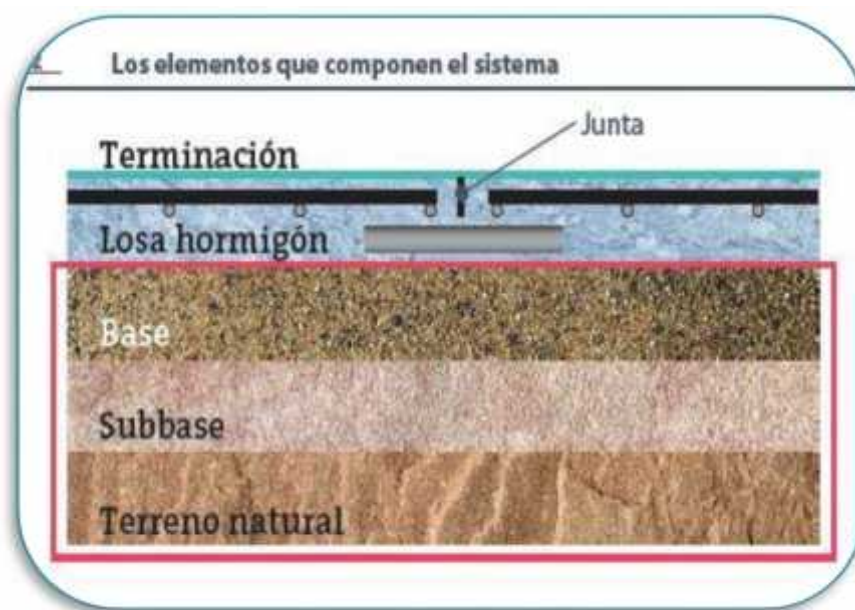
2.2.2.2. Pavimentos semi-rígidos

Definición

Según Adocem¹⁸ se conoce como suelo-cemento, grava-cemento o, como definición general, materiales tratados con cemento, aquellos materiales para firmes que utilizan cemento como conglomerante (CEDEX, 2003). El ministerio de fomento de España (CEDEX, 2003) denomina como pavimento semirrígido aquellos firmes que incluyen materiales tratados con cemento como base o sub-base de firmes, con una superficie de rodadura bituminosa. En pavimentos semirrígidos, a diferencia de pavimentos flexibles convencionales, la resistencia al agrietamiento de la carpeta

de rodadura no es una respuesta crítica ya que la base cementada provee esta capacidad estructural. Por tanto, para proveer la resistencia a la abrasión de tráfico, la seguridad por fricción y la regularidad de la superficie para el contacto pavimento-vehículo la superficie de rodadura consta de una o más capas de hormigón asfáltico con las propiedades adecuadas de resistencia a la abrasión, ahuellamiento, pulido y construido.

Figura 3. Pavimento semi-rígido.



Fuente: UNI "deterioro de pavimentos rígidos metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones." -2007

2.2.2.3. Pavimentos rígidos

Definición

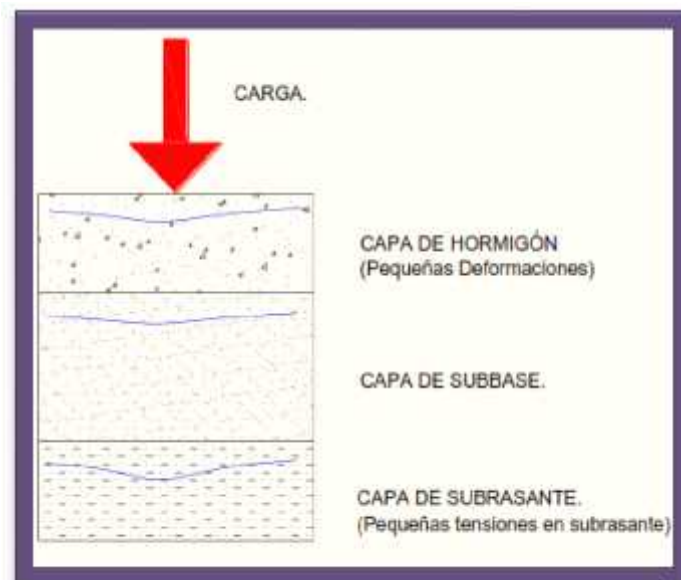
Para Centeno O.¹⁹ los pavimentos rígidos son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. En función a lo señalado anteriormente; se puede diferenciar que en el pavimento rígido, el concreto

absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante).

Según SCRIBD²⁰ un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o Sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la Subrasante.

Según Sánchez F.²¹ La construcción de un pavimento rígido puede incluir operaciones de explanación; construcción de capas de Sub base y/o base granulares o estabilizadas; fabricación, transporte, colocación y acabado del concreto.

Figura 4. Esquema de un pavimento rígido



Fuente: UNI "deterioro de pavimentos rígidos metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones." - 2007

2.2.2.4. Pavimentos especiales

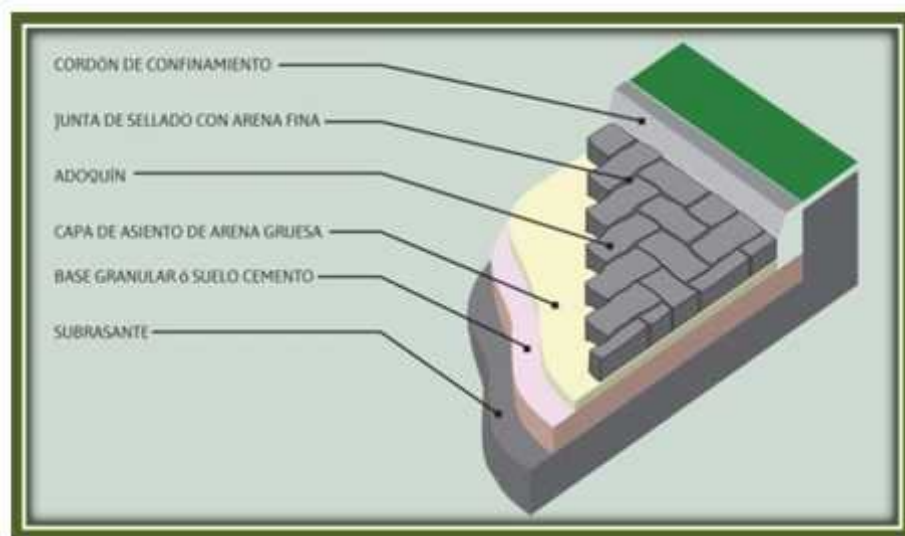
Son los pavimentos contruidos con adoquín de cemento o de piedra debidamente acomodada. A continuación se describen algunas de sus características:

Piedra labrada. Como los empedrados se utilizan en zonas residenciales, turísticas, históricas, etc., con grandes ventajas. Requieren también de una conservación mínima, son poco ruidosos y permiten velocidades de circulación razonables.

Su utilización se ha extendido inclusive a patios de maniobras, plataformas, etc., para vehículos pesados y circulación lenta, además en estacionamientos donde se está utilizando adoquín hueco, permite el crecimiento de pasto en su interior, así como la infiltración de agua al subsuelo, cumpliendo una función ecológica.

) Empedrados: Utilizados tanto en poblaciones pequeñas como solución tradicional, o en zonas residenciales, turísticas, o históricas, etc. Son duraderos y guardan armonía con los contextos urbanos, aunque producen ruidos y deben circularse a bajas velocidades. Requieren una conservación mínima.

Figura 5. Técnicas de colocación de un pavimento articulado.



Fuente: Elaboración propia (2017)

2.2.2.5. Pavimentos articulados

Para Jean C.²² Se entiende por pavimento articulado a la estructura superficial compuesta generalmente por varias capas de diferentes materiales que sirve de acabado a una vía, ya sea vehicular o peatonal. El sistema constructivo de pavimentos articulados es muy popular por: requerir poca maquinaria por ser fácil de instalar y fácil de reparar. La etapa constructiva consiste en la colocación de adoquines sobre una capa de arena gruesa, suelta, sin aglomerantes, con un sello de arena entre sus juntas, que finaliza con la compactación del conjunto. Pavimento son aquellos en los cuales la capa superior o acabado del pavimento está constituida por elementos prefabricados de concreto, piezas de arcilla cocida, o piedras duras en su forma natural o cortadas siguiendo algún patrón modular, que empalman entre sí sin emplear materiales cementantes para fijarlos. Su Origen se encuentra en los antiguos empedrados.

Figura 6. Pavimento articulado.



Fuente: Elaboración propia (2017)

2.2.3. Importancia de evaluación de pavimentos

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

2.2.4. Objetividad en la evaluación de pavimentos

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado

Por las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a dos causas principales.

a) Variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizaran.

b) Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

2.2.5. Curva de comportamiento de los pavimentos

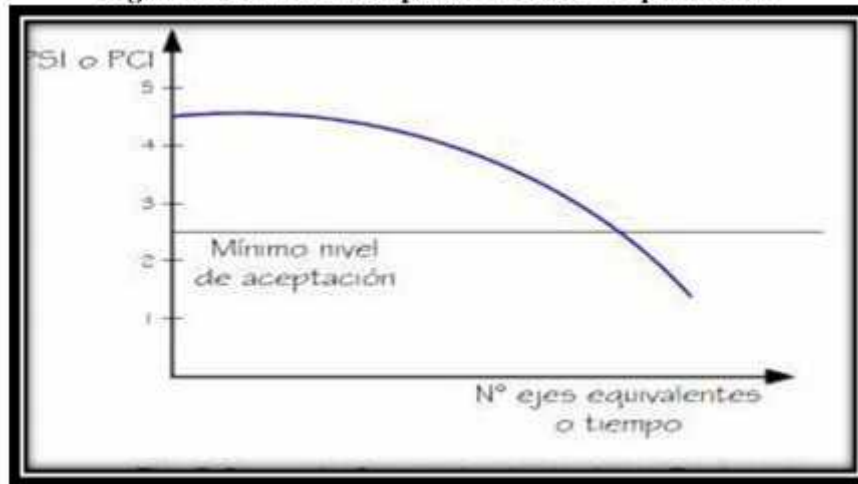
La curva de comportamiento de los pavimentos es la representación histórica de la calidad del pavimento.

Para analizar el comportamiento funcional del pavimento se necesita información de calidad de rodadura durante el periodo de estudio y de los datos históricos del tránsito que se han solicitado al pavimento durante ese periodo.

Con la ayuda del índice de serviciabilidad o el índice de condición de un pavimento versus el tiempo o el número de ejes equivalentes, se puede graficar la degradación del pavimento, consiguiendo de esta manera visualizar el tiempo en el que un pavimento necesitara una rehabilitación, consiguiendo con esto incrementar la vida útil del pavimento.

En la **figura 7**, se representa el comportamiento de un pavimento en función del tiempo o del número de ejes equivalentes al cual está expuesto; mediante esta representación se podrá adoptar medidas adecuadas, las cuales permitan aumentar la vida útil de un pavimento.

Figura 7. Curva de comportamiento de un pavimento.



Fuente: Implementación de gestión vial para el mantenimiento y recuperación de la malla vial en casco urbano del municipio Estrella.

2.2.6. Patología en pavimentos

Según Castillo M, Mesa S.²³ afirma que las estructuras de los pavimentos son susceptibles al deterioro de su resistencia y servicio por efecto del exceso de cargas tránsito, cambios abruptos de temperatura o carencia de soporte del suelo, manifestándose en forma de fallas tales como fisuras, deformaciones o desintegración de materiales.

El tránsito puede causar daños superficiales o estructurales. El medio ambiente, especialmente las condiciones de humedad y temperatura, puede producir expansión y contracción no prevista en el diseño del pavimento, con el consiguiente agrietamiento o rotura del concreto. El agua del manto freático, o de las precipitaciones pluviales, puede provocar zonas de bajo soporte, expulsiones del material de sub rasante y la consiguiente rotura del concreto.

La ocurrencia de patologías más frecuentes en los pavimentos rígidos está asociada

a una serie de causas, durante el proceso de construcción la cual no garantiza la vida útil del pavimento. Para garantizar el buen funcionamiento de un pavimento rígido es fundamental que se controle permanentemente durante la construcción así mismo se efectuó los trabajos de reparación y mantenimiento de las estructura del pavimento.

Figura 8. Deterioros más comunes en pavimento.



Fuente: UNI “deterioro de pavimentos rígidos metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones.” - 2007

2.2.7. Patología en pavimentos rígidos

a) Tipos de fallas en los pavimentos rígidos:

Las fallas en los pavimentos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son fallas de superficie y fallas en la estructura.

) Fallas de superficie

Son las fallas en la superficie de rodamiento, debido a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada.

La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad.

) Fallas estructurales

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla

en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

b) Tipos de evaluación de pavimento rígido

Espinoza (2010)²⁴. Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

VIZIR

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées France o por sus siglas en inglés LCPC.

El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

FHWA / OH99 / 004

Este índice presenta una alta claridad conceptual y es de sencilla aplicación, pondera los factores dando mayor énfasis a ciertos deterioros que son muy abundantes o importantes en regiones donde hay

estaciones muy marcadas pero no en áreas tropicales.

ASTM D 5340 (1998)

También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón. Este método ha sido aplicado en la presente investigación, debido a que se ha adoptado mundialmente por algunas entidades encargadas de realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de pavimentos.

Esta es la metodología que se utilizó en el presente estudio.

2.2.8. Método PCI (pavement condition index)

(Rodríguez E. 2009)²⁵. El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta. Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles. Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la

ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D5340 1998). El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad). Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

2.2.8.1. Objetivos del método PCI (pavement condition index).

Para Rodríguez E. 2009²⁵ los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes:

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad). Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas, como cargas de tránsito o

condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

- Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

- Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos.

2.2.8.2. Desarrollo del método PCI (pavement condition index)

Para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan.

Dividir el número de losas entre el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.

Determine los valores reducidos (VR) 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.

Tabla 1. Rango de calificaciones del PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO DE CLASIFICACION DE PCI		
RANGO		CLASIFICACION
100	85	EXCELENTE
85	70	MUY BUENO
70	55	BUENO
55	40	REGULAR
40	25	MALO
25	10	MUY MALO
10	0	FALLADO

Fuente: Elaboración Propia -2017

Información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

Se debe establecer el Inventario de Pavimentos. Es decir, los pavimentos se separan definiéndose los siguientes conceptos:

RED: El conjunto de pavimentos a ser administrados (cada Institución Educativa es una red).

RAMA: Parte fácilmente identificable de la red (e. g.: plataforma).

SECCIÓN: La menor unidad de administración con características homogéneas (e. g.: tipo de pavimento, estructura, historia de construcción, condición actual, etc.).

2.2.9. Índice de Condición del Pavimento (PCI – pavement condition index).

(Vásquez L.2002)²⁶. El deterioro de la estructura de pavimento es una función de

la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la Tabla 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

2.2.10. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.

Según el manual del PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras la determinación de las unidades de muestreo es como sigue:

En la “**Evaluación De Una Red**” puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo. En la “**Evaluación de un Proyecto**” se deben inspeccionar todas las unidades; sin

embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Ecuación...Nº 01

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = 5\%$)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35). En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección para la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

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

Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

a.- El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación

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

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

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

Intervalo de muestreo i.

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3.

Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S+2), etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección. Seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

2.2.11. Evaluación de la condición.

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Equipo.

- J Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- J Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- a. Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.
- b. Procedimiento, se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.
- c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la plataforma inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

2.2.12. 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.

2.2.13. Cálculo de PCI para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Portland.

Según la norma ASTM D6433-99.

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.

a). Cálculo de densidades (D):

Las densidades se han calculado usando la ecuación N° 3, para cada tipo de falla según su nivel de severidad, dividiendo el número de losas cuantificadas entre el número total de losas de la unidad de muestra, multiplicado por cien para obtener la densidad en porcentaje.

$$D = \frac{\text{N}^\circ \text{ Losas de un tipo de falla}}{\text{N}^\circ \text{ total de losa de la muestra}} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 2$$

b) Cálculo del valor deducido (VD):

El valor deducido se determina para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, ingresando los porcentajes de densidad en la curva para pavimentos de concreto.

Etapa 1. Cálculo de los Valores Reducidos

- 1. a.** Para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan.
- 1. b.** Dividir el número de losas obtenido en 1.a entre el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.
- 1. c.** Determine los VALORES REDUCIDOS 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 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

- 2. a.** Si solo uno o ninguno de los VR es mayor a 5, la suma de los VRs es utilizada en lugar del máximo VRC para la determinación del PCI. De no ser así seguir los pasos siguientes.
- 2. b.** Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Reducidos” (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m = 1 + ((9/95) * (100 - VAR))$$

Ecuación 3.

Dónde:

m = Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).

VAR = Valor individual más alto de VR.

- 2. c.** Ingresar en la tabla, los VRs en la primera fila en forma descendente,

reemplazando el menor VR por el producto del mismo y la fracción decimal del m calculado y utilizar este valor como el menor en la primera fila. Si el número de VRs es menor al valor de m, ingresar todos los VRs en la tabla. Si el número de VRs es mayor a m utilizar los m valores más altos solamente.

2. d. Sumar todos los valores de VRs de la fila y colocar ese valor en la columna de “total”, luego poner en la columna “q” el número de valores de VRs que son mayores a 5.

2. e. Determinar el VRC con la curva de corrección correcta, para pavimentos para de concreto, con los valores de “Total” y “q”.

2. f. Copiar los VRs a la siguiente línea, cambiando el menor valor de VR mayor que 5 a 5. Luego repetir lo anterior hasta que se cumpla “q” = 1.

2. g. El máximo VRC es el valor más alto de la columna VRC.

2. h. Calcular el PCI restando el valor máximo de VRC de 100 ($PCI = 100 - \text{máximo VRC}$).

2.2.14. Cálculo del PCI de una sección de Pavimento

Según Vásquez V. (2002)²⁶ una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo

inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

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

Dónde:

PCI_S: PCI de la sección del pavimento.

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas. PCI_A: 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.

2.2.15. Manual de daños.

Para Vázquez²⁷ el Nombre original de los daños en inglés, traducción propuesta en español y causa principal de ocurrencia.

Tabla 2. Cuadro de daños patológicos en pavimentos rígidos.

DISTRESS NAME	NOMBRE DEL DAÑO	CAUSA
Blowup / Buckling	Rotura por Pandeo	Clima
Corner Break	Rotura de la Esquina	Carga
Divided Slab	Losa Dividida	Carga
Durability (“D”) Cracking	Grieta de Durabilidad (“D”)	Clima
Faulting	Escalonamiento	Otra
Joint Seal Damage	Daño del Sello de Junta	Clima
Lane / Shoulder Drop-Off	Desnivel Carril / Berma	Otra
Linear Cracking (Longitudinal, Transverse and Diagonal Cracks)	Grietas Lineales (Longitudinales, Transversales y Diagonales)	Carga

Patching Large (more than 0.5 m ²) and Utility Cuts	Parqueo Grande (> 0.5 m ²) y Acometidas de Servicios Públicos	Otra
Patching, Small (less than 0.5 m ²)	Parqueo Pequeño (< 0.5 m ²)	Otra
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados	Otra
Popouts	Desprendimientos	Otra
Pumping	Bombeo	Otra
Punchout	Punzonamiento	Carga
Railroad Crossing	Cruce de Vía Férrea	Otra
Scaling / Map Cracking / Crazing	Descascaramiento por Agrietamiento	Otra
Shrinkage Cracks	Grietas de Retracción	Clima
Spalling, Corner	Descascaramiento de Esquina	Clima
Spalling, Joint	Descascaramiento de Junta	Clima

Fuente: Vázquez L. (2002)

2.2.16. Calidad de tránsito (ride quality)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, para la presente investigación. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo): Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se

requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. Para el caso de la presente investigación esta ser recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un Automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. Siendo la presente investigación para plataformas deportivas, no se analizaran patologías cuya causa es debida al tránsito.

2.2.17. Descripción de los daños

A. Rotura por Pandeo.

Descripción: La rotura por pandeo suele ocurrir en clima cálido, a lo largo de una junta o grieta transversal que no tiene suficiente espacio para permitir la expansión de la losa. La falta de espacio en la junta suele deberse a la intrusión de materiales incompresibles dentro de la misma.

) Cuando el proceso de expansión no puede disipar suficiente presión, ocurre un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa o se fragmenta el material en la

vecindad de la junta.

) La rotura por pandeo también puede ocurrir en los bordes de las acometidas de servicios públicos o en sumideros de agua.

Niveles de severidad.

L: La rotura por pandeo afecta la calidad del viaje con severidad baja.

M: La rotura por pandeo afecta la calidad del viaje con severidad media.

H: La rotura por pandeo afecta la calidad del viaje con severidad alta.

Medida.

) En una grieta, la rotura por pandeo se cuenta presente en una (1) losa. Si el daño ocurre en una junta y afecta a las dos losas se reporta para ambas (2 losas).

) Cuando la severidad de la rotura por pandeo deja el pavimento inutilizable se debe programar la reparación de forma inmediata.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

Figura 9. Falla por blowup/buckling



Fuente: Vásquez, V. (2002).

B. Rotura de esquina.

Descripción: La rotura de esquina es una grieta que intercepta las juntas de la losa a distancias menores o iguales que la mitad de sus respectivas longitudes medidas desde la esquina de interés.

Por ejemplo, una losa de 3.5m de ancho por 6.0 m de largo tiene una grieta a 1.5m de la esquina en su lado corto ya 3.5m en su lado largo. Esta grieta no se considera rotura de esquina sino grieta diagonal. Por el contrario, y considerando la misma losa, una grieta que intercepta el lado corto a 1.2m de la esquina y el lado largo a 2.5m sí se clasifica como rotura de esquina.

) La rotura de esquina se diferencia del astillamiento de esquina pues la primera se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el segundo daño intercepta la cara vertical de la junta con alguna inclinación.

) La rotura de esquina suele ser causada por la repetición de las cargas de tránsito combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo.

Niveles de severidad.

L: La rotura de esquina está definida por una grieta de severidad baja. El área entre la rotura y las juntas no tiene fisuras o está ligeramente fisurada.

) La grieta de severidad baja se define como:

- Una grieta de menos de 13mm.
- Una grieta de cualquier ancho, cuyo sello se encuentre en condición satisfactoria y no presenta escalonamiento.

M: La rotura de esquina está definida por una grieta de severidad media, o el área entre la rotura y las juntas, o ambas, presentan una grieta de severidad media.

) La grieta de severidad media se define como:

- Una grieta sin sello, con un ancho superior a 13mm e inferior a 50mm.
- Una grieta sin sello, con ancho inferior a 50mm y con escalonamiento menor que 10mm.
- Cualquier grieta con sello y escalonamiento menor que 10mm.

H: La rotura de esquina está definida por una grieta de severidad alta, o el área entre la rotura y las juntas, o ambas, están muy fisuradas.

) La grieta de severidad alta se define como:

- Una grieta sin sello, con ancho superior a 50mm.
- Cualquier grieta, con sello o sin sello, con escalonamiento mayor que 10mm.

La definición empleada para la severidad de las grietas es para losas sin refuerzo.

Para losas reforzadas se deben aplicar los criterios de grietas Lineales.

Medida.

La losa con rotura de esquina se registra como una (1) losa si:

1. Presenta rotura en una sola esquina.
2. Presenta más de una rotura con la misma severidad.
3. Presenta dos o más roturas con severidades diferentes. En este caso, se reporta el mayor nivel de severidad observado.

Por ejemplo, si una losa presenta roturas de esquina de severidad baja y de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con rotura de esquina de severidad media.

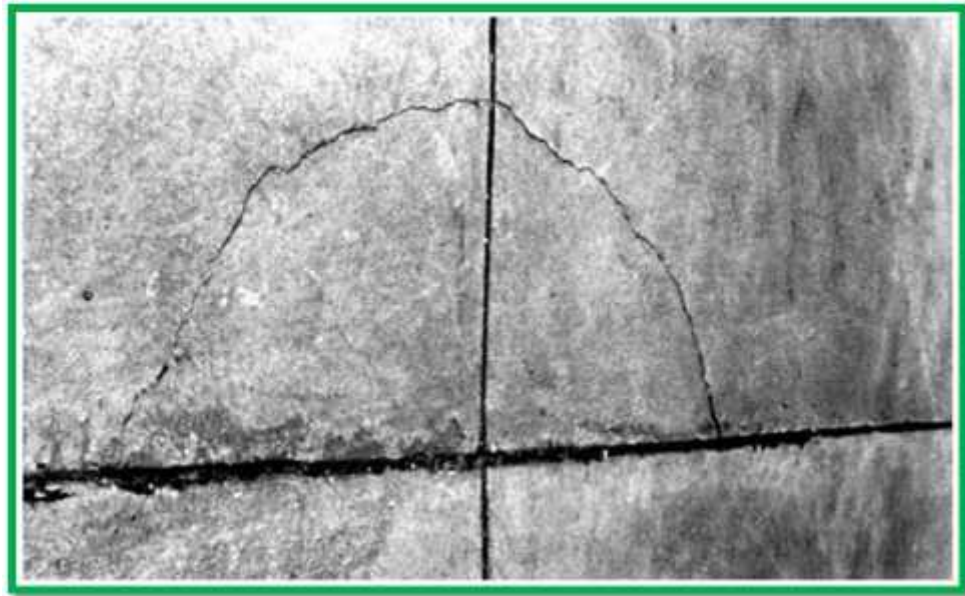
Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sello de grietas demás de 3mm.

M: Sello de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

Figura 10. Grietas de esquina.



Fuente: Vásquez, V. (2002).

C. Losa dividida.

Descripción: Las grietas dividen la losa en cuatro o más pedazos. Este daño se debe a la sobrecarga, soporte inadecuado o una combinación de ambos. Si los pedazos o grietas están contenidos dentro de una rotura de esquina, el daño se clasifica como rotura de esquina de severidad alta.

Niveles de severidad.

En el siguiente cuadro se definen los niveles de severidad para losas divididas.

Tabla 3. Niveles de severidad para losas divididas

Nivel de Severidad		Número de pedazos en la losa agrietada
F	L	4 ó 5
u	M	De 6 a 8
F	H	más de 8
u		

Fuente: Vásquez L. (2002)

MEDIDA

Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño dentro de la misma.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sello de grietas de ancho mayor que 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

Figura 11. Losa dividida



Fuente: Vásquez, V. (2002).

D. Grieta de durabilidad (“D”).

Descripción: Las grietas de durabilidad (“D”) se deben a la expansión del agregado grueso debido al ciclo de congelamiento/descongelamiento, el cual con el tiempo, se fractura el concreto de la losa.

Este daño suele aparecer como un patrón de grietas cercanas y paralelas a una junta o grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de la grieta “D”.

- Este tipo de daño puede llevar a la desintegración total de la losa.

Niveles de severidad

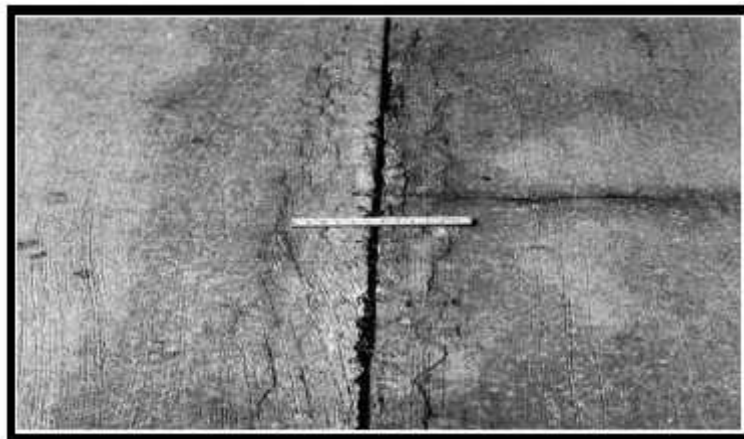
L: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas y pocos fragmentos están sueltos o se han desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los fragmentos están sueltos o se han desprendido.
- Las grietas “D” cubren más del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas y pocos fragmentos están sueltos o se han desprendido.

H: Las grietas “D” cubren más del 15% del área de la losa y la mayoría de los fragmentos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.

Figura 12. Grieta de durabilidad “D”



Fuente: Vásquez, V. (2002).

E. Escalonamiento.

Descripción: El escalonamiento es la diferencia de nivel a través de una junta.

Algunas de las causas más comunes son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material subyacente a 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 nivel a través de la junta, tal como se indica en el siguiente cuadro.

Tabla 4. Niveles de severidad de escalonamiento.

Nivel de Severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Fuente: Vázquez L. (2002)

Medida.

El escalonamiento a través de una junta se reporta como presente en una (1) losa. Solo se cuentan losas afectadas. El escalonamiento a través de una grieta no se reporta pero se tiene en cuenta en la definición del nivel de severidad de la misma.

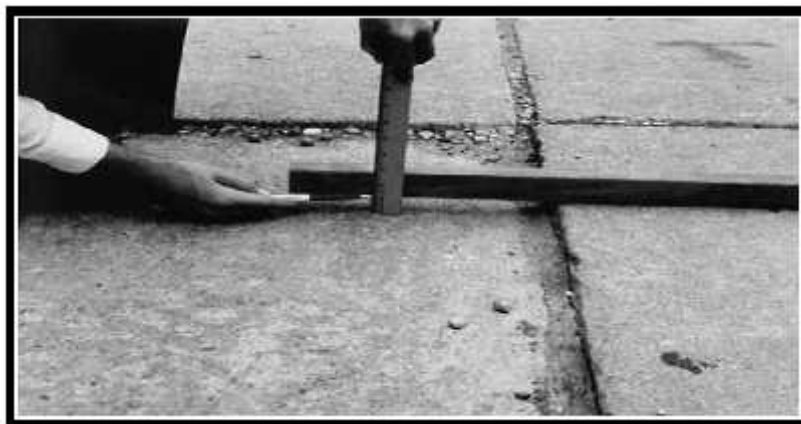
Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Pulimento con disco de diamante.

M: Pulimento con disco de diamante.

H: Pulimento con disco de diamante.

Figura 13. Escalonamiento



Fuente: Vázquez, V. (2002).

F. Daño del sello de junta.

Descripción: El daño del sello de junta describe cualquier condición que permita la acumulación de fragmentos de suelo o roca en las juntas, o la infiltración de agua en forma importante a través de las mismas. La acumulación de material incompresible en las juntas impide que las losas se expandan y puede producir rotura por pandeo, fragmentación o astillamiento.

) Un material de sello flexible y bien adherido a los bordes de las losas protege las juntas de la acumulación de material y previene la infiltración de agua y el deterioro del suelo de soporte de la losa.

) Los tipos más comunes de daño del sello de junta son:

- Desprendimiento del sello de la junta.
- Extrusión del sello de la junta.
- Crecimiento de vegetación.
- Endurecimiento del material del sello por oxidación.
- Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
- Deficiencia o ausencia de sello en la junta.

Niveles de severidad.

L: El sello de las juntas está en buena condición en toda la sección, se comporta bien y solo presenta daños menores. El daño del sello de junta es de severidad baja si sólo algunas de las juntas tienen el sello desprendido pero en contacto con el pavimento; esta condición existe si se puede insertar con facilidad la hoja de un cuchillo entre el sello y la cara de la junta.

M: El sello de las juntas está en condición regular en toda la sección, presenta uno o más de los tipos de daño citados, pero de forma moderada, y se estima que debe

reemplazar se en los próximos dos años.

Z El daño del sello de junta es de severidad media si un número reducido de juntas cumple alguna de las siguientes condiciones:

- El sello está en su sitio, pero es permeable al agua a través de aberturas visibles de hasta 3mm de ancho; esta condición no se cumple si no se puede insertar la hoja de un cuchillo con facilidad.
- Se evidencian detritos producto de Bombeo en la junta.
- El sello está oxidado y “sin vida”, pero es flexible (como una cuerda) y llena la abertura de la junta.
- Existe vegetación en la junta, pero no obstruye la apertura de la misma.

H: El sello de las juntas está en mala condición en toda la sección y presenta uno o más de los tipos de daño citados con alta severidad. El sello requiere reemplazo inmediato.

J El daño de Sello de Junta es de severidad alta si 10% o más del material de sello excede los criterios límite indicados anteriormente o si más del 10% del sello se ha desprendido de las juntas.

Medida.

El daño de sello de junta no se registra losa por losa sino que se califica con base en la condición general de toda el área de pavimento.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada.

M: Resello de juntas.

H: Resello de juntas.

Figura 14. Daño de sello de junta



Fuente: Vásquez, V. (2002).

G. Desnivel carril / berma.

Descripción: El desnivel carril/berma es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del carril del pavimento. La diferencia de nivel es puede ser una amenaza para la seguridad y también puede incrementar la infiltración de agua.

Nivel de severidad

L: El desnivel entre el borde del pavimento y la berma es mayor que 25mm y menor o igual que 50mm.

M: El desnivel entre el borde del pavimento y la berma es mayor que 50mm y menor o igual que 100mm.

H: El desnivel entre el borde del pavimento y la berma es mayor que 100mm.

Medida

El desnivel carril/berma se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba este daño se mide de forma

separada y se registra como una (1) losa con el nivel de severidad apropiado.

Opciones de reparación

L, M, H: Re nivelación de las bermas para coincidir con el nivel del carril.

Figura 15. Desnivel de carril / berma.



Fuente: Vásquez, V. (2002).

H. Grietas lineales (Longitudinales, Transversales y Diagonales).

Descripción: Estas grietas dividen la losa en dos o tres fragmentos y suelen ser causadas por la combinación de las cargas de tránsito y el alabeo por gradientes térmico o de humedad. Las losas fragmentadas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas.

Las grietas de baja severidad suelen estar relacionadas con alabeo o fricción y no se consideran daños estructural es importantes. Las grietas capilares de pocos metros de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa se contabilizan como grietas de retracción.

Niveles de severidad para losas sin refuerzo.

L: Grietas sin sello y con ancho menor o igual que 13mm, o grietas con sello de cualquier ancho y con material sellante en condición satisfactoria. No se presenta

escalonamiento.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta sin sello y con ancho mayor que 13mm y menor o igual que 50mm.
- Grieta sin sello, con ancho menor o igual que 50mm y con escalonamiento menor que 10mm.
- Grieta con sello de cualquier ancho y con escalonamiento menor que 10mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta sin sello y con ancho mayor que 50mm.
- Grieta con sello o sin sello, de cualquier ancho y con escalonamiento mayor que 10 mm.

Niveles de severidad para losas con refuerzo.

L: Grieta sin sello y con ancho mayor o igual que 3mm y menor que 25 mm; o grieta de cualquier ancho con sello en condición satisfactoria. No existe escalonamiento.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta sin sello y con ancho mayor o igual que 25mm y menor que 75mm y sin escalonamiento.
- Grieta sin sello, con ancho menor o igual que 75mm y con escalonamiento menor o igual que 10mm.
- Grieta con sello, de cualquier ancho y con escalonamiento menor o igual que 10mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta sin sello y con ancho mayor que 75mm.
- Grieta con sello o sin sello, de cualquier ancho y con escalonamiento mayor

que 10mm.

Medida.

Una vez se ha establecido la severidad de las grietas, el daño se registra como una (1) losa.

Si la losa contiene dos (2) grietas de severidad media, se reporta como una losa con grieta de severidad alta. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como losa dividida.

En losas de concreto reforzado, las grietas de menos de 3mm de ancho se reportan como grietas de retracción.

Las losas con longitud mayor que 9 metros se dividen en “losas” de igual longitud, con juntas imaginarias en perfecta condición.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sello de grietas de ancho mayor que 3mm.

M: Sello de grietas.

H: Sello de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

Figura 16. Grieta lineal



Fuente: Vásquez, V. (2002).

I. Parche grande (> 0.5 m²) y acometidas de servicios públicos.

Descripción: Un parche es un área donde se retiró el pavimento original y se lo reemplazó con material nuevo de severidad de una acometida de servicios públicos son los mismos que para el parche grande.

Niveles de severidad

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

M: El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente astillado en sus bordes. El material del parche solo puede retirarse con un esfuerzo considerable.

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

Medida.

Si una losa contiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una (1) losa con ese daño en particular.

Si una losa presenta más de un nivel de severidad, se cuenta como una (1) losa con el mayor nivel de severidad observado. Si la causa del parche es más severa que la reparación, sólo se reporta el daño original.

Opciones para reparación.

L: No se hace nada.

M: Sello de grietas. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche

Figura 17. Parche grande (> 0.5 m²).



Fuente: Vásquez, V. (2002).

J. Parche pequeño (0.5 m²).

Descripción: Un Parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por nuevo material.

Niveles de severidad

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

M: El parche esta moderadamente deteriorado. El material del parche solo puede retirarse con un esfuerzo considerable.

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

Medida.

Si una losa contiene uno o más Parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una (1) losa con ese daño en particular.

Si una losa presenta más de un nivel de severidad, se cuenta como una (1) losa con el mayor nivel de severidad observado.

Opciones para reparación.

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

Figura 18. Parcheo pequeño



Fuente: Vásquez, V. (2002).

K. Pulimento de agregados.

Descripción: Este daño es causado por las cargas de tránsito. El pulimento de agregado se presenta cuando un examen minucioso del pavimento revela que:

(a) La porción de agregado que se extiende por encima del concreto hidráulico es muy pequeña.

(b) No hay partículas de agregado ásperas y angulares que proporcionen resistencia al deslizamiento.

- Cuando el agregado de la superficie se vuelve suave al tacto, la adhesión con los neumáticos de los vehículos se reduce de forma importante.
- Cuando la porción de agregado que se extiende por encima del concreto es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de forma significativa a reducir

la velocidad de los vehículos.

- Este daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o se reduce significativamente comparado con una evaluación anterior.

Niveles de severidad.

No se definen niveles de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento debe ser significativo antes de incluir lo en un inventario de la condición y calificar lo como un defecto.

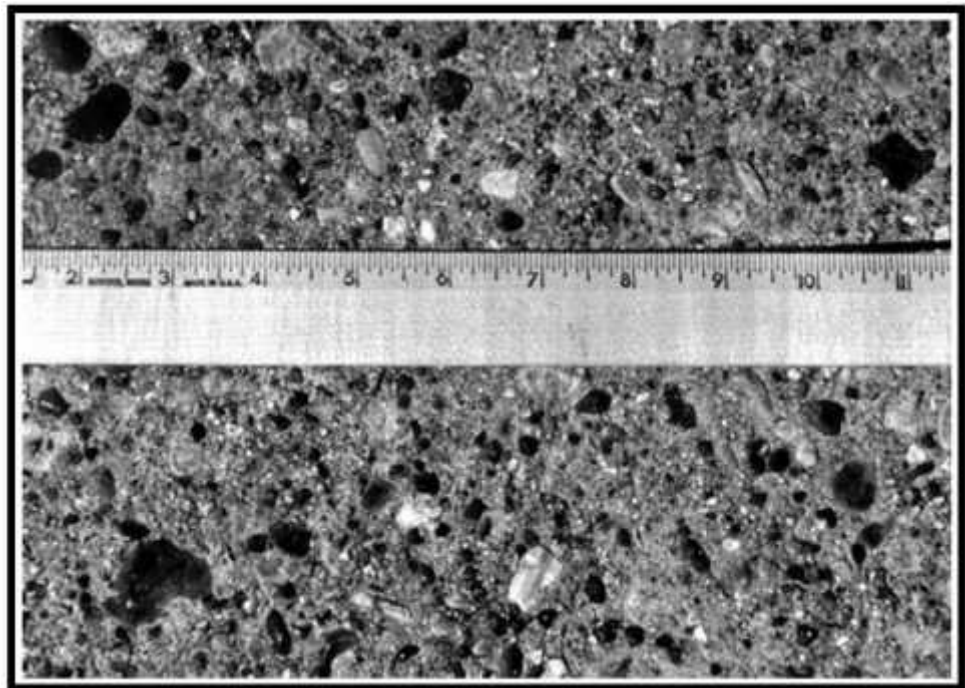
Medida.

Una losa con pulimento de agregados se registra como una (1) losa con dicho deterioro.

Opciones de reparación.

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobre carpeta.

Figura 19. Pulimiento de agregado



Fuente: Vásquez, V. (2002).

L. Desprendimientos.

Descripción: Un desprendimiento es la separación de un pedazo pequeño de la superficie del pavimento, debido a la acción del ciclo de congelamiento/descongelamiento combinado con agregados expansivos.

- También puede presentarse por la presencia de partículas blandas o fragmentos de madera destruidos por el tránsito.
- El diámetro de los desprendimientos varía entre 25mm y 100mm y su profundidad entre 13 mm y 50mm.

Niveles de severidad

No se definen niveles de severidad. Sin embargo, los desprendimientos deben ser extensos antes que se registren como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado ($3/m^2$) en toda el área de la losa.

Medida.

- Se debe medir la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres desprendimientos por metro cuadrado ($3/m^2$), se revisan por lo menos tres áreas de un metro cuadrado ($1m^2$) elegidas al azar.
- Cuando el promedio de desprendimientos por metro cuadrado es mayor que tres (3) se contabiliza la losa para este daño.

Opciones de reparación.

L, M y H: No se hace nada.

Figura 20. Desprendimiento



Fuente: Vásquez, V. (2002).

M. Bombeo.

Descripción: El Bombeo es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas, el cual se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas de tránsito.

- Cuando una carga pasa sobre la junta entre dos losas, el agua es primero forzada bajo losa de salida y luego hacia atrás bajo la losa de entrada. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas del suelo, lo cual genera una pérdida progresiva del soporte del pavimento.

- El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y evidencia de material de base o subrasante sobre el pavimento, cerca de las juntas o las grietas.

- El bombeo cerca de las juntas es causado por un mal sello de la junta e indica la pérdida de soporte; eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

Niveles de severidad.

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia del bombeo.

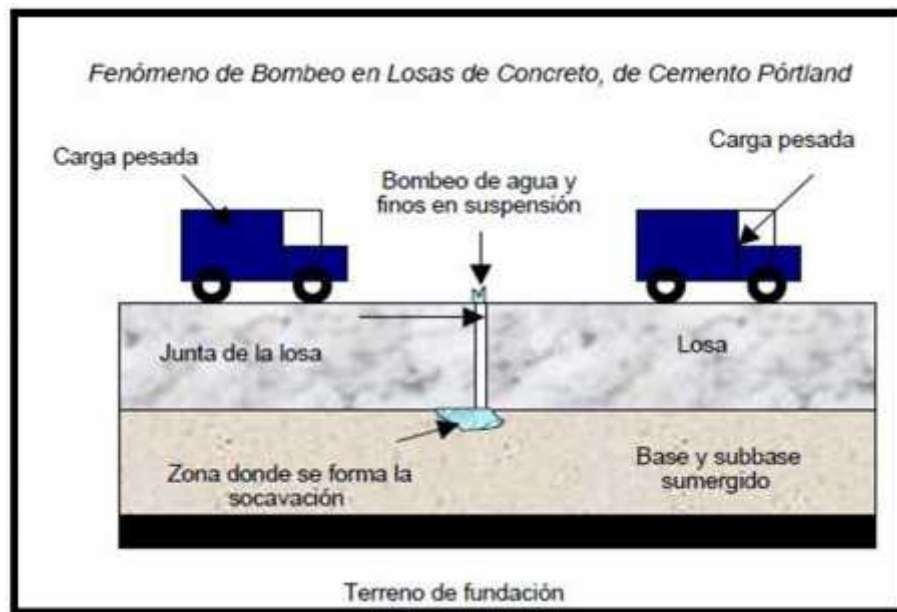
Medida

El bombeo de una junta entre dos losas se contabiliza como dos (2) losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una (1) losa por cada junta adicional que presente el daño.

Opciones de reparación

L, M y H: Sello de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de carga entre losas.

Figura 21. Falla por bombeo.



Fuente: Elaboración Propia 2017

N. Punzonamiento.

Descripción: El punzonamiento describe un área puntual y fragmentada de la losa. Un punzonamiento puede presentarse de muchas formas diferentes, aunque suele estar delimitado por una grieta y una junta, o dos grietas muy próximas

entre sí, a distancias menores que 1.5metros.

Este daño se origina por:

- Repetición de cargas pesadas.
- Espesor inadecuado de la losa.
- Pérdida de soporte de la fundación.
- Deficiencia puntual de construcción, por ejemplo, un hormiguero en el concreto.

Niveles de severidad.

Tabla 5. Niveles de severidad para punzonamiento

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

Fuente: Vázquez L. (2002)

Medida.

- Si la losa presenta un (1) punzonamiento, se contabiliza como una (1) losa con el nivel de severidad observado.
- De lo contrario (hay dos interpretaciones):
 -) ASTM D6433-11: Si presenta más de un (1) punzonamiento o un punzonamiento y una grieta, se reporta como losa dividida.
 -) M: Y. Shahin (2005): Se reporta como una (1) losa con punzonamiento del nivel de severidad más alto que se haya observado.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sello de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo

Figura 22. Punzonamiento



Fuente: Vásquez, V. (2002).

Ñ. Cruce de Vía Férrea.

Descripción:

El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

Niveles de severidad

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

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

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

N. Cruce de vía férrea

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

Figura 23. Falla por el cruce de vía férrea.



Fuente: Elaboración Propia 2017

O. Descascaramiento por agrietamiento, desconchamiento.

Descripción: El descascaramiento por agrietamiento se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, las cuales se extienden en la parte superior de la superficie del concreto y tienden a interceptarse en ángulos de 120°.

- Este daño suele ocurrir por exceso de manipulación en el terminado del concreto y puede producir roturas de la losa con profundidades entre 6mm y 13mm.

- El Descascaramiento también puede ser causado por sales para deshielo, una construcción inadecuada, ciclos de congelamiento/descongelamiento y agregados de mala calidad.

- Este daño no está asociado con las grietas de durabilidad (“D”); cualquier descascaramiento asociado con ese tipo de grietas debe tenerse en cuenta en el inventario de dicho daño.

Niveles de Severidad.

L: El descascaramiento por agrietamiento se presenta de forma potencial en la

mayor parte de la losa. La superficie está en buena condición con algunas pérdidas menores de material.

M: La losa presenta descascaramiento por agrietamiento en menos del 15% de su área.

H: La losa presenta descascaramiento por agrietamiento en más del 15% de su área.

Medida.

Una losa con descascaramiento por agrietamiento se contabiliza como una (1) losa con dicho deterioro y su nivel de severidad.

El descascaramiento por agrietamiento de severidad baja solo se reporta si la pérdida de material es inminente o ya se han desprendido algunos pedazos pequeños.

Opciones para reparación.

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobre carpeta.

Figura 24. Desconchamiento



Fuente: Elaboración Propia 2017

P. Grietas de retracción.

Descripción: Las grietas de retracción son fisuras capilares de menos de 2 metros de longitud y no se extienden a través de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y, por lo general, no abarcan el espesor total del pavimento.

Niveles de severidad.

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que existen grietas de retracción en el pavimento.

Medida.

Si en una losa se presenta una o más grietas de retracción, se reporta como una (1) losa con dicho deterioro.

Opciones de reparación.

L, M y H: No se hace nada.

Figura 25. Grietas de retracción.



Fuente: Vásquez, V. (2002).

Q. Descascaramiento de esquina.

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

Niveles de severidad

En el *Tabla 6*, se listan los niveles de severidad para el descascaramiento de esquina. El descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm² desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Tabla 6. Niveles de severidad para descascaramiento de esquina

Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M
Mayor de 51.0 mm	M	H

Fuente: Ingeniería ingepav. (2002).

Medida

Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. M: Parcheo parcial. H: Parcheo parcial.

Figura 26. Descascaramiento de esquina.



Fuente: Ingeniería ingepav. (2002)

R. Descascaramiento de junta.

Descripción: Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta.

Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

Niveles de Severidad

En el tabla 7. Se ilustran los niveles de severidad para descascaramiento de junta. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

Tabla 7. Niveles de severidad para Descascaramiento de junta

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

Fuente: Ingeniería ingepav. (2002).

Medida

Si el descascaramiento se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con descascaramiento de junta. Si está sobre más de un borde de la misma losa el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con descascaramiento de junta.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada. M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

Figura 27. Descascaramiento de junta



Fuente: Ingeniería ingepav. (2002)

III. Metodología.

3.1. Diseño de la investigación.

Toda la investigación realizada fue del tipo, no experimental de tipo descriptiva, junio-2017.

No experimental, porque se estudia y analiza el problema tal como se da en el contexto natural, sin necesidad de recurrir a un laboratorio. Observa fenómenos tal como se dan en su contexto natural y los analiza. El diseño es no experimental con un grupo no equivalentes y la formula es: M ----- O ----- A ----- E

Dónde: M = Muestra de estudio. O = observación. A = Análisis E = Evaluación.

a) La investigación se realizó siguiendo el método PCI, para el desarrollo de la siguiente investigación se utilizó hojas de cálculo en Excel para el procesamiento de los datos.

b) Todas las evaluaciones realizadas fueron del tipo visual y personalizada.

c) La metodología utilizada, para el desarrollo del trabajo de investigación fue de la siguiente manera:

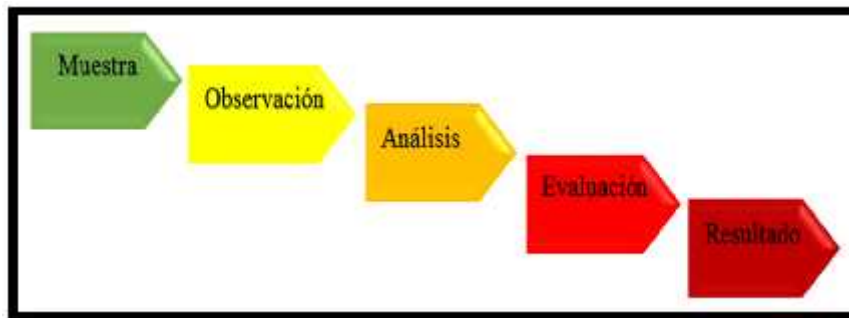
Recopilación de antecedentes preliminares: En esta etapa se realizó la búsqueda el ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes de toda la información necesaria que ayudo a cumplir con los objetivos de este proyecto.

- El estudio de la aplicación del programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos fue enfocado al método PCI.

Para la determinación de las muestras se tomó la superficie del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.

Este diseño se gráfica de la siguiente manera:

Gráfico 1. Ideograma de diseño de investigación



Fuente: Elaboración Propia 2017

El tipo de investigación

En general el estudio a realizarse es del tipo descriptivo, donde la preponderancia del estudio de los datos, se basa en la descripción de los mismos.

Es de corte Transversal porque se analiza en un periodo definido - junio de 2017.

Nivel de la investigación

El nivel de la investigación para el presente estudio, de acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio de nivel descriptivo, cuantitativo, Estas últimas basadas en especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones y/o componentes del fenómeno a estudiar propios del proyecto.

Cuantitativo, porque predominan los valores numéricos, busca las causas, la explicación de los datos recogidos y utiliza mediciones en sitio.

Descriptivo, porque detalla la realidad sin alterarla por ningún motivo.

3.2. Población y muestra.

Para el presente proyecto de investigación, la población fue el Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolog. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.

Muestra:

Se seleccionó todo el pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, para ser evaluadas. El cual tiene una longitud de 609.52 metros, y que tiene su inicio en la intersección del Jr. Libertad y termina en la intersección del Jirón Huamanga.

UM1: Jr. Callao tercera cuadra- inicio –Jr. Libertad- final –Jr. Sucre

UM2: Jr. Callao cuarta cuadra- inicio – Jr. sucre- final –Jr. José Olaya

UM3: Prolg. Jr. Callao quinta cuadra- inicio – Jr. José Olaya- final –Jr. Venezuela

UM4: Prolg. Jr. Callao sexta cuadra- inicio – Jr. Venezuela - final –Jr. Huamanga

Muestreo:

El muestreo para la evaluación, se realizó de acuerdo a la metodología del PCI, para ello se seleccionaran los diferentes tipos de patologías que están presentes en el pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.

Densidad:

La densidad viene hacer la división del número de losas cuantificadas de un tipo de falla, dividido entre número de losas de la unidad de muestra, multiplicado por cien, donde se expresa el resultado en porcentaje.

Valor Deducido de Daño:

Se obtiene iterativamente, sumando los valores individuales en cada falla, determinándose el VRC con la curva de corrección correcta, con los valores de “Total” y “q” a través de los ábacos.

3.3. Definición y operacionalización de la variable

Tabla 8: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
¿Cuál es la condición actual del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho?	La determinación de patologías encontradas en el pavimento rígido en las pistas del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.	Tipos de patologías que se presentan en los pavimentos de concreto rígido en mención Como: * Fisura transversal, Grieta de Esquina, losa dividida, Punzamiento. *El PCI varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición.	Variabilidad en: *Dimensiones y tipo de patologías del pavimento rígido *Grado de Afectación Nivel deterioro que presenta los pavimentos según el rango.	Tipo de presencia de las patologías en forma: Vertical, Horizontal, Oblicuo Clase de falla *Nivel de severidad Bajo, Medio y Alto. *Rango de calificación del PCI 100 -85(Excelente) 85 – 70(Muy Bueno) 70 – 55(Bueno) 55 – 40(Regular) 40 – 25(Malo) 25 – 10(Muy Malo) 10 – 0(Fallado)

Fuente: Elaboración propia 2017.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica empleada será la evaluación visual, siendo determinante para la recopilación de información, considerado como método de recolección de información de muestra. Para la toma de datos es fundamental contar con los instrumentos necesarios, tales como:

- Wincha, flexometro y/o regla instrumento adecuado para efectuar las mediciones respectivas de los daños a fin de garantizar una evaluación detallada de los pavimentos.

) Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.

) Computadora.

) Cámara fotográfica, con la cual se podrá apreciar en detalladamente las diferentes patologías que presentan los pavimentos.

• Cuadernos de apuntes y/o formatos para la recopilación de datos de campo en forma ordenada para su respectiva evaluación.

• Libros y/o manual del PCI, para la determinación de los diversos tipos de patologías presentes en los pavimentos afectados por ello.

La técnica que se empleara será la Evaluación Visual y toma de datos a través de formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

3.5. Plan de análisis.

El plan de análisis adoptado, se efectuará de la siguiente manera:

) La evaluación se efectuará, teniendo en conocimiento de la ubicación del área de estudio.

) Analizando en forma general, se determinará los diferentes tipos de patologías presentes en los pavimentos.

) La evaluación de los pavimentos se efectuará teniendo en consideración el Nivel de Índice de Condición de Pavimento.

) Cuadros del ámbito de la investigación.

) Cuadros estadísticos de las Patologías existentes.

) Los resultados estarán comprendidos en lo siguiente:

La Ubicación del área de estudio.

Los Tipos de patologías existentes en el pavimento rígido.

Nivel de Índice de Condición de Pavimento en que se encuentre en la actualidad.

Cuadros del ámbito de la investigación.

Cuadros Patologías existentes en el pavimento rígido.

3.6. Matriz de consistencia.

Tabla 9: Matriz de consistencia.

Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del PCI, en las pistas del Jr. callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. callao cuadra 5 y 6 del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho, junio - 2017				
PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	BIBLIOGRAFÍA
<p>Caracterización del Problema:</p> <p>La infraestructura vial del pavimento rígido en el Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, construida con pavimento rígido, en la actualidad presenta diversos daños en su estructura, debido al uso e incremento del parque automotor, y al no tener información al respecto, se realizará la investigación para así determinar los tipos de fallas que presenta la estructura.</p> <p>Con el presente proyecto de investigación se conseguirá conocer la severidad de patologías, y así proponer el mejoramiento de la infraestructura, a fin de brindar mejores condiciones de servicio vial.</p> <p>Enunciado del problema: ¿Cuál es la condición actual del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho?.</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la condición actual del pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho., a partir de la evaluación de las patologías del concreto.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a) Identificar el tipo de patologías del concreto que existen en el pavimento rígido Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.</p> <p>b) Obtener el Índice de Condición de Pavimento rígido Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.</p>	<p>El tipo de investigación :</p> <p>En general el estudio a realizarse es del tipo descriptivo, cual la preponderancia del estudio de los datos, se basa en la descripción de los mismos.</p> <p>Es de corte Transversal porque se analiza en un periodo definido - junio de 2017.</p> <p>Nivel de la investigación. El nivel de la investigación para el presente estudio, de acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio de nivel descriptivo, cuantitativo, Estas últimas basadas en especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones y/o componentes del fenómeno a estudiar propios del proyecto.</p> <p>Cuantitativo, porque predominan los valores numéricos, busca las causas, la explicación de los datos recogidos y utiliza mediciones en sitio.</p> <p>Descriptivo, porque detalla la realidad sin alterarla por ningún motivo.</p> <p>Diseño de la Investigación: Toda la investigación realizada fue del tipo, no experimental, junio-2017.</p> <p>No experimental, porque se estudia y analiza el problema tal como se da en el contexto natural, sin necesidad de recurrir a un laboratorio. Observa fenómenos tal como se dan en su contexto natural y los analiza. El diseño es no experimental con un grupo no equivalentes y la formula es: M ----- O ----- A ----- E</p> <p>Dónde: M = Muestra de estudio. O = observación. A = Análisis E = Evaluación.</p> <p>Dónde: M = Muestra de estudio. O = observación. A = Análisis E = Evaluación.</p> <p>El Universo y Muestra:</p> <p>Para el presente proyecto de investigación, el universo es en el Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.</p> <p>Plan de análisis: Los resultados estarán comprendidos en lo siguiente: La Ubicación del área de estudio. Los Tipos de patologías existentes. Nivel de Índice de Condición de Pavimento. Cuadros del ámbito de la investigación. Cuadros de las Patologías existentes.</p>	<p>Técnicas: Fichaje, Análisis de Contenidos, Encuestas.</p> <p>Instrumentos: Fichas de Investigación y de campo, guías de Observación, cuestionarios.</p> <p>Equipo: Wincha, para medir las longitudes de los daños. Regla, una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones. Cámara fotográfica Computadora (software) Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.</p>	<p>Gonzales M. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de villon alto – distrito de Huaraz – provincia de Huaraz – región Ancash. Repositorio [Seriado en línea].2011. [Citado 2015 Junio 19] disponible en http://erp.uladech.edu.pe/bibliotecavirtual/?ejemplar=0000020974 Entretros autores.</p>

Fuente: Elaboración propia 2017

3.7. Principios éticos.

Los investigadores deben reconocer, prevenir y publicar los alcances de las investigaciones cuando impliquen riesgos para la sociedad. La divulgación pública de la actividad científica debe hacerse con la mayor claridad posible de manera de prevenir interpretaciones erradas de los resultados, fundamentando con rigor las afirmaciones que se hagan respecto de un trabajo o resultados ya obtenidos, evitando expectativas desmedidas. Es necesario considerar si los resultados obtenidos o a obtener ponen en riesgo la supervivencia de los ecosistemas, la vida humana y de otras especies.

El investigador no debe participar en trabajos que de modo directo o indirecto puedan afectar los derechos humanos reconocidos por los convenios internacionales y la Constitución Nacional.

Las evaluaciones de campo, se deben realizar de manera responsable y ordenada, sin alterar el estado en que se encuentre el pavimento.

Solicitar los permisos respectivos a las autoridades correspondientes y explicar de manera concisa los objetivos y justificación de nuestra investigación, antes de iniciar con la investigación pertinente.

Realizar el trabajo con responsabilidad y con veracidad, durante la toma de datos de campo a fin de obtener un resultado real del estado en que se encuentre dicho pavimento.

Tener conocimiento acerca de los tipos de patologías presentes en el pavimento para realizar el análisis correspondiente.

Obtener los resultados reales con las patologías encontradas en las muestras, los mismos que deberán reflejar la visualización del su estado actual.

IV. Resultados.

4.1. Resultados.

Para la obtención de los resultados se realizaron los siguientes procedimientos:

Se inspeccionaron todas las unidades de muestra identificando y clasificando las patologías presentes según su nivel de severidad llevando el registro en las hojas de inspección y registros fotográficos de la infraestructura vial del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho; conformado por las siguientes cuadras: tercera y cuarta cuadra del jirón callao y quinta y sexta cuadra de la prolongación del Jr. Callao.

Se realizó el cálculo para obtención del índice de condición del pavimento en base a los registros de las hojas de inspección siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D 5340 -98, basado en el método PCI.

- Se cuantificaron los daños por cada tipo y nivel de severidad, calculándose la densidad en porcentajes con la ecuación N° 02 para cada tipo de falla.

Se determinó el valor de deducción para cada tipo de falla y nivel de severidad, con los porcentajes de densidad en las curvas de corrección, como se muestran en las figuras 68, 69, 70, 71,72, y 73, respectivamente. Revisar anexo.

- Se calculó el máximo número de valores deducidos permitidos (m), a través de la ecuación N° 3 , en base al valor deducido individual más alto (VAR).

- Se calculó los valores deducidos corregidos con la matriz de los valores de deducción, totalizando por filas y con ello se ubica el (VRC) en la curva de corrección que se muestra en el grafico 2. Revisar anexo.

- Luego se calcularon el PCI en base al máximo valor deducido corregido y

por último con este valor se ingresan en tabla 39 para la calificar según el rango.

Unidad de Muestra 1: Jr. Callao Tercera Cuadra.

En base a las hojas de registros en las tablas, gráficos y figuras, se realizó el procesamiento, y cálculos correspondientes a partir de los datos, con la finalidad de obtener resultados del grado de afectación a la infraestructura vial, en base al análisis de la presente unidad de muestra U1.

En la unidad de muestra 1, se presenta la hoja de inspección tal como se presenta en la Tabla 10. Se evalúa 16 paños; encontrándose fallas de un nivel de severidad baja y media, como se detallan; Grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, parcheo grande y descascaramiento de juntas. Obteniéndose 7 valores deducidos: 42,00; 20,00; 15,00; 13,00; 11,00; 7,00 y 7,00. Visualizándose en las Figuras 28; 29; 30; 31; 32, 33, y 34. Determinándose los Valores Deducidos de acuerdo al porcentaje de densidades obtenidas.

Así mismo en la Figura 35. Densidad de patología y el Tipo de falla, se muestra el mayor valor porcentual de la densidad de 62,50% del total de la muestra evaluada que pertenece a la losa dividida de severidad baja; continuando con 56,25% parcheo grande de baja severidad; 31,25% la grieta lineal con un nivel de severidad baja; descascaramiento de junta con severidad baja con un valor de 31,25%; grieta de esquina con baja severidad de 12,50%; parcheo grande de severidad media de 12,5% y losa dividida de severidad media de 6,25%.

En la Tabla 12, se determina el Cálculo de valor deducido (VDC), iterativamente sumando los valores individuales, a través de la metodología del PCI, obteniéndose como máximo valor reducido corregido (VRC) de 56,00; resultando un Índice de Condición de Pavimento (PCI) de 44,00%, correspondiendo a una clasificación de

pavimento REGULAR.

Tabla 10. Evaluación de unidad de Muestra 1

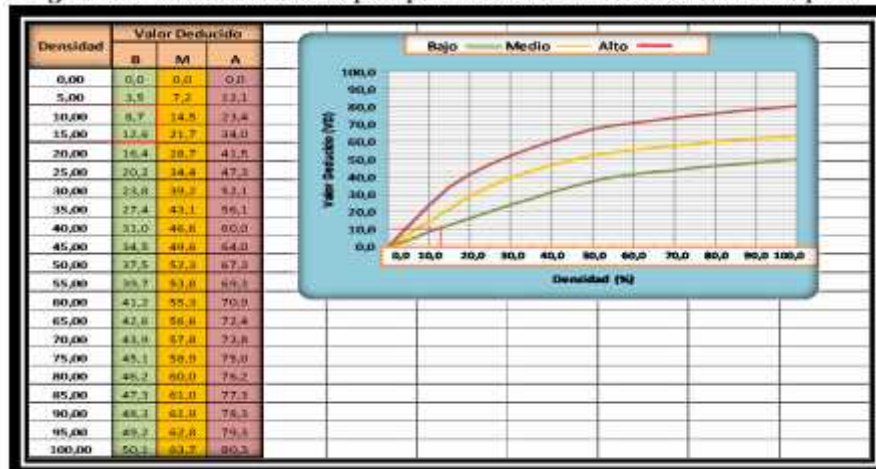
HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA 1						
CALLE :	JIRON CALLAO	N° PAÑOS	16	DIMENSIONES DE PAÑO	8 m X 6m	NIVELES DE SEVERIDAD
CUADRA	3	FECHA :	jun-17			1 BAJA
						2 MEDIA
						3 ALTA
DISTRITO	AYACUCHO	PROV.:	HUAMANGA	DPTO:	AYACUCHO	
EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS						
Evaluación del pavimento: Jirón Callao Tercera Cuadra						
Evaluador: Bach. Edgar Y. Palomino Torres						
Tipos de patologías para la Evaluación de Pavimentos:						
[1]: Rotura por pandeo		[2]: Grieta de Esquina		[3]: Losa Dividida		
[4]: Grieta de Durabilidad "D"		[5]: Escala		[6]: Sello de Junta		
[7]: Desnivel Carril / Berma		[8]: Grieta Lineal		[9]: parcheo (Grande)		
[10]: Rotura por pandeo		[11]: Pulimento de agregados		[12]: Parcheo (Pequeño)		
[13]: Bombeo		[14]: Punzonamiento		[15]: Cruce de Vía Férrea		
[16]: Descascaramiento por agrietamiento		[17]: Grietas de retracción		[18]: Grietas de retracción		
[19]: Descascaramiento de juntas						
Niveles de Severidad = (L): LOW ; (M): MEDIUM ; (H): HIGH						
N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSA	DENSIDAD (%)	VALOR DE REDUCCIÓN	A
2	Grieta de Esquina	L	2	12,5	11	
3	Losa Dividida	L	10	62,5	42	
3	Losa Dividida	M	1	6,25	13	
8	Grieta Lineal	L	5	31,25	15	
9	parcheo (Grande)	L	9	56,25	20	
9	parcheo (Grande)	M	2	12,5	7	
19	Descascaramiento de juntas	L	5	31,25	7	

CUADRO DE LOSAS	
3M	16
3L; 9L; 19L	15
3L; 9L	14
3L; 9M	13
3L; 9L	12
3L; 9L; 19L	11
8L; 19L	10
3L; 9L	9
3L; 9L	8
8L; 19L	7
3L; 9L	6
3L; 9M	5
8L; 2L	4
8L ; 9L; 19L	3
9L; 8L ; 2L	2
3L	1

Fuente: Elaboración Propia (2017)

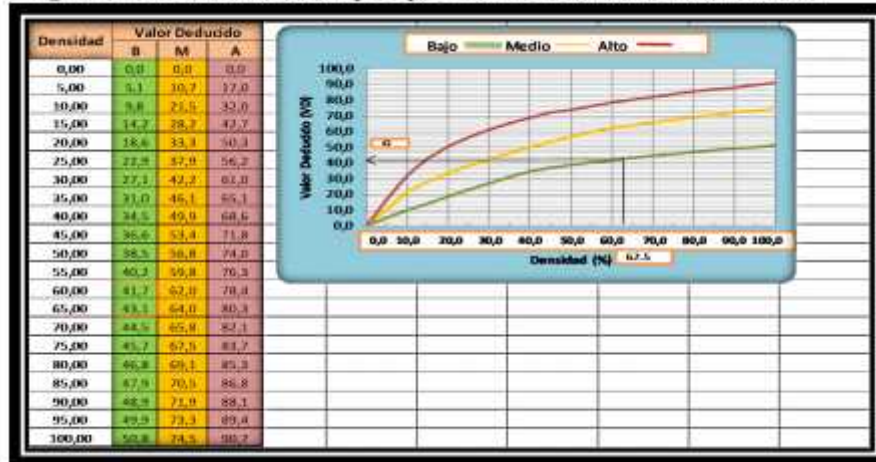
Curvas de “Valor Deducido de Daños”

Figura 28. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina



Fuente: Elaboración propia -2017

Figura 29. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



Fuente: Elaboración propia -2017

Figura 30. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



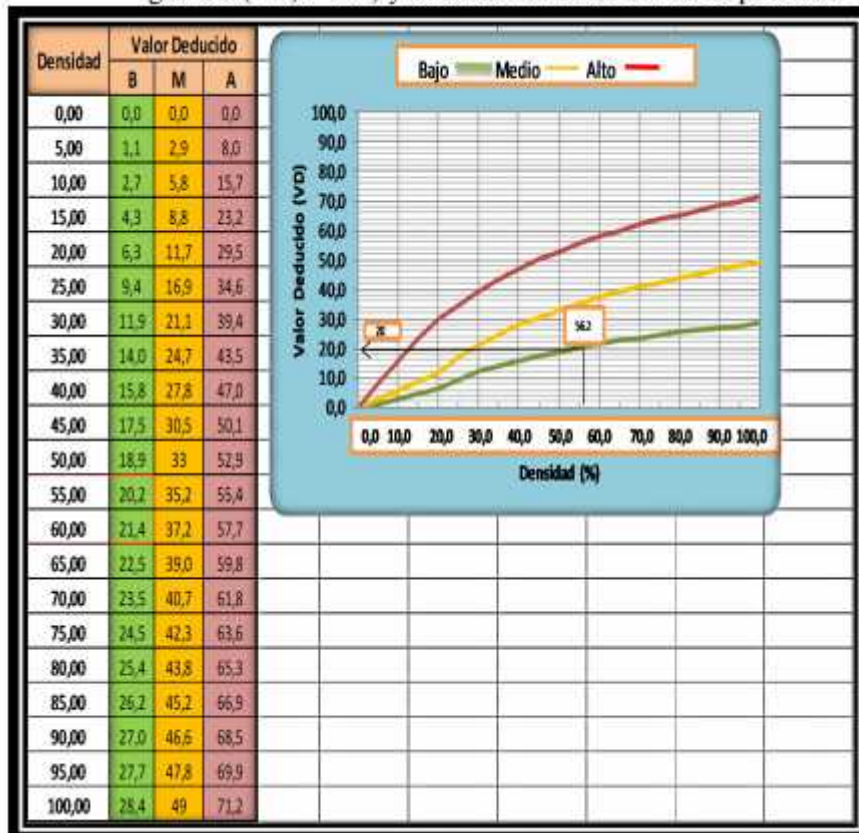
Fuente: Elaboración propia -2017

Figura 31. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales



Fuente: Elaboración propia -2017.

Figura 32. Valores deducidos para pavimentos de concreto parcheo grande (> 0,5 m²) y otra acometida de servicios públicos.



Fuente: Elaboración propia -2017.

Figura 33. Valores deducidos para pavimentos de concreto parcheo grande (> 0,5 m²) y otra acometida de servicios públicos.



Fuente: Elaboración propia -2017.

Figura 34. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascamiento de junta.



Fuente: Elaboración propia -2017.

Tabla 11. Cálculo de VRC para la unidad de Muestra 1

CÁLCULO DE VDC			
CALLE :	JIRÓN CALLAO	CUADRA	3
DETERMINACION DEL MAXIMO DE FALLA PERMITIDAS (m)			
$m=1+ (9/95) * (100 - VAR)$		$m = 1 + (\frac{9}{95})*(100-42)$	
Dónde: m= Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10)			
VAR :	42	m =	6,49

Fuente: Elaboración propia -2017.

Tabla 12. Cálculo de valor deducido(VDC) para la unidad de Muestra 1

	VALOR DE DEDUCCIÓN							TOTAL	q	VDC
1	42,00	20,00	15,00	13,00	11,00	7,00	0,49	108	6	56
2	42,00	20,00	15,00	13,00	11,00	2,00	0,49	103	5	53
3	42,00	20,00	15,00	13,00	2,00	2,00	0,49	94	4	54
4	42,00	20,00	15,00	2,00	2,00	2,00	0,49	83	3	53
5	42,00	20,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,49	70	2	52
6	42,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,49	52	1	52

Fuente: Elaboración propia -2017.

Tabla 13. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de Muestra 1

VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)							INTERPOLACIÓN DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC)			
VDI	q=1	q=2	q=3	q=4	q=5	q=6				
0.00	0.0									
10.00	10.0									
11.00	11.0	1.0								
17.00	17.0	17.0	6.5							
20.00	20.0	16.8	12.0							
27.00	25.0	21.9	15.9	14.0						
30.00	30.0	24.1	18.0	16.0						
35.00	33.0	26.1	21.7	19.2	13.0					
40.00	40.0	32.6	25.4	22.5	18.0					
50.00	50.0	39.5	32.0	28.0	24.0					
57.00	55.0	44.8	36.9	33.4	28.2	23.2				
60.00	60.0	46.8	38.5	35.2	30.0	25.0				
70.00	70.0	52.1	43.0	41.0	36.0	30.0				
80.00	80.0	56.5	47.4	47.0	41.5	35.0				
80.00	80.0	64.3	52.4	47.0	47.0	38.5				
100.00	100.0	70.8	63.0	56.0	52.0	44.0				
110.00		73.1	65.5	63.0	57.0	49.0				
130.00		81.4	74.0	67.8	62.0	55.5				
130.00		84.8	78.9	72.5	68.5	60.0				
140.00		90.1	84.0	77.0	75.0	62.5				
130.00		85.8	88.4	81.5	79.0	67.0				
140.00		89.5	93.0	85.5	78.0	71.0				
141.00	100.0	93.4	96.0	79.4	71.4					
130.00		97.0	99.8	83.0	75.0					
170.00		100.0	92.6	85.5	77.8					
180.00			94.0	88.6	79.0					
190.00			98.0	90.0	82.5					
195.00			100.0	95.3	84.3					
200.00				94.0	86.0					

VDC	q	Total VD	83		
80	51,4	q	3		
90	57,4	VDC	53		
$10 \left[\begin{array}{l} 80 \quad \text{---} \quad 51,4 \\ 83 \quad \text{---} \quad x \\ 90 \quad \text{---} \quad 57,4 \end{array} \right] 6$					
$10 \left[\begin{array}{l} 7 \quad \text{---} \quad 6 \\ 7 \quad \text{---} \quad x \end{array} \right]$					
X= 3,906					
X= 53,494					

Fuente: Elaboración propia -2017.

Tabla 14. Clasificación según el PCI para la unidad de Muestra 1.

RANGO DE CLASIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	85	Excelente
85	70	Muy Bueno
70	55	Bueno
55	40	Regular
40	25	Malo
25	10	Muy Malo
10	0	Fallado

Fuente: Elaboración Propia 2017

Cálculo del PCI de la unidad de Muestra U1

Máximo VRC = 56

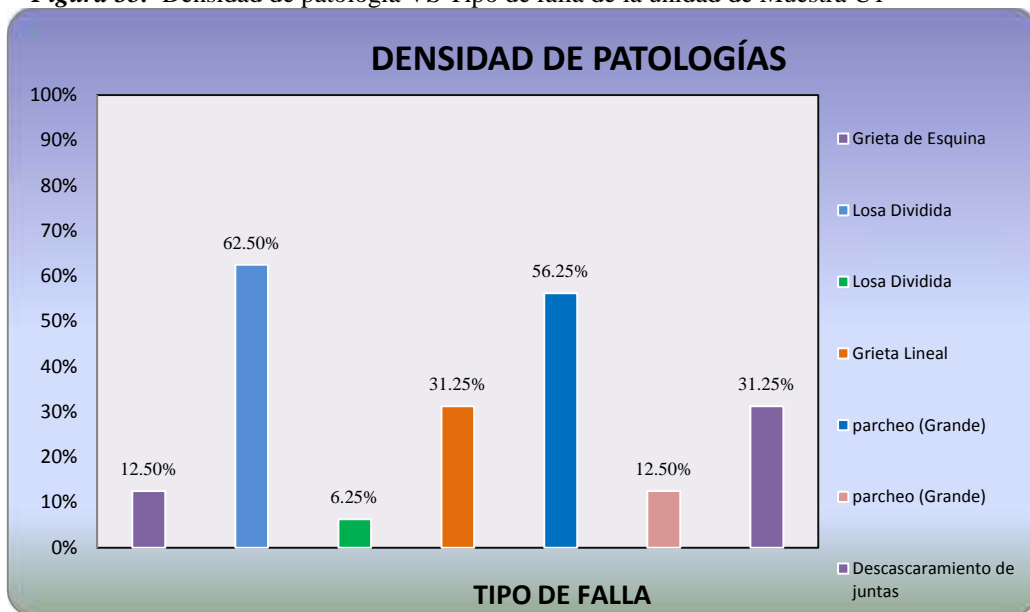
$$PCI = 100 - M \quad V$$

PCI = 100 - 56

PCI = 44

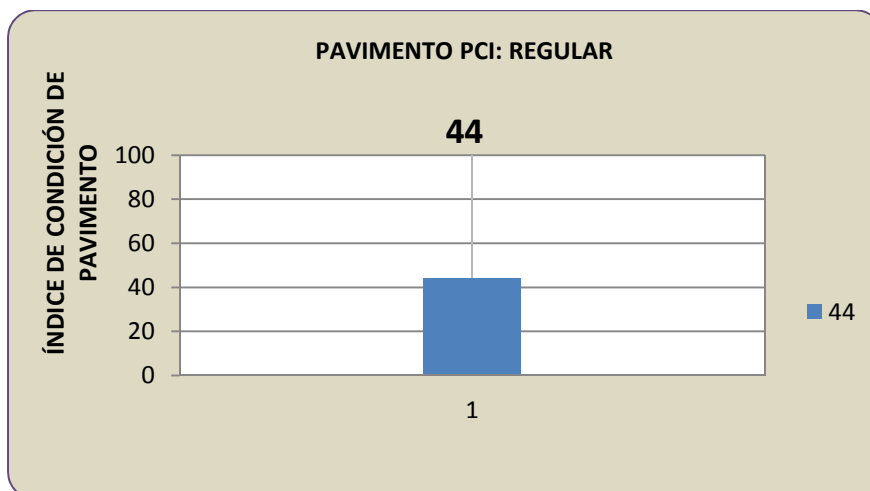
Clasificación = REGULAR

Figura 35. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de Muestra U1



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 36. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de Muestra U1



Fuente: Elaboración propia, unidad de muestra U1 - Fecha: 01 de Junio del 2017

Unidad de Muestra 2: Jr. Callao Cuarta Cuadra.

- De acuerdo a las hojas de registros y las tablas, gráficos y figuras, se efectuó el procesamiento, y cálculos a partir de los datos, con el fin de obtener resultados y grados de afectación a la infraestructura vial en estudio, en base al análisis de la presente unidad de muestra U2.
- En la unidad de muestra 2, se presenta la hoja de inspección tal como se presenta en la **Tabla 15**. Se evalúa 48 paños; encontrándose fallas de un nivel de severidad baja, Grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, parcheo grande y descascaramiento de juntas. Obteniéndose 5 valores deducidos: 21,00; 18,00; 18,00; 12,00; y 8,00. A través de las *Figuras 37.; 38; 39; 40; y 41*, se determinó los Valores Deducidos de acuerdo al porcentaje de densidades obtenidas.
- Así mismo en la **Figura 42**, Densidad de patología y el Tipo de falla, se muestra el mayor valor porcentual de la densidad de 68,75% del total de la muestra evaluada que pertenece a la grieta lineal de severidad baja;

continuando con 45,83% parcheo grande de baja severidad; 43,75% descascaramiento de junta con un nivel de severidad baja; losa dividida con severidad baja con un valor de 18,75%; grieta de esquina con baja severidad de 14,58%, respectivamente.

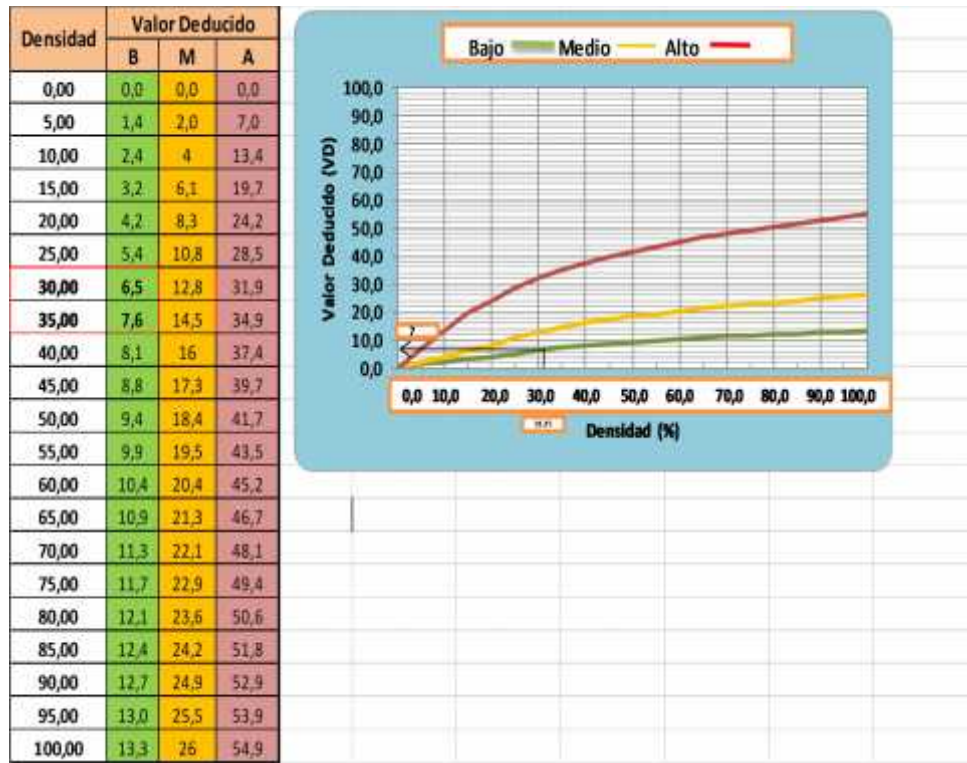
- En la **Tabla 17**, se determina el Cálculo de valor deducido (VDC), iterativamente sumando los valores individuales, a través de la metodología del PCI, obteniéndose como máximo valor reducido corregido (VRC) de 41,00; resultando un Índice de Condición de Pavimento (PCI) de 59,00%, correspondiendo a una clasificación de pavimento BUENO.

Tabla 15. Evaluación de unidad de Muestra 2

HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA								
2								
CALLE :	JIRON CALLAO	N° PAÑOS	48	DIMENSIONES DE PAÑO	3 m X 6m	NIVELES DE SEVERIDAD		
CUADRA	4	FECHA :	jun-17			1 BAJA		
						2 MEDIA		
						3 ALTA		
DISTRITO	AYACUCHO	PROV.: HUAMANGA		DPTO: AYACUCHO				
EVALUACION DE PATOLOGIAS						CUADRO DE LOSAS		
Evaluación del pavimento: Jirón Callao Cuarta Cuadra						2L	8L	25
Evaluador: Bach. Edgar Y. Palomino Torres						8L	8L;3L;9L	24
Tipos de patologías para la Evaluación de Pavimentos:						8L	8L	23
[1]: Rotura por pandeo						8L;19L	8L;19L	22
[2]: Grieta de Esquina						8L	8L;19L	21
[3]: Losa Dividida						8L	8L	20
[4]: Grieta de Durabilidad "D"						8L	3L	19
[5]: Escala						8L		18
[6]: Sello de Junta						3L;8L;19L	3L;19L	17
[7]: Desnivel Carril / Berma						3L;8L	9L;19L	16
[8]: Grieta Lineal						2L;8L	2L;8L	15
[9]: parcheo (Grande)						9L;3L;19L	8L;19L;2L	14
[10]: Rotura por pandeo						9L;2L;19L	9L;8L	13
[11]: Pulimento de agregados						3L;19L	8L;19L	12
[12]: Parcheo (Pequeño)						3L;9L	3L;19L	11
[13]: Bombeo						8L;9L	9L;8L	10
[14]: Punzonamiento						8L;9L; 19L	9L;8L	9
[15]: Cruce de Vía Férrea						8L;9L	9L;19L	8
[16]: Descascaramiento por agrietamiento						8L;19L;;2L	9L	7
[17]: Grietas de retracción						8L;19L	9L;19L	6
[18]: Grietas de retracción						8L	9L	5
[19]: Descascaramiento de juntas						9L;8L; 19L	9L;8L	4
[19]: Descascaramiento de juntas						9L; 8L;2L	9L; 8L	3
Niveles de Severidad = (L): LOW ; (M): MEDIUM ; (H): HIGH						9L; 8L		2
N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSA	DENSIDAD (%)	VALOR DE REDUCCIÓN	9L; 19L	9L; 19L	1
2	Grieta de Esquina	L	7	14,58	12	B A		
3	Losa Dividida	L	9	18,75	18			
8	Grieta Lineal	L	33	68,75	21			
9	parcheo (Grande)	L	22	45,83	18			
19	Descascaramiento de juntas	L	21	43,75	8			
			92					

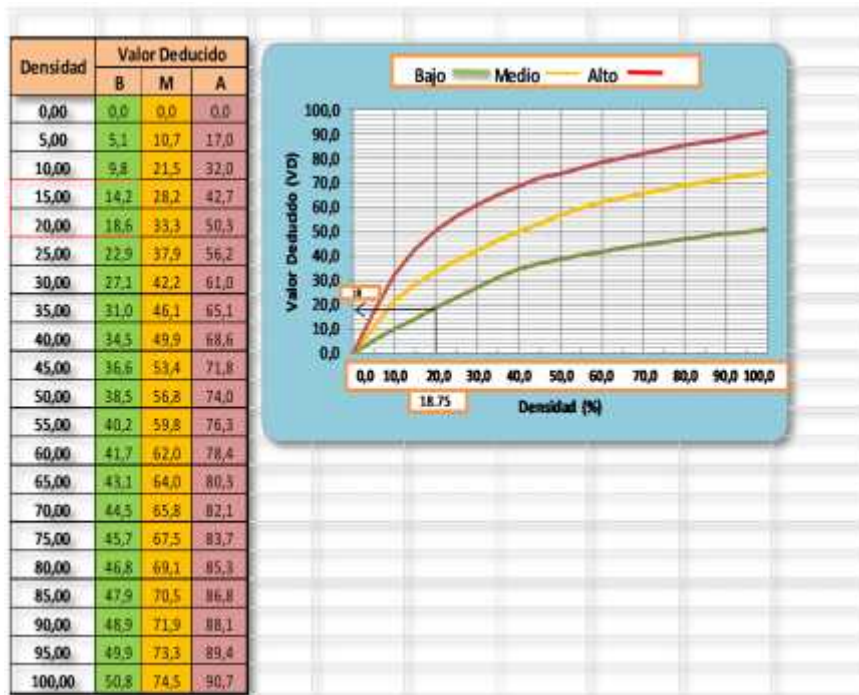
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 37. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina.



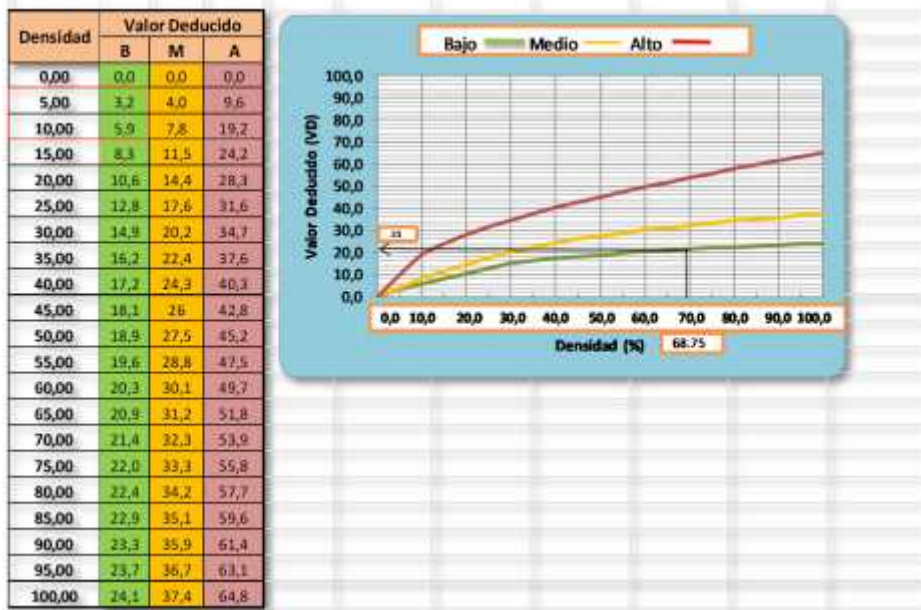
Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 38. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



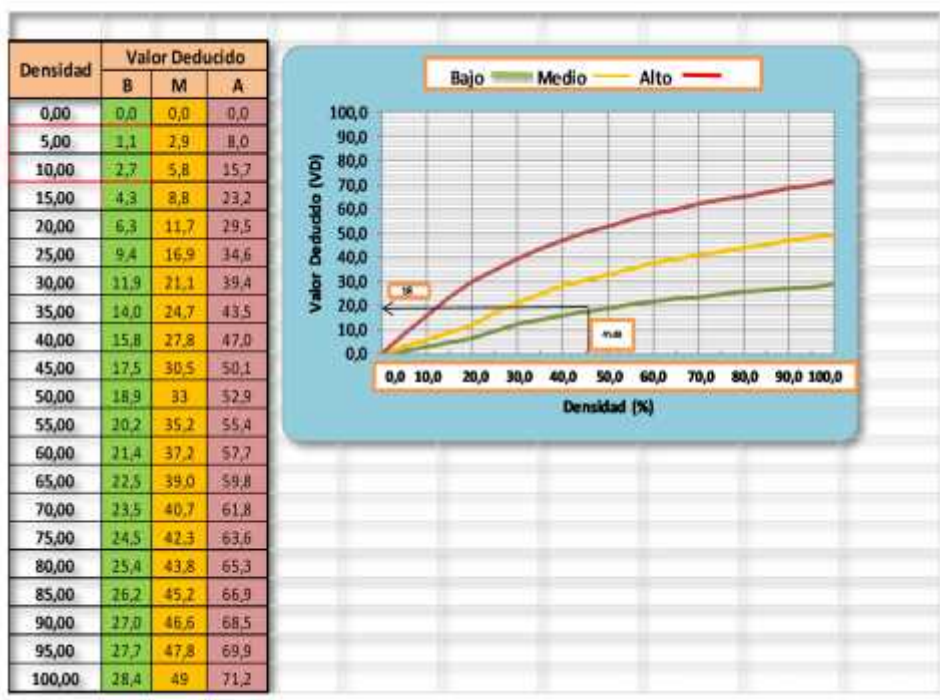
Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 39. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 40. Valores deducidos para pavimentos de concreto Parcheo Grande



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 41. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta.



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 16. Cálculo de VRC para la unidad de Muestra 2

CÁLCULO DE VDC			
CALLE :	JIRÓN CALLAO	CUADRA	4
DETERMINACIÓN DEL MÁXIMO DE FALLA PERMITIDAS (m)			
$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) * (100 - VAR)$		$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) * (100 - 21)$	
Donde:			
m= Número permitido de VRs incluyendo fracciones(debe ser menor o igual a 10)			
VAR :	21	m =	8,48

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 17. Cálculo de valor deducido(VDC) para la unidad de Muestra 2

	VALOR DE DEDUCCIÓN						TOTAL	q	VDC
1	21,00	18,00	18,00	12,00	8,00	0,48	77	5	40
2	21,00	18,00	18,00	12,00	2,00	0,48	71	4	41
3	21,00	18,00	18,00	2,00	2,00	0,48	61	3	39
4	21,00	18,00	2,00	2,00	2,00	0,48	45	2	36
5	21,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,48	29	1	29

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 18. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de Muestra 2

VDT	Valor Deducido Corregido (VDC)					
	q=1	q=2	q=3	q=4	q=5	q=6
0.00	0.0					
16.00	16.0					
17.00	17.0	5.0				
20.00	20.0	11.7	8.1			
27.00	27.0	15.0	11.0			
32.00	32.0	21.9	13.9	14.6		
35.00	35.0	24.5	16.0	16.0		
37.00	37.0	26.5	17.7	19.2	13.0	
40.00	40.0	32.0	22.4	22.5	18.0	
50.00	50.0	39.5	27.0	29.0	24.0	
57.00	57.0	44.0	36.0	33.4	28.2	23.7
60.00	60.0	45.0	36.5	35.2	30.0	25.0
70.00	70.0	52.5	45.0	41.0	36.0	30.0
80.00	80.0	58.5	51.4	47.0	41.5	35.0
90.00	90.0	64.5	57.4	52.5	47.0	39.5
100.00	100.0	70.0	63.0	58.0	52.0	44.0
110.00		75.2	68.3	63.0	57.0	49.0
120.00		81.0	74.0	67.8	62.0	53.5
130.00		86.0	78.9	72.5	66.5	58.0
140.00		90.5	84.0	77.0	71.0	62.5
150.00		95.0	88.4	81.5	75.0	67.0
160.00		99.5	93.0	85.5	79.0	71.0
161.00		100.0	93.4	86.0	79.4	71.4
170.00			97.0	89.6	83.0	75.0
177.00			100.0	92.0	85.5	77.0
180.00				93.0	86.5	79.0
190.00				98.0	90.0	82.5
195.00				100.0	91.2	84.5
200.00					93.0	86.0

INTERPOLACIÓN DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC)			
VDC	q	Total VD	61
40	32	q	2
50	39,5	VDC	36

$\left[\begin{array}{l} 40 \\ 45 \\ 50 \end{array} \right. \begin{array}{l} 32 \\ x \\ 39,5 \end{array} \left. \right] 7,5$
 $\left[\begin{array}{l} 10 \\ 5 \end{array} \right. \begin{array}{l} 7,5 \\ x \end{array} \left. \right]$
 $X = 3,39$
 $X = 36,11$

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 19. Clasificación según el PCI para la unidad de Muestra 2

RANGO DE CLASIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	85	Excelente
85	70	Muy Bueno
70	55	Bueno
55	40	Regular
40	25	Malo
25	10	Muy Malo
10	0	Fallado

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Cálculo del PCI de la unidad de Muestra U2

Máximo VRC = 41

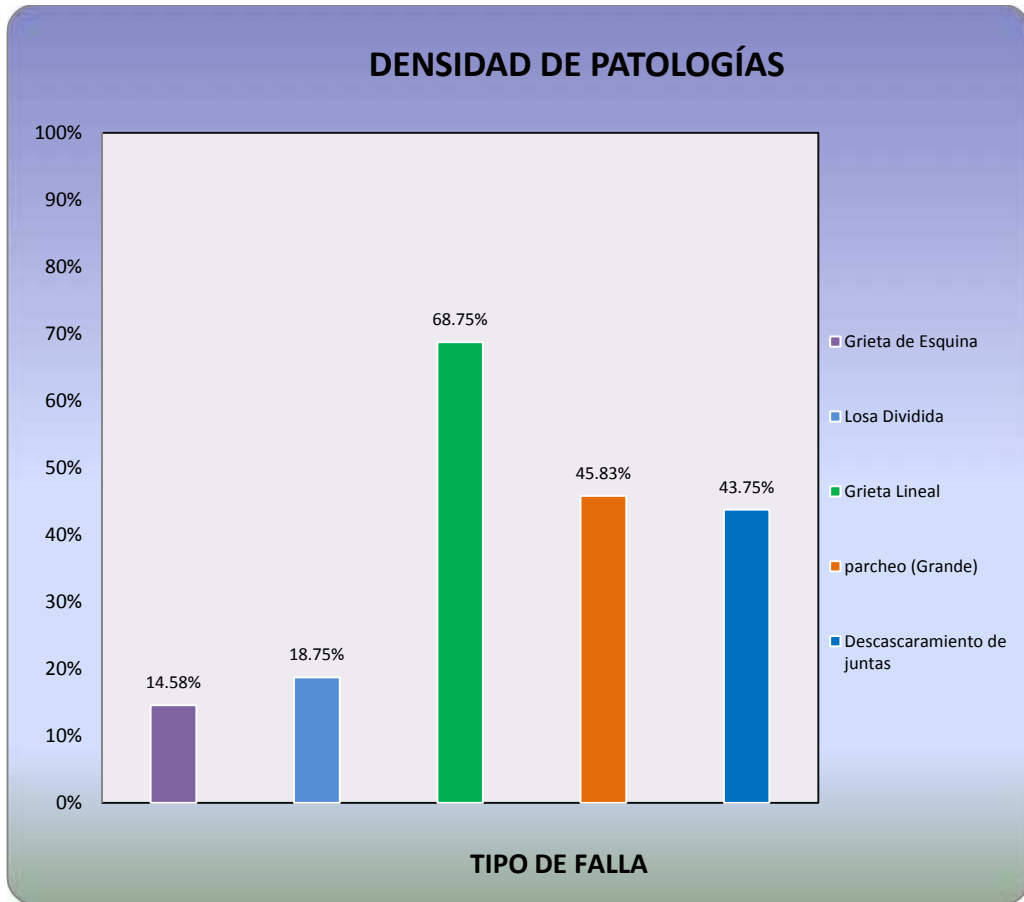
$$PCI = 100 - M - V$$

PCI = 100 - 41

PCI = 59

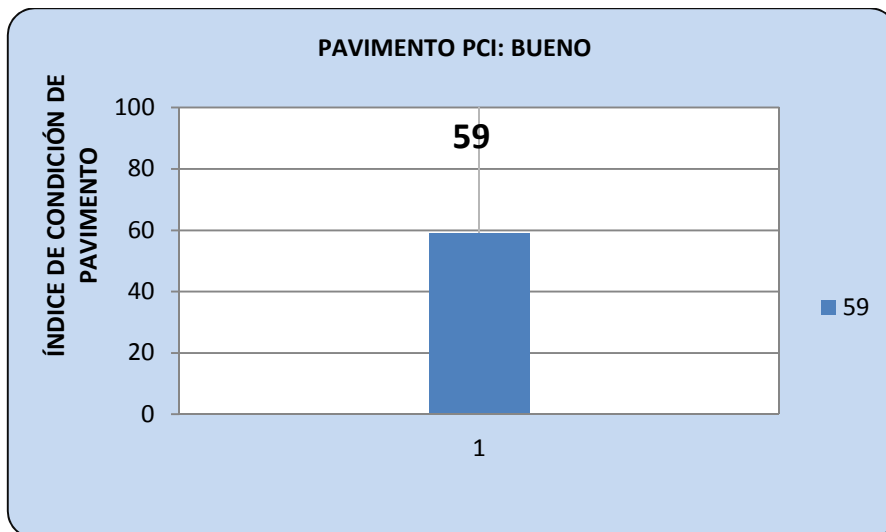
Clasificación = BUENO

Figura 42. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de Muestra U2



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 43. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de Muestra U2



Fuente: Elaboración Propia 2017..

Unidad de Muestra 3: Prolg. Jr. Callao Quinta Cuadra.

- De acuerdo a las hojas de registros y las tablas, gráficos y figuras, se efectuó el procesamiento, y cálculos a partir de los datos, con el fin de obtener resultados y grados de afectación a la infraestructura vial en estudio, en base al análisis de la presente unidad de muestra 3.
 - En la unidad de muestra 3, se presenta la hoja de inspección tal como se presenta en la **Tabla 20**. Se evalúa 35 paños; encontrándose fallas de un nivel de severidad baja y severidad Alta, que se muestra en la secuencia: Grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, parcheo grande, Punzamiento y descascaramiento de juntas. Obteniéndose 6 valores deducidos: 28,00; 19,00; 18,00; 10,00; 9,0 y 6,0, respectivamente. Manifiestas en las **Figuras 44; 45; 46; 47; 48; 49; y 50**, determinándose los Valores Deducidos de acuerdo al porcentaje de densidades obtenidas.
 - Así mismo en la **Figura 51**, densidad de patología y el Tipo de falla, se muestra el mayor valor porcentual de la densidad de 48,57% del total de la muestra evaluada que pertenece a la grieta lineal de severidad baja; continuando con 25,71% parcheo grande de baja severidad; 28,57% descascaramiento de junta con un nivel de severidad baja; losa dividida con severidad baja con un valor de 31,43%; grieta de esquina con baja severidad de 22,86%, Punzamiento de severidad alta de 2,86%, respectivamente.
 - En la **Tabla 22**, se determina el Cálculo de valor deducido (VDC), iterativamente sumando los valores individuales, a través de la metodología del PCI, obteniéndose como máximo valor reducido corregido (VRC) de 48,00;
- resultando un Índice de Condición de Pavimento (PCI) de 52,00%, correspondiendo

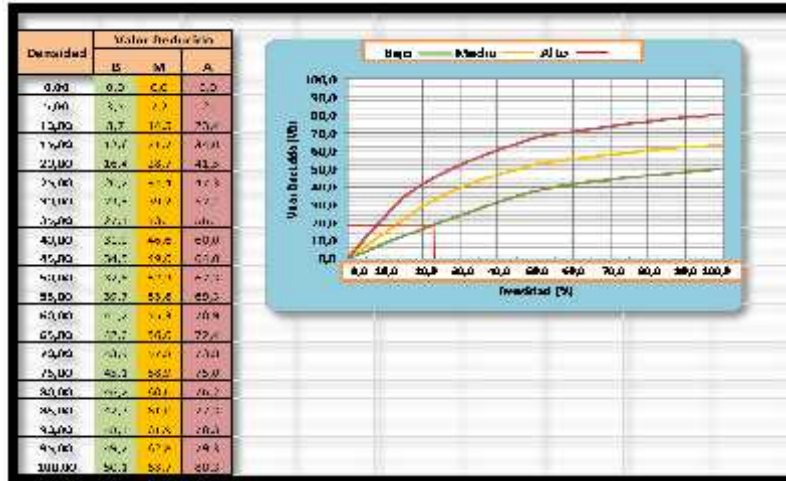
a una clasificación de pavimento REGULAR.

Tabla 20. Evaluación de unidad de Muestra 3

HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA 3								
CALLE :	PROLONGACIÓN JIRON CALLAO	Nº PAÑOS	35	DIMENSIONES DE PAÑO	6.5 m X 3m	NIVELES DE SEVERIDAD		
						1	BAJA	
CUADRA	5	FECHA :	jun-17			2	MEDIA	
						3	ALTA	
DISTRITO	AYACUCHO	PROV.: HUAMANGA		DPTO: AYACUCHO				
EVALUACION DE PATOLOGIAS						CUADRO DE LOSAS		
Evaluación del pavimento: Prolongación Jirón Callao Quinta Cuadra						8L;9L	3L;19L	18
Evaluador: Bach. Edgar Y. Palomino Torres						3L	2L;8L	17
Tipos de patologías para la Evaluación de Pavimentos:						8L	8L;19L	16
[1]: Rotura por pandeo						8L	2L;19L	15
[2]: Grieta de Esquina						3L;2L	14H	14
[3]: Losa Dividida						3L	8L	13
[4]: Grieta de Durabilidad "D"						2L	8L;19L	12
[5]: Escala						8L	3L;9L	11
[6]: Sello de Junta						2L;9L	3L;19L	10
[7]: Desnivel Carril / Berma						8L	9L	9
[8]: Grieta Lineal						8L;2L	9L;19L	8
[9]: parcheo (Grande)						8L	8L	7
[10]: Rotura por pandeo						9L;2L	8L	6
[11]: Pulimento de agregados						8L;9L	8L;9L;19L	5
[12]: Parcheo (Pequeño)						8L;9L	2L;8L	4
[13]: Bombeo						3L;19L		3
[14]: Punzonamiento						3L;19L	3L	2
[15]: Cruce de Vía Férrea						3L;19L	3L	1
[16]: Descascaramiento por agrietamiento								
[17]: Grietas de retracción								
[18]: Grietas de retracción								
[19]: Descascaramiento de juntas								
Niveles de Severidad = (L): LOW ; (M): MEDIUM ; (H): HIGH								
Nº	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSA	DENSIDAD (%)	VALOR DE REDUCCIÓN			
2	Grieta de Esquina	L	8	22,86	19			
3	Losa Dividida	L	11	31,43	28			
8	Grieta Lineal	L	17	48,57	18			
9	parcheo (Grande)	L	9	25,71	10			
14	Punzamiento	H	1	2,86	9			
19	Descascaramiento de juntas	L	10	28,57	6			
						B	A	

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 44. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina



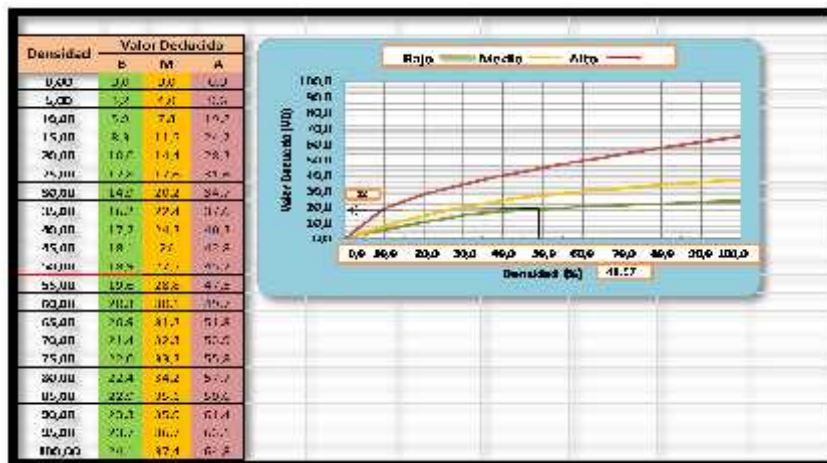
Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 45. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 46. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 47. Valores deducidos para pavimentos de concreto parcheo grande (> 0,5 M2)



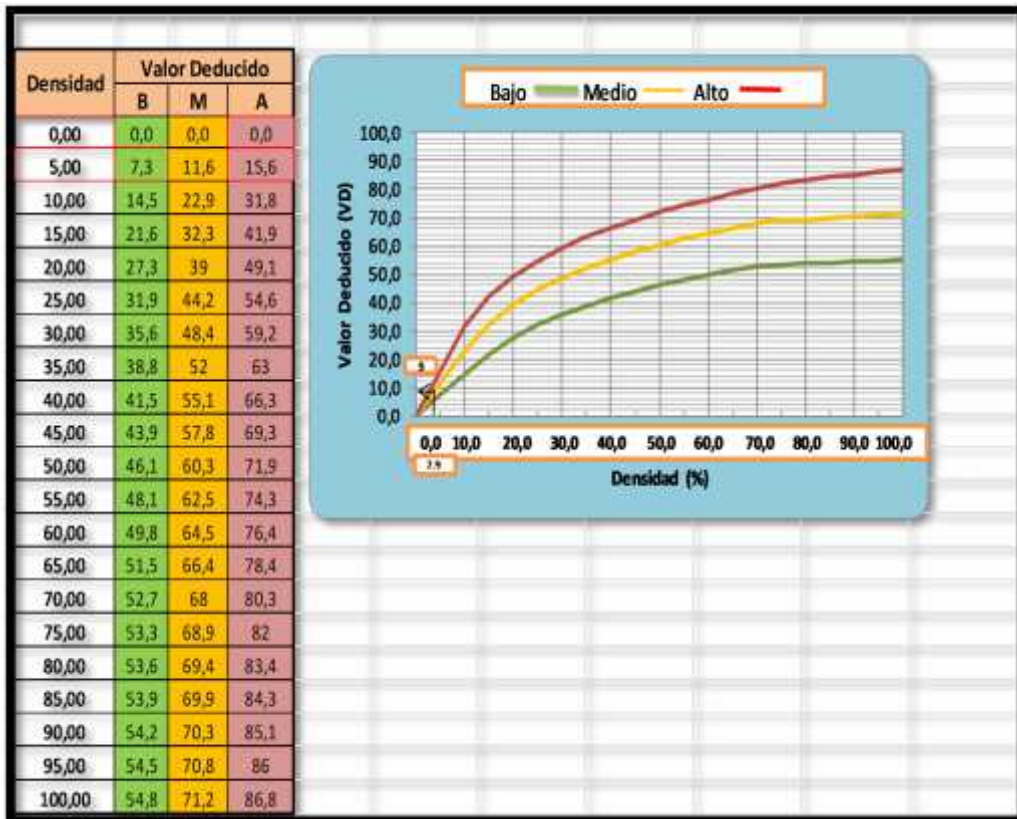
Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 48. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 49. Valores deducidos para pavimentos de concreto punzamiento



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 50. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta



Fuente: Elaboración Propia 2017

Tabla 21. Cálculo de VRC para la unidad de Muestra 3

CÁLCULO DE VDC			
CALLE :	PROLONGACIÓN JIRÓN CALLAO	CUADRA	4
DETERMINACIÓN DEL MÁXIMO DE FALLA PERMITIDAS (m)			
$m = 1 + \left(\frac{q}{9}\right) * (100 - \text{VAR})$			
Donde:			
m= Número permitido de VRs incluyendo fracciones(debe ser menor o igual a 10)			
VAR :	28	m =	7.82

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 22. Calculo de valor deducido(VDC) para la unidad de Muestra 3

	VALOR DE DEDUCCIÓN							TOTAL	q	VDC
1	28.00	19.00	18.00	10.00	9.00	6.00	0.82	91	6	48
2	28.00	19.00	18.00	10.00	9.00	2.00	0.82	87	5	45
3	28.00	19.00	18.00	10.00	2.00	2.00	0.82	80	4	47
4	28.00	19.00	18.00	2.00	2.00	2.00	0.82	72	3	47
5	28.00	19.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.82	56	2	43
6	28.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.82	39	1	39

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 23. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de Muestra 3

VDT	Valor Deducido Corregido (VDC)					
	q=1	q=2	q=3	q=4	q=5	q=6
5.00	0.0					
10.00	10.0					
11.00	11.0	8.0				
12.00	12.0	13.3	8.5			
20.00	20.0	18.0	13.0			
27.00	27.0	20.0	15.0	14.0		
30.00	30.0	24.3	18.0	16.0		
35.00	35.0	28.3	21.7	19.2	17.0	
40.00	40.0	32.0	25.4	22.5	19.0	
50.00	50.0	38.5	31.0	29.0	24.3	
57.00	57.0	44.0	36.0	33.0	28.2	25.2
60.00	60.0	46.0	38.5	35.2	30.0	25.0
70.00	70.0	52.3	43.0	41.0	36.0	30.0
80.00	80.0	58.3	47.4	47.0	41.7	33.0
90.00	90.0	64.3	51.4	52.5	47.0	39.2
100.00	100.0	70.0	55.0	58.0	52.0	44.0
110.00		75.3	58.5	63.0	57.0	49.0
120.00		81.0	61.0	67.8	62.0	53.2
130.00		86.0	63.0	72.5	66.5	58.0
140.00		90.3	64.0	77.0	71.0	62.2
150.00		95.0	64.4	81.5	75.0	67.0
160.00		99.3	63.0	85.5	79.0	71.0
180.00	100.0		65.4	88.0	79.4	71.4
190.00			67.0	89.0	83.0	75.0
197.50			100.0	92.6	85.3	77.8
198.00				94.0	86.5	79.0
199.00				98.0	88.2	82.2
199.50				100.0	89.3	84.1
200.00					92.0	86.0

INTERPOLACIÓN DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC)			
VDC	q	Total VD	56
60	46	q	2
70	52.5	VDC	43
10	60	46	
	56	x	6.5
	70	52.5	
10		6.5	
14		x	
X=		9.217	
X=		43.283	

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 24. Clasificación según el PCI para la unidad de Muestra 3.

RANGO DE CLASIFICACION DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	85	Excelente
85	70	Muy Bueno
70	55	Bueno
55	40	Regular
40	25	Malo
25	10	Muy Malo
10	0	Fallado

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Cálculo del PCI de la unidad de Muestra U3

Máximo VRC = 48

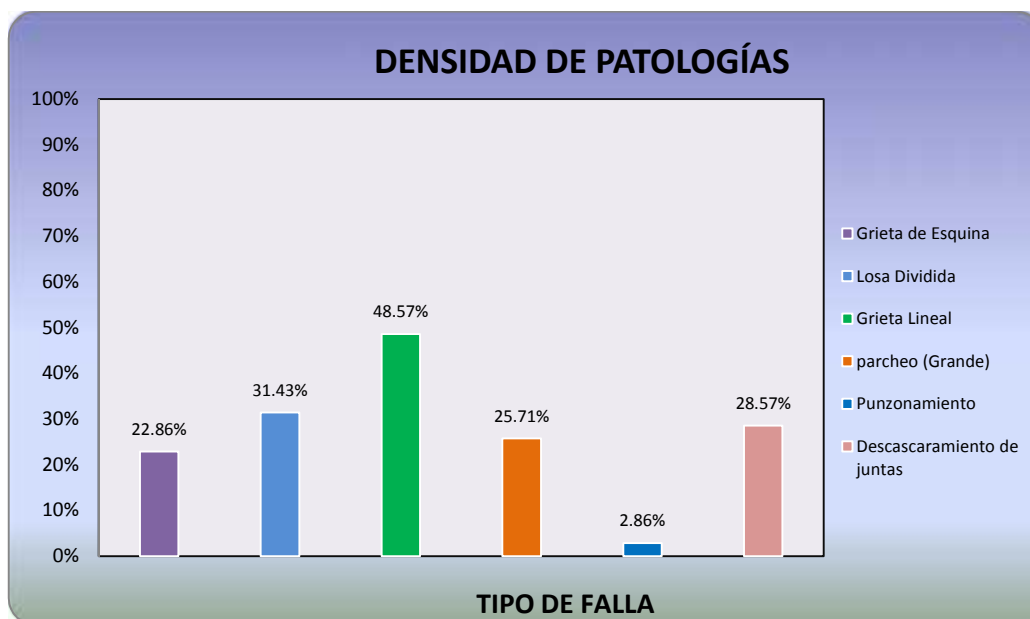
$$PCI = 100 - \frac{M}{V} \times 100$$

PCI = 100 - 48

PCI = 52

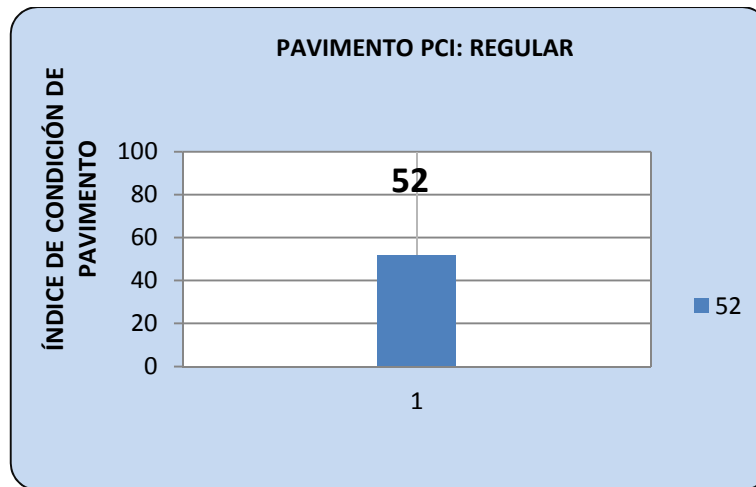
Clasificación = REGULAR

Figura 51. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de Muestra U3



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 52. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de Muestra U3



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Unidad de Muestra 4: Prolg. Jr. Callao Sexta Cuadra.

- Utilizando las hojas de registros y las tablas, gráficos y figuras, se efectuó el procesamiento, y cálculos a partir de los datos, con el fin de obtener resultados y grados de afectación a la infraestructura vial en estudio, en base al análisis de la presente unidad de muestra 4.
- En la unidad de muestra 4, se presenta la hoja de inspección tal como se presenta en la **Tabla 25**. Se evalúa 28 paños; encontrándose fallas de un nivel de severidad Baja, severidad Media y severidad Alta, que fueron los siguientes: Grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, parcheo grande, Punzamiento y descascaramiento de juntas. Obteniéndose 8 valores deducidos: 58,00; 33,00; 22,00; 14,00; 14,0; 9,0; 4,0 y 3,0, respectivamente. ver **Figuras 53.; 54; 55; 56; 57; 58; 59 y 60**, se determinó los Valores Deducidos de acuerdo al porcentaje de densidades obtenidas.
- En la **Figura 61**, Densidad de patología y el Tipo de falla, se muestra el mayor valor porcentual de la densidad de 28,57% del total de la muestra

evaluada que pertenece a la grieta lineal de severidad baja; continuando con 10,71% parcheo grande de baja severidad; 21,43% descascaramiento de junta con un nivel de severidad baja; losa dividida con severidad baja con un valor de 14,29%; losa dividida con severidad media con un valor de 10,71%; losa dividida con severidad alta con un valor de 10,71%; grieta de esquina con baja severidad de 10,71%, Punzamiento de severidad alta de 28,57%, respectivamente.

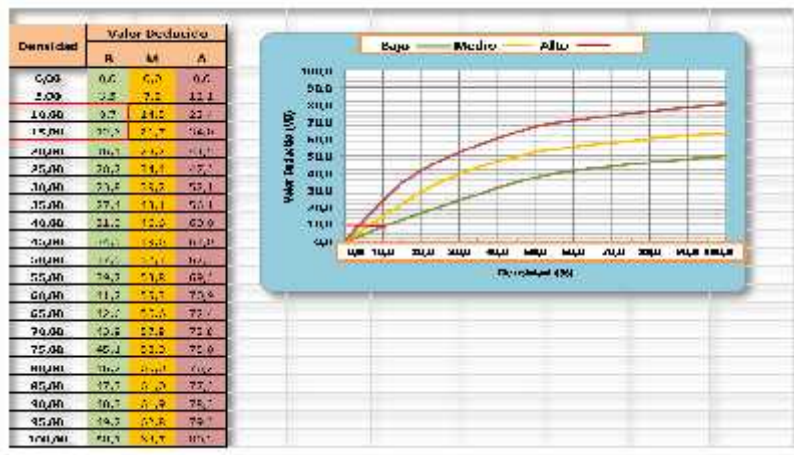
- En la **Tabla 26**, se determina el Cálculo de valor deducido (VDC), iterativamente sumando los valores individuales, a través de la metodología del PCI, obteniéndose como máximo valor reducido corregido (VRC) de 76,00; resultando un Índice de Condición de Pavimento (PCI) de 24,00%, correspondiendo a una clasificación de pavimento MUY MALO.

Tabla 25. Evaluación de unidad de Muestra 4

HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA 4								
CALLE :	PROLONGACIÓN JIRON CALLAO	Nº PAÑOS	28	DIMENSIONES DE PAÑO	7 m X 3m	NIVELES DE SEVERIDAD		
						1	BAJA	
CUADRA	6	FECHA :	jun-17			2	MEDIA	
						3	ALTA	
DISTRITO	AYACUCHO	PROV.:	HUAMANGA	DPTO:	AYACUCHO			
EVALUACIÓN DE PATOLOGIAS						CUADRO DE LOSAS		
Evaluación del pavimento: Prolongación Jirón Callao Sexta Cuadra						19L	19L;2L	14
Evaluador: Bach. Edgar Y. Palomino Torres						8L;2L	8L	13
Tipos de patologías para la Evaluación de Pavimentos:						8L;2L	8L	12
[1]: Rotura por pandeo [2]: Grieta de Esquina [3]: Losa Dividida [4]: Grieta de Durabilidad "D" [5]: Escala [6]: Sello de Junta [7]: Desnivel Carril / Berma [8]: Grieta Lineal [9]: parcheo (Grande) [10]: Rotura por pandeo [11]: Pulimento de agregados [12]: Parcheo (Pequeño) [13]: Bombeo [14]: Punzonamiento [15]: Cruce de Vía Férrea [16]: Descascaramiento por agrietamiento [17]: Grietas de retracción [18]: Grietas de retracción [19]: Descascaramiento de juntas						3L	14H;19L	11
						3M	3L	10
						3M	3M	9
						3H	3H	8
						8L;14H;9L	3H	7
						8L;14H	14H;19L	6
						8L	14H;9L	5
						8L	19L;8L	4
						3L	9L	3
						3L	14H	2
14H	14;19L	1						
Niveles de Severidad = (L): LOW ; (M): MEDIUM ; (H): HIGH						B	A	
Nº	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSA	DENSIDAD (%)	VALOR DE REDUCCIÓN			
2	Grieta de Esquina	L	3	10,71	9			
3	Losa Dividida	L	4	14,29	14			
3	Losa Dividida	M	3	10,71	22			
3	Losa Dividida	H	3	10,71	33			
8	Grieta Lineal	L	8	28,57	14			
9	parcheo (Grande)	L	3	10,71	3			
14	Punzonamiento	H	8	28,57	58			
19	Descascaramiento de juntas	L	6	21,43	4			

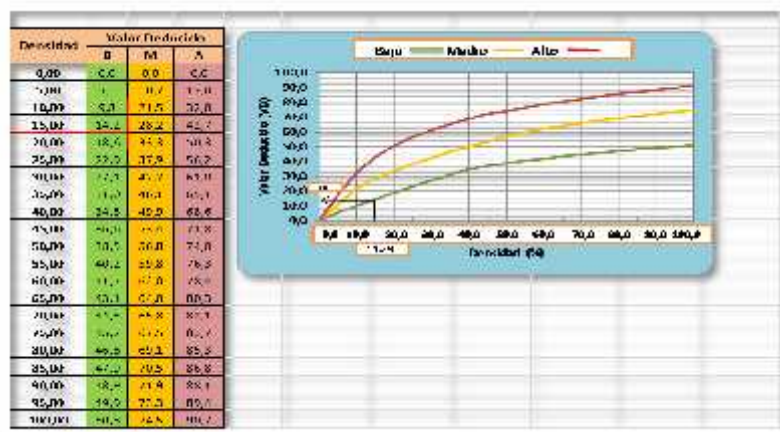
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 53. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grieta de Esquina



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 54. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



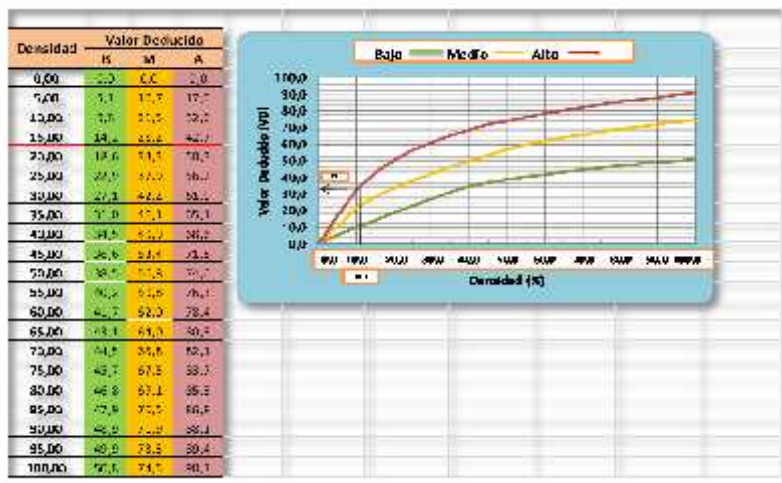
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 55. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



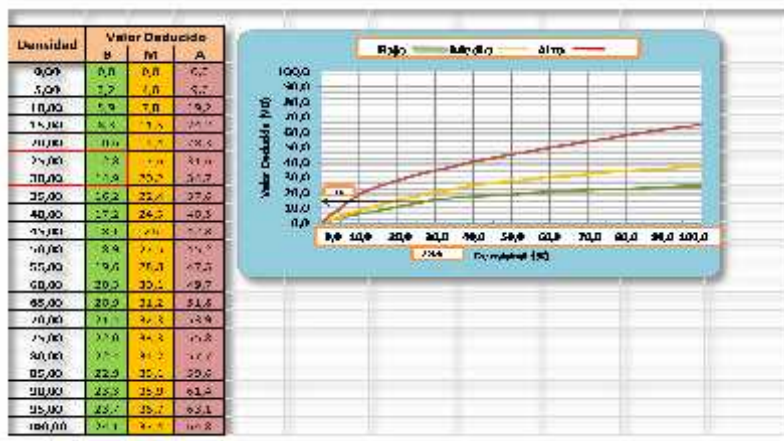
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 56. Valores deducidos para pavimentos de concreto Losa Dividida



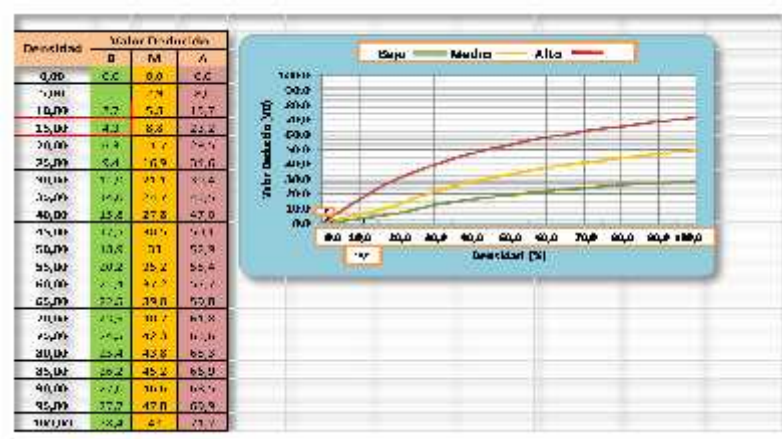
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 57. Valores deducidos para pavimentos de concreto Grietas Lineales



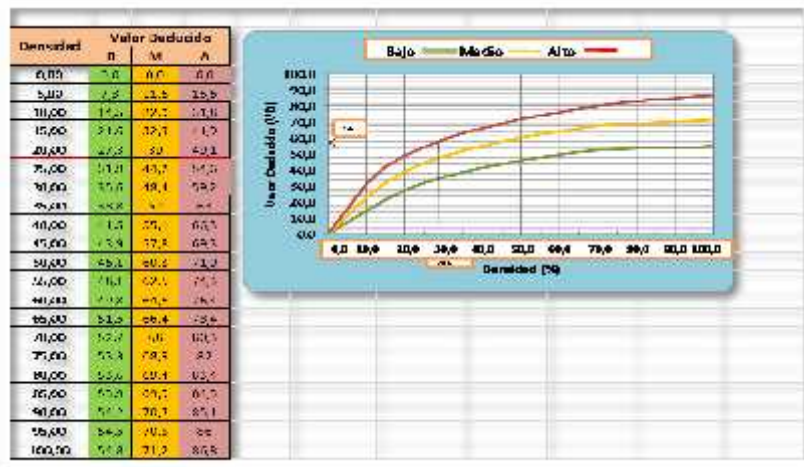
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 58. Valores deducidos para pavimentos de concreto parcheo grande (> 0,5 M2) y otra Acometidas de Servicios Públicos



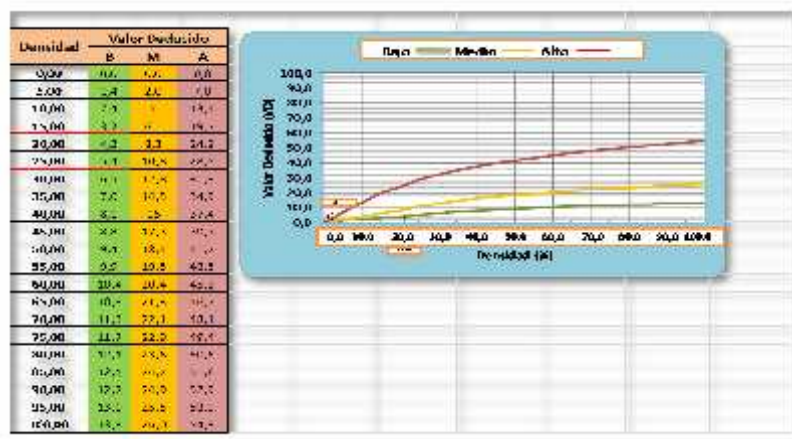
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 59. Valores deducidos para pavimentos de concreto punzamiento



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 60. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 26. Cálculo de VRC para la unidad de Muestra 4

CALCULO DE VDC			
CALLE :	PROLONGACIÓN JIRON CALLAO	CUADRA	6
DETERMINACION DEL MAXIMO DE FALLA PERMITIDAS (m)			
$m=1+ (9/95) * (100 - VAR)$			
Donde:			
m= Número permitido de VRs incluyendo fracciones(debe ser menor o igual a 10)			
VAR :	58	m =	4.98

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 27. Cálculo de valor deducido (VDC) para la unidad de Muestra 4

	VALOR DE DEDUCCIÓN							TOTAL	q	VDC
1	58.00	33.00	22.00	14.00	14.00	9.00	2.94	153	6	76
2	58.00	33.00	22.00	14.00	14.00	2.00	2.94	146	5	73
3	58.00	33.00	22.00	14.00	2.00	2.00	2.94	134	4	74
4	58.00	33.00	22.00	2.00	2.00	2.00	2.94	122	3	76
5	58.00	33.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.94	102	2	71
6	58.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.94	71	1	71

Fuente: Elaboración Propia 2017

Tabla 28. Interpolación de valor deducido corregido para la unidad de Muestra 4

VDC		q		Total VD	122
100	70			q	2
110	75.5			VDC	71

INTERPOLACIÓN DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC)					
100	70				
102	x	5.5			
110	75.5				
10		5.5			
8		x			
X=	4.433				
X=	71.067				

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 29. Clasificación según el PCI para la unidad de Muestra 04.

RANGO DECLASIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	85	Excelente
85	70	Muy Bueno
70	55	Bueno
55	40	Regular
40	25	Malo
25	10	Muy Malo
10	0	Fallado

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Cálculo del PCI de la unidad de Muestra U4

Máximo = 76

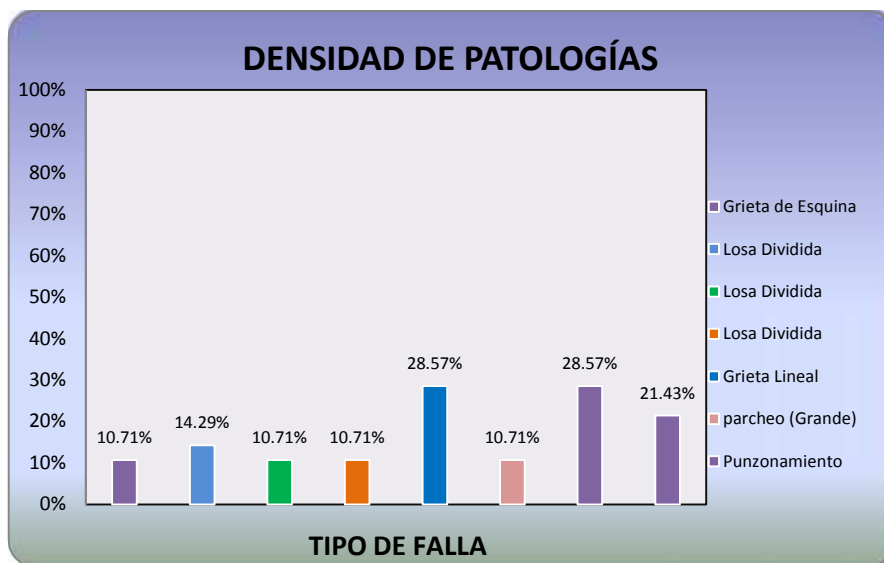
$$PCI = 100 - M - V$$

PCI = 100 - 76

PCI = 24

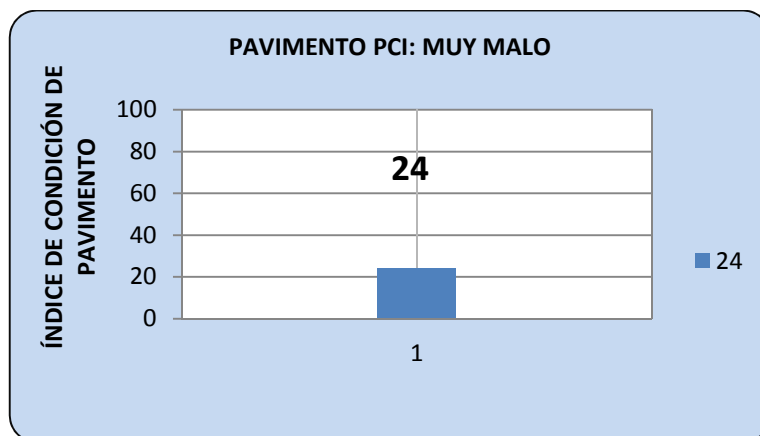
Clasificación = MUY MALO

Figura 61. Densidad de patología VS Tipo de falla de la unidad de Muestra U4



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 62. Índice de Condición de Pavimento de la unidad de Muestra U4



Fuente: Elaboración Propia 2017.

4.2. Análisis de Resultados.

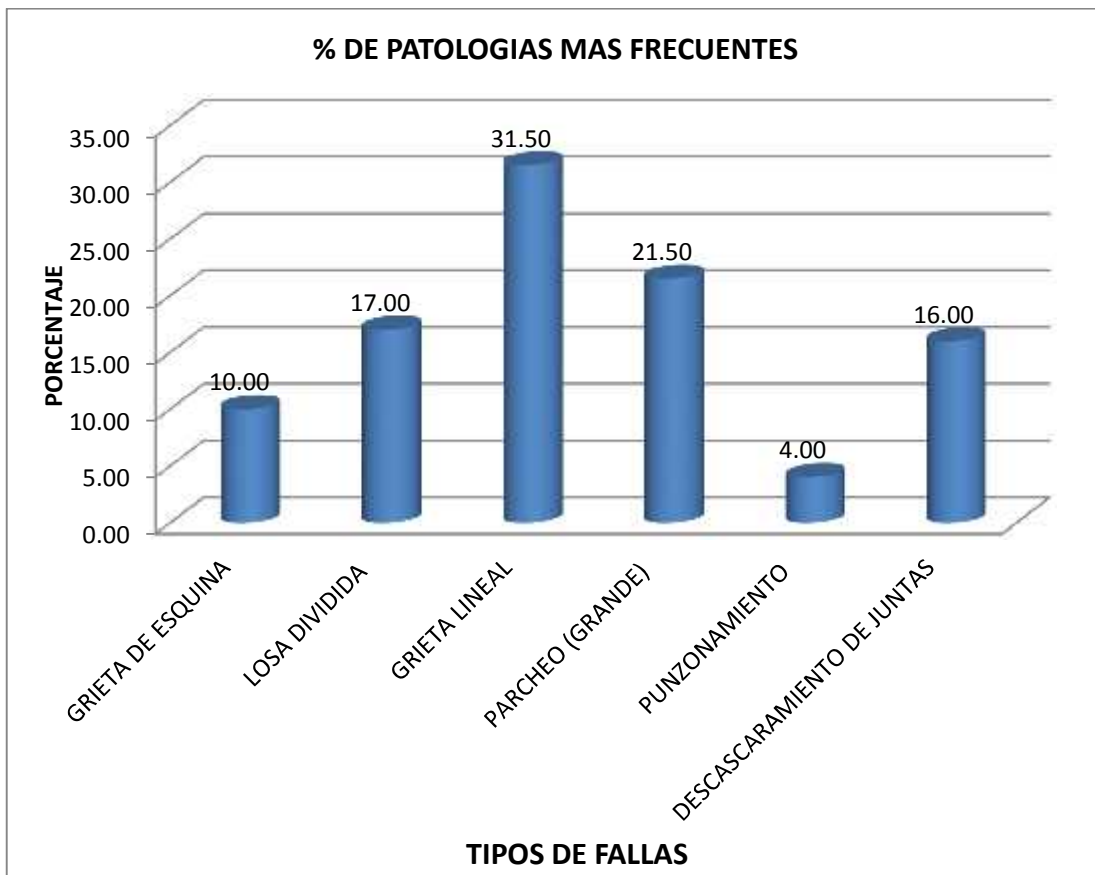
En la evaluación efectuada en todas las unidades de muestras (U1; U2; U3 y U4) por el tipo de patología, se realizó la determinación del porcentaje de fallas más frecuentes por unidad de muestra, tal como se muestra en la **Tabla 30**, y la **Figura 63**. Donde se observa que el porcentaje de fallas más frecuentes se encuentra en la unidad de muestra U2 con valor de 31,50% con la falla de la grieta lineal, y 21,50% con la falla de parcheo grande; seguida con un valor de 17,00 % con la falla de losa dividida; 16,00% con la falla de descascaramiento de juntas; 10,00% con la falla de grieta de esquina y 4,00% con la falla de punzonamiento, respectivamente.

Tabla 30. Determinación del porcentaje de fallas más frecuentes

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE FALLAS MÁS FRECUENTES							
	UNIDAD DE MUESTRA TIPO DE FALLA	Jr. Callao Cuadra 3	Jr. Callao Cuadra 4	Prolog. Jr. Callao Cuadra 5	Prolog. Jr. Callao Cuadra 6	TOTALES	% DE FALLAS FRECUENTES
		1	GRIETA DE ESQUINA	2	7	8	3
2	LOSA DIVIDIDA	10	9	11	4	34	17,00
3	GRIETA LINEAL	5	33	17	8	63	31,50
4	PARCHEO (GRANDE)	9	22	9	3	43	21,50
5	PUNZONAMIENTO	0	0	0	8	8	4,00
6	DESCASCARAMIENTO DE JUNTAS	5	21	10	6	32	16,00
	TOTALES	31	92	45	32	200	
	N° DE LOSAS POR UNIDAD DE MUESTRA	16	48	35	28	127	

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 63. Porcentajes de fallas más frecuentes.



Fuente: Elaboración Propia 2017.

J) Se determinó los más altos de valores deducidos (VAR), en cada unidad de muestra (U1; U2; U3 y U4) las que determinaron la incidencia crítica de las patologías en el cálculo del índice de condición del pavimento-PCI, tal como se muestra en el *Tabla 31* y *la Figura 64*, a continuación se registra en la secuencia siguiente de los valores deducidos (VAR): en la unidad de muestra U1 del Jr. Callao Cuadra 3 se obtiene un valor de 42, observándose la falla más incidente en la losa dividida de severidad baja, con PCI de 44, de rango de clasificación REGULAR; en la unidad de muestra U2 del Jr. Callao Cuadra 4 se obtiene un valor de 21, observándose la falla más incidente en la grieta lineal de severidad baja, con PCI de 59, de rango de clasificación BUENO; en

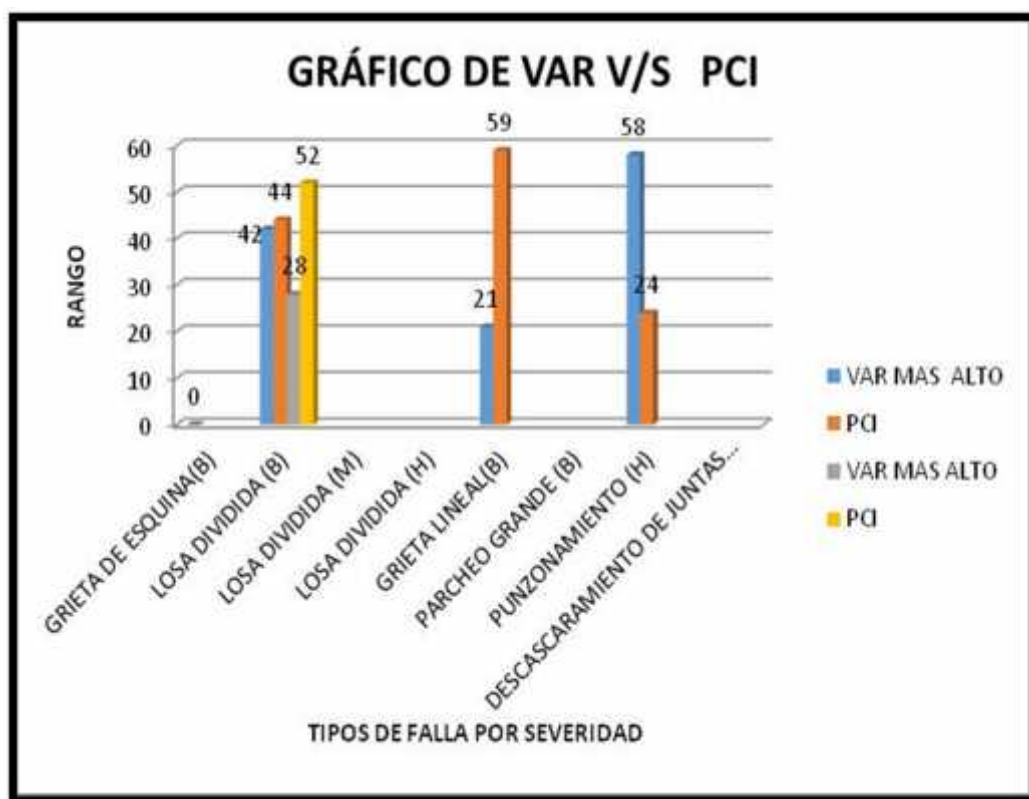
la unidad de muestra U3 Prolog. Jr. Callao Cuadra 5 se obtiene un valor de 28, observándose la falla más incidente en la losa dividida de severidad baja, con PCI de 52, de rango de clasificación REGULAR.; en la unidad de muestra U4 Prolog. Jr. Callao Cuadra 6 se obtiene un valor de 58, observándose la falla más incidente en punzonamiento de severidad Alta, con PCI de 24, de rango de clasificación MUY MALO.

Tabla 31. Determinación de las patologías más incidentes en el cálculo de PCI.

DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS MÁS INCIDENTES EN EL CÁLCULO DE PCI				
UNIDAD DE MUESTRA TIPO DE FALLA POR SEVERIDAD	Jr. Callao Cuadra 3	Jr. Callao Cuadra 4	Prolog. Jr. Callao Cuadra 5	Prolog. Jr. Callao Cuadra 6
	U1	U2	U3	U4
1 GRIETA DE ESQUINA (B)	0	12	19	9
2 LOSA DIVIDIDA (B)	42	18	28	14
3 LOSA DIVIDIDA (M)	13	0	0	22
4 LOSA DIVIDIDA (H)	0	0	0	33
5 GRIETA LINEAL (B)	15	21	18	14
6 PARCHEO GRANDE (B)	20	18	10	3
7 PUNZONAMIENTO (H)	0	0	9	58
8 DESCASCARAMIENTO DE JUNTAS (B)	7	8	6	4
VAR	42	21	28	58
PCI	44	59	52	24

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 64. Porcentajes de fallas más frecuentes.



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Como se observa en la figura 64, la mayor incidencia porcentual se da en la unidad de muestra U4, de 58%, con la falla de punzonamiento de severidad Alta, la cual se originó por la repetición de cargas pesadas, espesor inadecuado de la losa, pérdida de soporte de la fundación, deficiencia puntual de la construcción. Por ejemplo, un hormiguero en el concreto. Las opciones de reparación se da de acuerdo al grado de afectación: **L**: No se hace nada. Sello de grietas; En **M y H**: Parcheo profundo. Así mismo se observa la incidencia en las unidades de muestras U1 y U3, de 42 y 28 con la falla de losa dividida de baja severidad. Este daño se debe a la sobrecarga, soporte inadecuado o una combinación de ambos. Las Opciones de reparación: **L**: No se hace nada. Sello de grietas de ancho mayor que 3mm.y en **M y H**; Reemplazo de la losa. Finalmente encontramos en la unidad de

muestra U2, de 21 con la falla de grieta lineal de severidad baja. Tiene origen por ser causada por la repetición de las cargas de tránsito combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo, las Opciones de reparación. Se da en los siguientes niveles: **L:** No se hace nada. Sello de grietas demás de 3mm. En **M** y **H:** Sello de grietas. Parcheo profundo.

) Concluyendo se determinó el índice general de toda la estructura vial (PCI) del pavimento rígido promedio del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho. Observamos en la **Tabla 32**, la evaluación de las unidades de muestra U1, U2, U3, y U4; con valores de 44, 59,52, y 24, respectivamente. Con una sumatoria de 179, resultando un PCI promedio de 45, dentro de un rango de clasificación REGULAR. La opción de solución a la presente condición se sugiere evitar el ingreso de vehículos de alto tonelaje, remplazo de algunas losas afectadas críticamente del tramo U4, evitando el avance del deterioro del pavimento.

Tabla 32. Índice general de toda la estructura vial de pavimento rígido promedio.

RESULTADO PARCIAL				PCI GENERAL	
UNID. MUESTRA	CUADRA	PCI	RANGO CLASIFICADO	PCI PROMEDIO	CLASIFICACIÓN GENERAL
U 1	Jr. Callao Cuadra 3	44	REGULAR	45	REGULAR
U 2	Jr. Callao Cuadra 4	59	BUENO		
U 3	Prolg. Jr. Callao Cuadra 5	52	REGULAR		
U 4	Prolg. Jr. Callao Cuadra 6	24	MUY MALO		
	TOTAL	179			

Fuente: Elaboración Propia 2017.

V. Conclusiones.

En el presente trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- J La investigación se efectuó en el pavimento rígido del Jr. Callao cuadra 3 y 4, y Prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6, del Distrito de Ayacucho de la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho. A nivel de las cuatro unidades de muestras inspeccionadas, presentándose un estado actual de pavimento de Regular con un PCI promedio de 45. El porcentaje que tiene patología es del 63.5%. y la que no presente es de 36.5%.
- J En las unidades de muestra U1; U2; U3; y U4, se encontraron los siguientes daños más frecuentes: grieta lineal (31,50%), grieta de esquina (10,00%), losa dividida (17,00%), parcheo Grande (21,50%), Punzonamiento (4,00%), y descascaramiento de juntas (16,00%).
- J En la Muestra U4 se obtuvo un PCI de 24,00 de una condición Muy Malo, con un nivel de severidad alta respectivamente.

Aspectos Complementarios.

Recomendaciones.

Con los resultados alcanzados, se recomienda, diseñar con criterios técnicos su construcción, orientados a mejorar las patologías de los pavimentos.

Se recomienda que una vez ejecutada la construcción de la vía, en esta se desarrolle un mantenimiento periódico y/o de rehabilitación, con el fin de prolongar la vida del pavimento.

Con la monitorización continua del PCI se podría establecer la tasa de deterioro del pavimento, la cual serviría para la temprana identificación de las principales necesidades de los diferentes niveles de intervención

Se recomienda sustituir el pavimento rígido de los paños N° 04,10, 11, 12,13 y el 22 respectivamente; de la unidad de muestra U4, prolongación del jirón callao por estar muy deteriorado presentando una condición “MUY MALO”.

Se recomienda continuar con los trabajos de investigación, con la finalidad de monitorear, de acuerdo a la metodología del PCI, y plantear posibles niveles de intervención.

Referencias bibliográficas

1. Sánchez L., Machuca J. Estudio de las fallas en los pavimentos rígidos para el mantenimiento y rehabilitación de las vías principales del municipio de Tamalameque Cesar. Ocaña, Colombia; 2015.
2. Ramos F. Estudio de los daños del pavimento rígido en algunas calles de los barrios laguito, Castillo grande y Boca grande en zonas con nivel freático alto en la ciudad de Cartagena. Colombia. 2015.
3. Sáenz B. Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional en las principales pistas de la urbanización casuarinas primera etapa - distrito de nuevo Chimbote, provincia de Santa, departamento de Ancash, julio 2014.
4. Ángeles J. Análisis y evaluación de las patologías del concreto hidráulico en las pistas del cercado del distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, – 2013. Piura, Perú.
5. Aranda J. “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el pavimento rígido de las calles del distrito de san Luis - provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald- región Ancash, junio-2014”.
6. Gonzáles P. Evaluación del nivel de incidencias de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de Nicrupampa del Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz, Departamento de Ancash. Repositorio 2011.
7. Gonzales M. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de Villon Alto – Distrito de Huaraz – provincia de Huaraz – Región Ancash. Repositorio.2011.
8. Núñez F. Evaluación de los niveles de incidencia de las patologías del concreto del pavimento rígido en las calles: sucre cuadras 06 a la 10 y Grau cuadras 07 a la 12 del Distrito de Sullana, Provincia de Sullana, Región Piura. 2015.

9. Gonzales M. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de Villon Alto – Distrito de Huaraz – provincia de Huaraz – Región Ancash.]. 2011.
10. Menacho T. En la tesis “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el pavimento rígido de las calles del distrito de pariacoto, provincia de Huaraz, región Ancash, junio – 2014”.
11. Arboleda, G. Condición de las calles evaluación de la infraestructura vial ciudad de los ángeles departamento de obras públicas agencia de mantenimiento de calles William A. Robertson, director Nazario Saucedo, subdirector Ron Olive, subdirector septiembre. 2008.
12. Altamirano Luis F. Kauffmann. Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de Ingeniería Civil. “deterioro de pavimentos rígidos metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones.” -2007.
13. Rojas E, Ingeniería de pavimentos, pavimentos, constitución y conceptos generales .2013.
14. Gonzales C. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia, “Monografía, tipos y clasificación de estructuras de pavimentos”. 2014.
15. Montejo, A. Pavimentos, constitución y conceptos generales. En AGORA (Ed.), Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2002.
16. Osuna, R Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán, Sin. Universidad Nacional Autónoma de México.2002.
17. Sánchez G. Urbanismo.com. Pavimentos Flexibles. [Seriada en línea] 2012 [citado 2016 Mayo 16].
18. Adocem. Asociación Dominicana de productores de cemento portland. Guía Para el diseño de vías de alto volumen. “pavimentos semi-rígidos”. [Seriada en línea] 2012.
19. Centeno D. Pavimentos Rígidos. Blog spot. Repositorio [seriada en línea] 2010 [citado 2016 Junio 16].

20. SCRIBD. Pavimento rígido [seriado en línea] (s.f.) [citado el 16 de abril del2016].
21. Sánchez F. Construcción de pavimentos rígidos y de adoquines. [Seriada en línea] 2011 [citado 2016 Mayo 16].
22. Jean C. Prezi. Información de Pavimento Articulado. [Seriada en línea] 2012 [citado 2016 Mayo16].
23. Castillo M., Mesa S., “algoritmo para reconocimiento de fallas tipo fisura en pavimento rígido mediante tratamiento de imágenes digitales”. Repository [seriado en línea] 2011 [citado 2015 Junio 9].
24. Espinoza T. “Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamaba, departamento de Perú-2010”.
25. Rodríguez E. Método PCI (Pavement Condition Index) – Objetivos del método PCI (Pavement Condition Index). [Seriado en línea].2009. [Citado 2015 Junio 19] Vásquez L.²⁶ índice de condición del pavimento (pci – pavement condition index) [Seriada en línea] 2002. [Citado 2015 Octubre 28].
26. Vásquez L. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Camineros [seriada en línea] 2005 [citado abril 14 de 2016].

Anexos.

Figura 65. Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio



Fuente: Elaboración Propia 2017

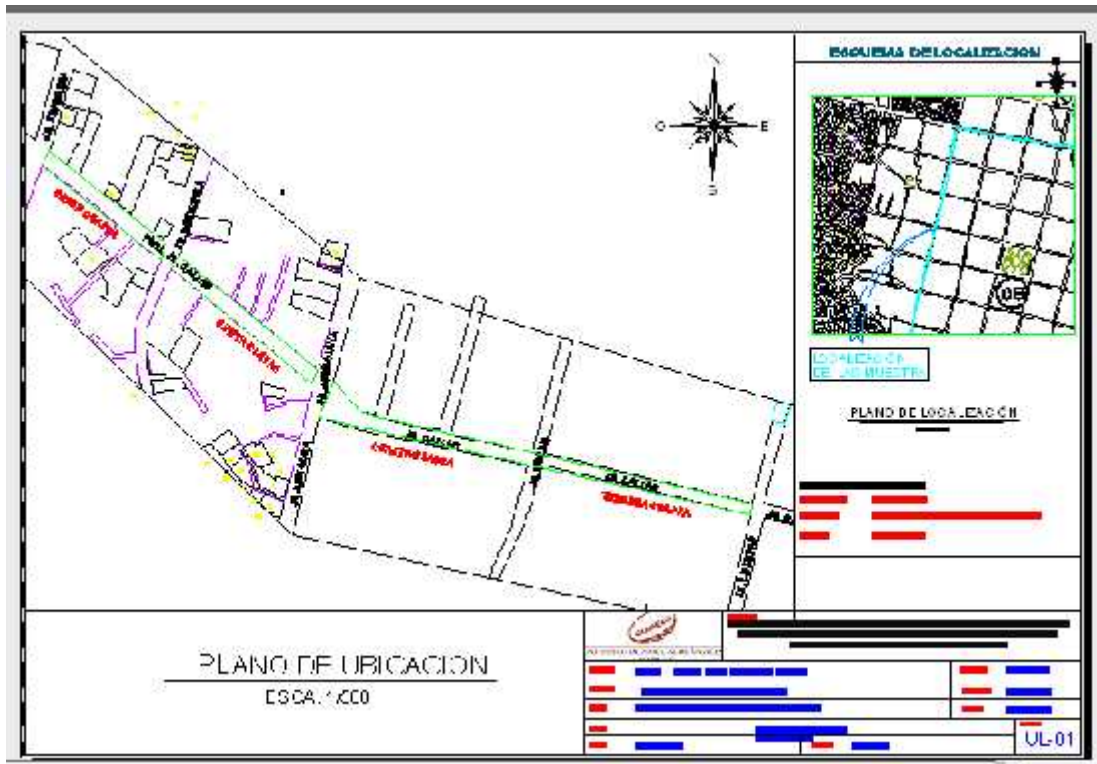
Ubicación Local de la Zona de Estudio

Figura 66. Vista Panorámica del área de estudio - Google Earth



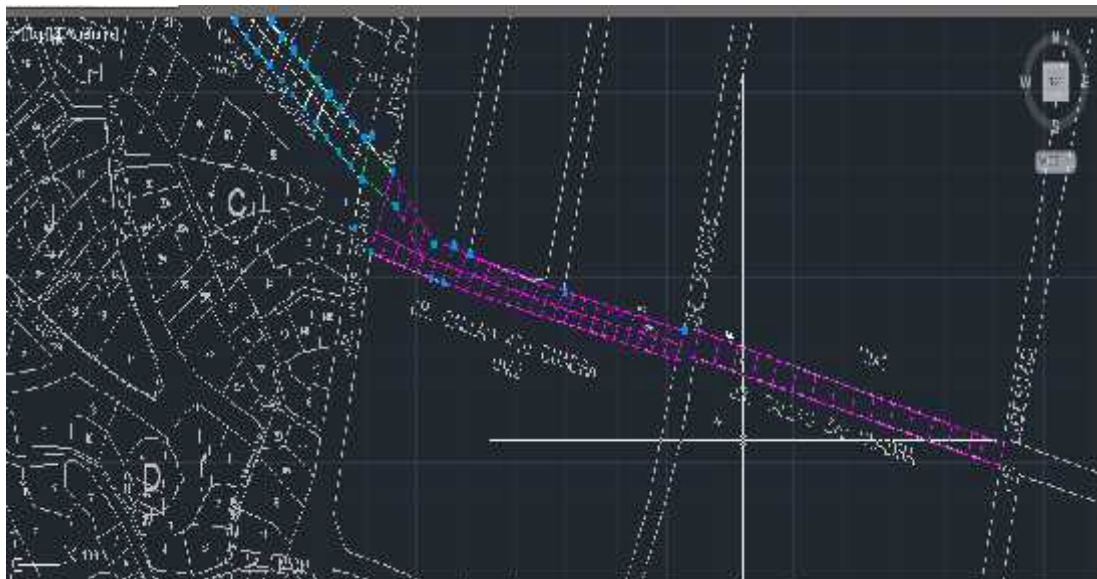
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 67. Plano de ubicación y Localización



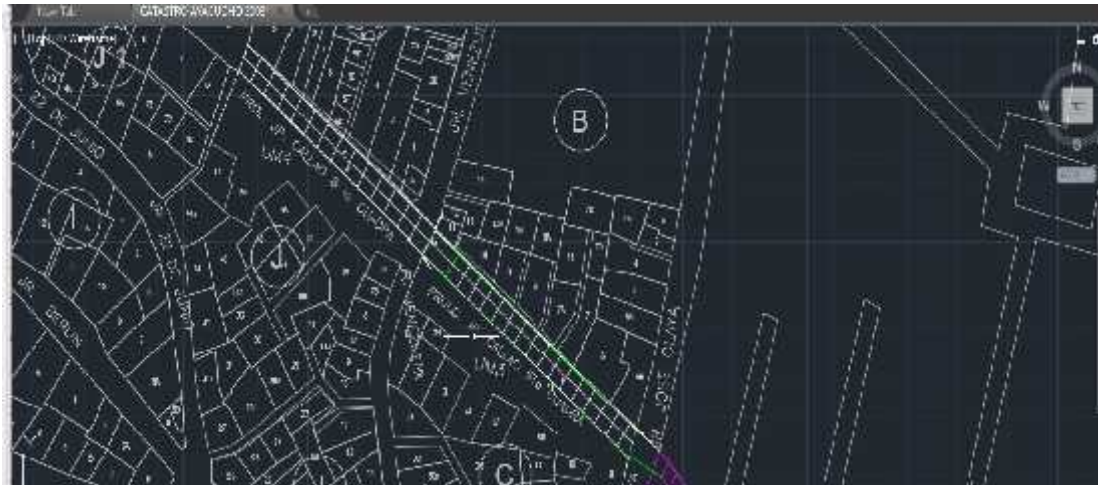
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 68. Plano de Planta general Jr. Callao 3 y 4 Cuadra



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 69. Plano de Planta general Prolg. Jr. Callao 5 y 6 Cuadra



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 70. Plano de Unidades muestrales (UM1)



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 71. Plano de Unidades muestrales (UM2)



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 72. Plano de Unidades muestrales (UM3)



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 73. Plano de Unidades muestrales (UM4)



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 74. Plano de Patología (UM1 y UM2)



Fuente: Elaboración Propia 2017.

UM1: Losa Dividida (B, M); Grieta Lineal (B); Parcheo Grande (B); Descascaramiento de Junta (B).

UM2: Grieta de esquina (B); Losa Dividida (B,); Grieta Lineal (B); Parcheo grande (B); Descascaramiento de Junta (B).

Figura 75. Plano de Patología (UM1 y UM2)



Fuente: Elaboración Propia 2017.

UM3: Grieta de esquina (B); Losa Dividida (B,); Grieta Lineal (B); Parcheo Grande (B); Punzonamiento (H); Descascaramiento de Junta (B).

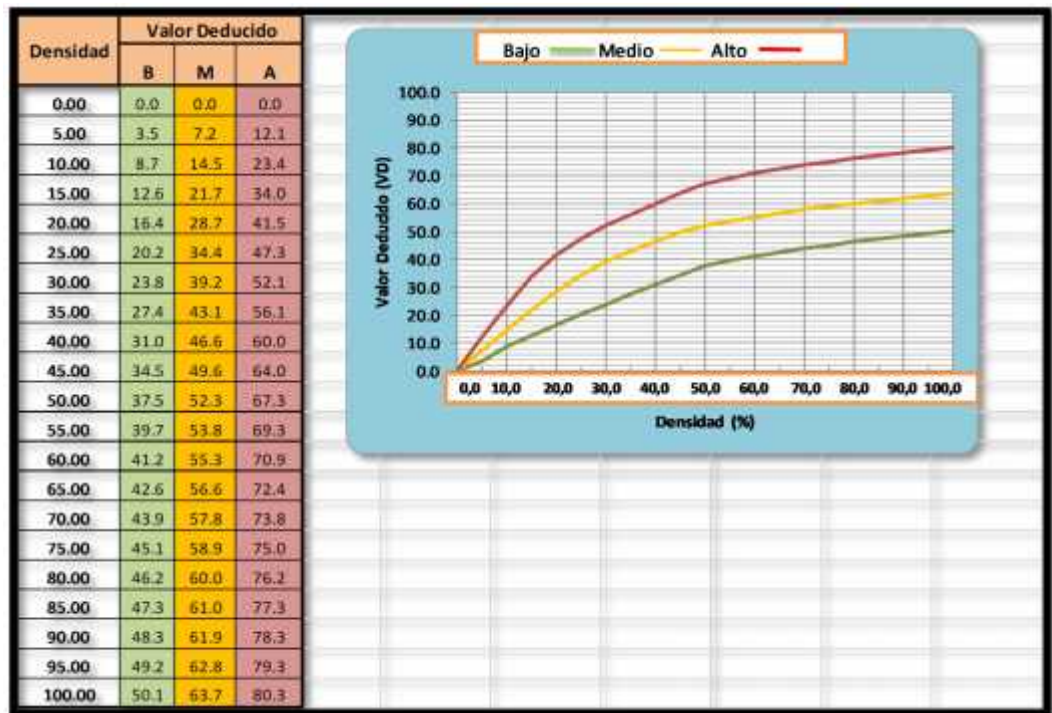
UM4: Grieta de esquina (B); Losa Dividida (B); Losa Dividida (M); Losa Dividida (H); Grieta Lineal (B); Parcheo grande; Punzonamiento (H); Descascaramiento de Junta (B).

Tabla 33. Formato para Inspección Visual

HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA																																																
CALLE :		N° PAÑOS		DIMENSIONES DE PAÑO		NIVELES DE SEVERIDAD																																										
<table border="1"> <tr> <td>CUADRA</td> <td></td> <td>FECHA :</td> <td></td> </tr> </table>						CUADRA		FECHA :		1	BAJA																																					
						CUADRA		FECHA :																																								
						2	MEDIA																																									
3	ALTA																																															
DISTRITO	AYACUCHO	PROV.: HUAMANGA		DPTO: AYACUCHO																																												
EVALUACIONDE PATOLOGIAS						CUADRO DE LOSAS																																										
Evaluación del pavimento:						<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td>14</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>13</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>12</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>11</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>10</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>9</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>7</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>6</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>4</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td></tr> </table>			14			13			12			11			10			9			8			7			6			5			4			3			2			1
		14																																														
		13																																														
		12																																														
		11																																														
		10																																														
		9																																														
		8																																														
		7																																														
		6																																														
		5																																														
		4																																														
		3																																														
		2																																														
		1																																														
Evaluador:																																																
Tipos de patologías para la Evaluación de Pavimentos:																																																
<table border="1"> <tr> <td>[1]: Rotura por pandeo</td> <td>[2]: Grieta de Esquina</td> <td>[3]: Losa Dividida</td> </tr> <tr> <td>[4]: Grieta de Durabilidad "D"</td> <td>[5]: Escala</td> <td>[6]: Sello de Junta</td> </tr> <tr> <td>[7]: Desnivel Carril / Berma</td> <td>[8]: Grieta Lineal</td> <td>[9]: parcheo (Grande)</td> </tr> <tr> <td>[10]: Rotura por pandeo</td> <td>[11]: Pulimento de agregados</td> <td>[12]: Parcheo (Pequeño)</td> </tr> <tr> <td>[13]: Bombeo</td> <td>[14]: Punzonamiento</td> <td>[15]: Cruce de Vía Ferrea</td> </tr> <tr> <td>[16]: Descascaramiento por agrietamiento</td> <td>[17]: Grietas de retraccion</td> <td>[18]: Grietas de retraccion</td> </tr> <tr> <td>[19]: Descascaramiento de juntas</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						[1]: Rotura por pandeo	[2]: Grieta de Esquina	[3]: Losa Dividida	[4]: Grieta de Durabilidad "D"	[5]: Escala	[6]: Sello de Junta	[7]: Desnivel Carril / Berma	[8]: Grieta Lineal	[9]: parcheo (Grande)	[10]: Rotura por pandeo	[11]: Pulimento de agregados	[12]: Parcheo (Pequeño)	[13]: Bombeo	[14]: Punzonamiento	[15]: Cruce de Vía Ferrea	[16]: Descascaramiento por agrietamiento	[17]: Grietas de retraccion	[18]: Grietas de retraccion	[19]: Descascaramiento de juntas																								
[1]: Rotura por pandeo	[2]: Grieta de Esquina	[3]: Losa Dividida																																														
[4]: Grieta de Durabilidad "D"	[5]: Escala	[6]: Sello de Junta																																														
[7]: Desnivel Carril / Berma	[8]: Grieta Lineal	[9]: parcheo (Grande)																																														
[10]: Rotura por pandeo	[11]: Pulimento de agregados	[12]: Parcheo (Pequeño)																																														
[13]: Bombeo	[14]: Punzonamiento	[15]: Cruce de Vía Ferrea																																														
[16]: Descascaramiento por agrietamiento	[17]: Grietas de retraccion	[18]: Grietas de retraccion																																														
[19]: Descascaramiento de juntas																																																
Niveles de Severidad = (L): LOW ; (M): MEDIUM ; (H): HIGH						B	A																																									
N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSA	DENSIDAD (%)	VALOR DE REDUCCIÓN																																											

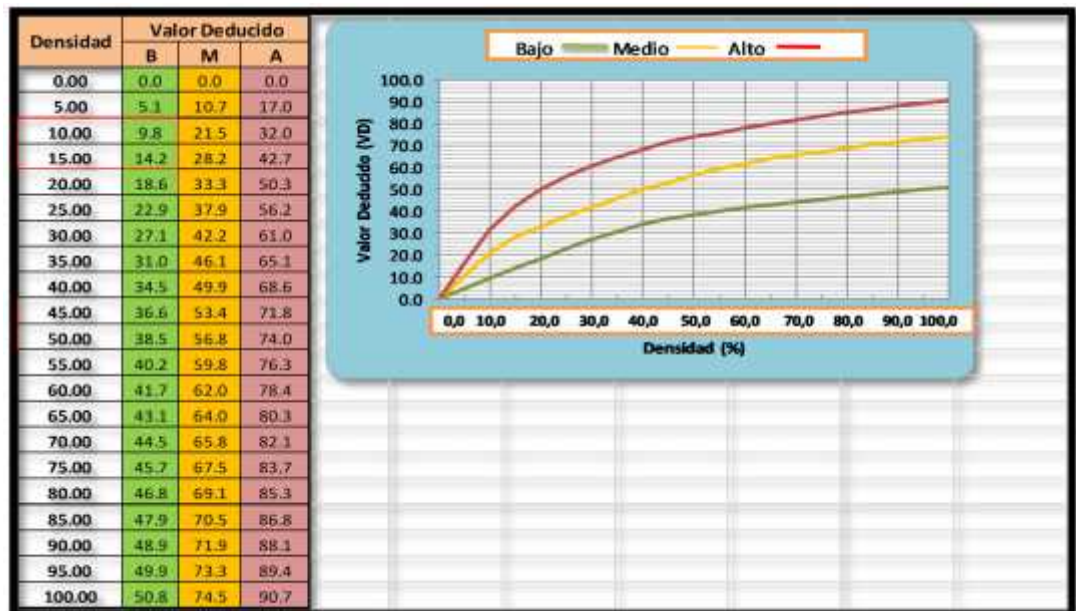
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 76. Valores deducidos para pavimentos de concreto grieta de esquina.



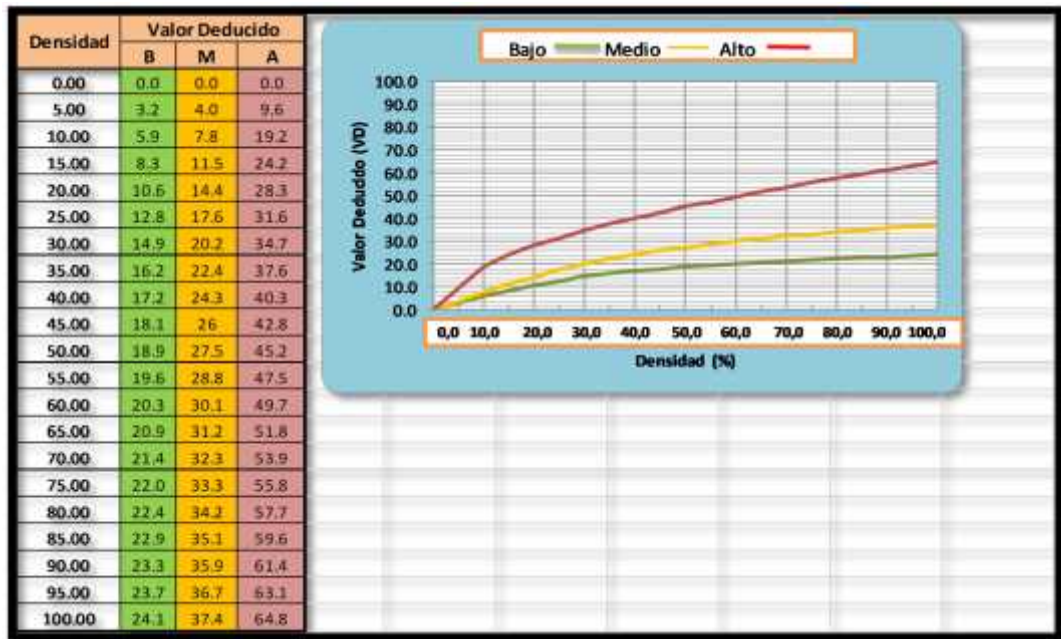
Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 77. Valores deducidos para pavimentos de concreto losa dividida.



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 78. Valores deducidos para pavimentos de concreto grietas lineales. (Grietas longitudinales, transversales y diagonales)



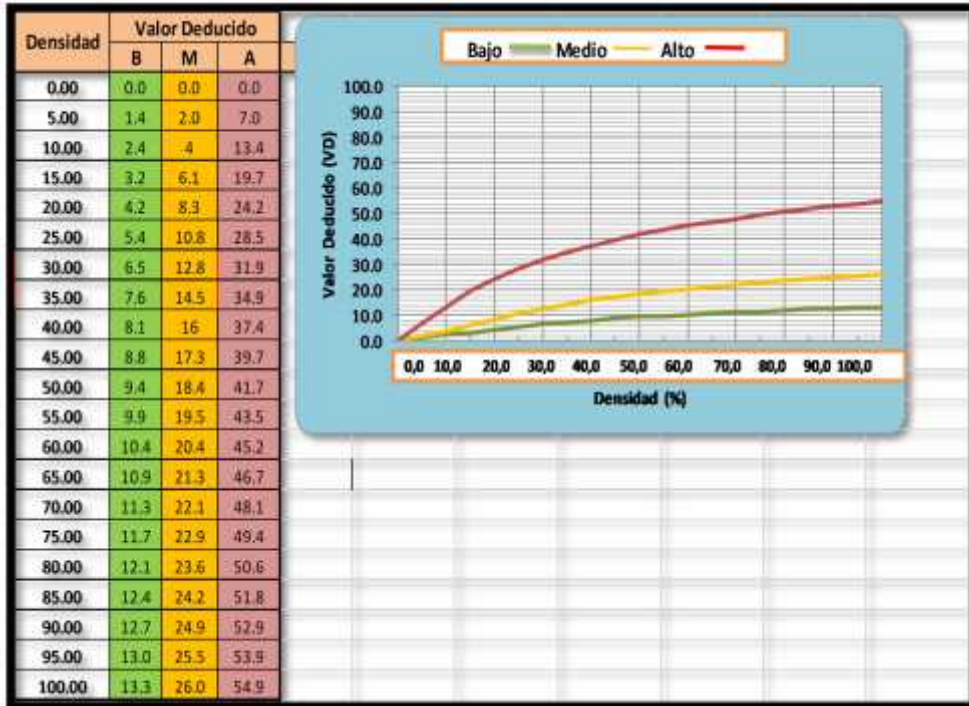
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 79. Valores deducidos para pavimentos de concreto parche grande. (Mayor de 0.45 m²) y acometidas de servicio Público.



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 80. Valores deducidos para pavimentos de concreto descascaramiento de junta.



Fuente: Elaboración Propia 2017.

Figura 81. Valores deducidos para pavimentos de concreto punzonamiento.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 82. Valores deducidos corregido VDC.

	VDT	Valor Deducido Corregido (VDC)					
		q = 1	q = 2	q = 3	q = 4	q = 6	q = 9
1	0.00	0.0					
2	10.00	10.0					
3	11.00	11.0	8.0				
4	17.00	17.0	13.3	8.5			
5	20.00	20.0	16.0	11.0			
6	27.00	27.0	21.9	15.9	14.0		
7	30.00	30.0	24.5	18.0	16.0		
8	35.00	35.0	28.5	21.7	19.2	15.0	
9	40.00	40.0	32.0	25.4	22.5	18.0	
10	50.00	50.0	39.5	32.0	29.0	24.0	
11	57.00	57.0	44.0	36.9	33.4	28.2	23.7
12	60.00	60.0	46.0	38.5	35.2	30.0	25.0
13	70.00	70.0	52.5	45.0	41.0	36.0	30.0
14	80.00	80.0	58.5	51.4	47.0	41.5	35.0
15	90.00	90.0	64.5	57.4	52.5	47.0	39.5
16	100.00	100.0	70.0	63.0	58.0	52.0	44.0
17	110.00		75.5	68.5	63.0	57.0	49.0
18	120.00		81.0	74.0	67.8	62.0	53.5
19	130.00		86.0	78.9	72.5	66.5	58.0
20	140.00		90.5	84.0	77.0	71.0	62.5
21	150.00		95.0	88.4	81.5	75.0	67.0
22	160.00		99.5	93.0	85.5	79.0	71.0
23	161.00		100.0	93.4	86.0	79.4	71.4
24	170.00			97.0	89.6	83.0	75.0
25	177.00			100.0	92.6	85.5	77.8
26	180.00				94.0	86.6	79.0
27	190.00				98.0	90.0	82.5
28	195.00				100.0	91.5	84.3
29	200.00					93.0	86.0

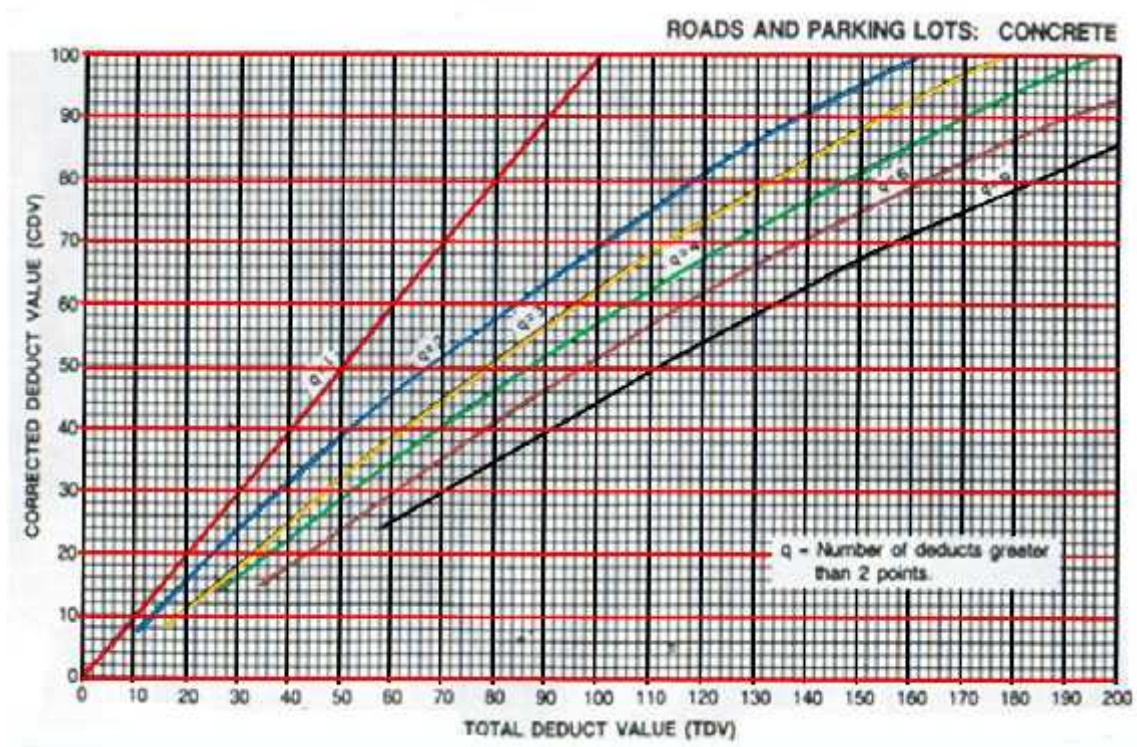
Fuente: Elaboración Propia 2017.

Tabla 34. Formato para el cálculo del valor deducido corregido

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)						
DETERMINACION DEL NUMEROO MAXI MO DE FALLAS PERMI TIDAS (m)						
$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$						
Donde:						
m = Número Máximo Admi sible de Valores Deduci dos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).						
VAR = Valor individual mas alto del valor deducido						
m =		Fracción =				
#	VALOR DE REDUCCION			TOTAL	q	VDC
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Fuente: Elaboración propia

Grafico 2. Curvas para determinar el Valor deducido Corregido para Concreto de Cemento Portland.



Fuente: Vásquez L. (2002).

Tabla 35. Clasificación según el PCI

RANGO DE CLASIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	85	Excelente
85	70	Muy Bueno
70	55	Bueno
55	40	Regular
40	25	Malo
25	10	Muy Malo
10	0	Fallado

Fuente: Elaboración Propia 2017

Tabla 36. Cuadro de análisis de las unidades de muestra

CUADRA	LONGITUD (ML)	ANCHO(ML)	ÁREA(M²)	NÚMERO DE LOSAS
3ra	123,97	6	743,82	16
4ta	136,95	6	821,70	48
5ta	113,75	6,5	739,31	35
6ta	99,74	7,0	698,18	28

Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 37. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U1.

UNIDAD DE MUESTRA	PAÑOS	MÁXIMO VRC	CLASIFICACIÓN	PCI	RESULTADO
U1	16	56	REGULAR	44	REGULAR

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 38. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U2.

UNIDAD DE MUESTRA	PAÑOS	MÁXIMO VRC	CLASIFICACIÓN	PCI	RESULTADO
U2	48	41	BUENO	59	BUENO

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 39. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U3.

UNIDAD DE MUESTRA	PAÑOS	MÁXIMO VRC	CLASIFICACIÓN	PCI	RESULTADO
U3	35	48	REGULAR	52	REGULAR

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 40. Cuadro de resultado de la unidad de muestra U4.

UNIDAD DE MUESTRA	PAÑOS	MÁXIMO VRC	CLASIFICACIÓN	PCI	RESULTADO
U4	28	76	MUY MALO	24	MUY MALO

Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura 83. Tercera cuadra del Jr. Callao intersección con la calle Jr. Sucre



Figura 84. Cuarta cuadra del Jr. Callao intersección con la calle Jr. Sucre



Figura 85. Vista del Tramo final de cuarta cuadra Jr. Callao intersección con la calle Jr. José Olaya.



Figura 86. Inicio de la Quinta cuadra-Prolog. Jr. Callao intersección con la calle Jr. José Olaya.



Figura 87. Tramo final de la Sexta cuadra –Prolog. Jr. Callao con intersección con la calle Jr. Huamanga.



Figura 88. Toma de dato de una grieta lineal en MU3 paño 02



Figura 89. Falla de losa dividida de media severidad en la UM1 losa 05



Figura 90. Falla de Punzamiento de alta severidad en la UM4 paño 6



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 91. Falla de grieta de esquina de media severidad en la UM3 paño 4



Figura 92. Falla de losa dividida de baja severidad en la UM2 paño 09



Figura 93. Falla de Descascaramiento de Junta en la UM3 paño 07



Figura 94. Falla de Grietas longitudinales de baja severidad en la UM3 paño 14.



Figura 95. Falla de Grietas de esquina - baja severidad en la UM2 paño 8



Figura 96. Falla de parcheo grande - baja severidad en la UM4 paño 12.



Figura 97. Plano de Patología –

