



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN ANUAL BASADO EN LA
METODOLOGÍA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES,
PARA LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO EN LAS AVENIDAS: JORGE CHÁVEZ
Y COSTANERA -WANCHAQ - CUSCO.”**

PRESENTADO POR:

YANARICO DEL CARPIO, Yaimara Anghela

KALINOWSKI FIGUEROA, Milagros

**Para Optar El Título Profesional De
Ingeniero Civil**

ASESOR:

ING. ROBERT MILTON MERINO YÉPEZ

CUSCO - PERÚ- 2018





DEDICATORIA

Dedicado a Dios, por darme voluntad, paciencia, dedicación, de seguir adelante con mis objetivos profesionales, a mis padres Edith y Gustavo y a mí hermano Frank por el respaldo incondicional que día a día me brindan, a todas aquellas personas que contribuyeron a concluir esta etapa académica.

Bach. Yaimara Anghela Yanarico del Carpio

A mis padres Celinda y José, por todo el apoyo cariño y confianza depositada durante toda esta etapa de formación; a mi hijita Milagritos, motivo de superación, a mis hermanos Richard y Yusep por el apoyo incondicional que me brindan; mis docentes, los principales autores en mi formación académica, profesional. Y a mis queridos amigos que siempre me han ofrecido su apoyo y cariño.

Bach. Milagros Kalinowski Figueroa



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por la fuerza necesaria que me da, para seguir adelante en este camino largo por recorrer, a mis papas Edith y Gustavo y a mi hermano Frank, por ser mi fortaleza y motor, y a las personas que he conocido y me han ayudado con sus consejos y enseñanzas, logrando así ganar un poco de experiencia.

A la escuela profesional de Ingeniería Civil, a mis docentes que fueron guía y apoyo en mi formación profesional.

Bach. Yaimara Anghela Yanarico del Carpio

Agradezco a Dios por darme fortaleza para seguir cada día, a mis padres Celinda y José que siempre han estado presentes, apoyándome dándome todas las herramientas necesarias para salir adelante, gracias por ser los mejores, pues son mi ejemplo a seguir, a mi hijita por comprender y darme todo su cariño, a mis hermanos Richard y Yusep por haberme acompañado durante todo el periodo de mis estudios y darme ánimos para poder terminar esta tesis.

A la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, a todos los docentes por enseñarme cada rama de la ingeniería, para que pueda ser una gran profesional.

Bach. Milagros Kalinowski Figueroa



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo aplicar el Sistema de Gestión Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con sus modificaciones en la adaptación para pavimentos urbanos generando un plan de gestión para la superficie del pavimento en su estado actual. el cual en la fase de inspección se utilizó el Índice de Condición de Pavimentos para evaluar las Avenidas Jorge Chávez y Costanera del distrito de Wanchaq con dos mil metros lineales de pista, los cuales han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía con el uso del equipo fotogramétrico drone phantom 3. La problemática que desarrolla la investigación, que viene a ser el estudio del deterioro de la superficie del pavimento de ambas vías, para su intervención, con el objetivo de generar un plan de gestión para la superficie del pavimento. La metodología de la presente investigación es cuantitativa de nivel descriptivo propositivo, no experimental transversal, siendo los resultados obtenidos en la Av. Jorge Chávez; un PCI ponderado igual a 14 por ciento considerado un pavimento de estado muy pobre, con esta condición proponemos el tipo de mantenimiento de rehabilitación y reconstrucción; y para la Av. Costanera tiene un pavimento en estado pobre con un PCI igual a 36 por ciento, proponiendo el tipo de mantenimiento de rehabilitación con refuerzo estructural.

PALABRAS CLAVE: Pavimento, Plan de Gestión, Evaluación de Pavimento.



ABSTRACT

The objective of this thesis is to apply the Ministry of Transport and Communications Management System, with its modifications in the adaptation for urban pavements, generating a management scheme for the surface of the pavement in its present state, which in the inspection phase used the Pavement Condition Index to evaluate the Jorge Chávez and Costanera Avenues of the Wanchaq district with two thousand linear meters of track, which have been studied in detail to identify the existing faults and quantify the state of the road with the use of photogrammetric drone phantom 3 equipment. The problematic that the investigation develops, that comes to be the study of the deterioration of the pavement surface of both roads, for its intervention, with the objective of generating a management scheme for the surface of the pavement. The methodology of the present investigation is quantitative of a descriptive and proactive, non-experimental transversal level, being the results obtained in the Jorge Chávez Avenue; a PCI weighted equal to 14 percent considered a pavement of very poor condition, with this condition we propose the type of maintenance of rehabilitation and reconstruction; and for the Costanera Avenue has a pavement in poor condition with a PCI equal to 36 percent, proposing the type of rehabilitation maintenance with structural reinforcement.

KEYWORDS: Pavement, Management scheme, Evaluation of Pavement.



INTRODUCCIÓN

Los pavimentos como parte de una infraestructura vial, son componentes de gran importancia debido a su labor preponderante de ofrecer a los usuarios un rodaje, cómodo, seguro y económico; facilitando el transporte y comunicación.

Un pavimento es una de las estructuras civiles que tiene un periodo de diseño, por lo tanto, la aparición de fallas en él, está previsto dentro de su periodo de vida útil o al término de esta, lo cual significa que se iniciara un proceso de deterioro manifestándose con la aparición de un conjunto de desperfectos que reducirán su calidad de rodaje y en definitiva incrementan los costos de operación y mantenimiento.

Independientemente del proceso de deterioro natural en toda estructura de pavimento, se debe iniciar las labores de mantenimiento y rehabilitación prácticamente desde el inicio de su período de diseño, con el objeto de reducir el impacto que las diferentes fallas pueden afectar a la estructura, y de esta manera optimizar la adecuada utilización de los recursos disponibles para una eventual rehabilitación, estructurado en un adecuado plan de gestión de pavimentos.

Basados en estos argumentos nace la interrogante de ¿cómo un plan de gestión de pavimentos optimizara los recursos para un oportuno mantenimiento?; en nuestro campo profesional se defienden conceptos equivocados en torno a esta interrogante. La aparición de fallas sobre una estructura de pavimento no representa que esta, ya no sea capaz de soportar cargas de tránsito en su periodo de vida útil; y dentro del mismo concepto, estructuras de pavimentos recién proyectadas no aseguran un buen desempeño dentro de su periodo de diseño. Este comportamiento encierra diferentes aspectos que tienen que ser investigados en la búsqueda de un diagnóstico correcto en cualquier etapa del pavimento en servicio, y para ello es necesario indagar su estado de conservación aplicando distintas técnicas de evaluación.

En la presente tesis de investigación, se ha asumido como objeto de estudio proponer un plan de gestión para el estado actual de condición de pavimento de las Avenidas Jorge Chávez y Costanera, empleando para su estructuración la metodología del Sistema de Gestión de Pavimentos del Ministerio de Transportes y comunicaciones, adaptada en zonas urbanas, que en la fase de inspección de las diferentes fallas superficiales que afectan al pavimento, se utilizó la metodología enmarcada dentro de una evaluación superficial, y cuyo principal indicador se cuantifica a través del índice de condición del



pavimento PCI, el cual es un parámetro reconocido a nivel internacional, y para el levantamiento de datos se utilizó el equipo fotogramétrico UAV – drone, que redujo tiempo y recursos.

Esta problemática fue desarrollada en el primer capítulo de la tesis fundamentando las hipótesis pertinentes; en el siguiente capítulo se elaboró en base a procedimientos disponibles en nuestro medio laboral, de manera tal que la recolección de los datos y las bases para el posterior análisis de la información sustenten rigurosamente las hipótesis propuestas.

En el capítulo tres se definió la metodología a utilizar durante el procedimiento de la tesis, como es el tipo, nivel y método de investigación, así como también el diseño metodológico y de ingeniería, definiendo el universo y la muestra que se estudió.

Como término de la tesis en el capítulo cuatro con los resultados obtenidos y tomando en cuentas los criterios mencionados, se propuso el plan de gestión de la superficie del pavimento para ambas calles, después se definió las conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos establecidos.

Se concluyó que la Avenida Jorge Chávez tiene una condición muy pobre y la Avenida Costanera tiene una condición pobre recomendando que el plan de gestión será de tipo rehabilitación - reconstrucción y rehabilitación – refuerzo estructural respectivamente, considerando recursos humanos, equipos e insumos los cuales abarcaron un costo de 2,385,937.82 soles para el caso de la Av. Jorge Chávez y 137,138.88 soles para la Av. Costanera.



ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria i
Agradecimientos ii
Resumen..... iii
Abstract iv
Introducción v
Índice General vii
Índice De Tablas x
Índice De Figuras xi
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Identificación del Problema. 1
1.1.1. Descripción del Problema. 1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema. 6
1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general. 6
1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos. 6
1.2. Justificación e importancia de la investigación..... 6
1.2.1 Justificación técnica. 6
1.2.2 Justificación social. 6
1.2.3 Justificación por viabilidad. 7
1.2.4 Justificación por relevancia..... 7
1.3. Limitaciones de la investigación..... 7
1.3.1 Limitaciones del ámbito de estudio..... 7
1.3.2 Limitaciones geográficas. 8
1.3.3 Limitaciones de instrumentos y equipos. 10
1.3.4 Limitaciones de tiempo. 10
1.3.5 Limitaciones normativas. 11
1.4. Objetivo de la investigación..... 11
1.4.1 Objetivo general. 11
1.4.2 Objetivos específicos. 11
1.5. Hipótesis..... 12
1.5.1. Hipótesis general..... 12
1.5.2. Sub hipótesis. 12
1.6. Definición de variables 12
1.6.1. Variables dependientes..... 12
1.6.2. Indicadores de variables dependientes. 13
1.6.3. Variables independientes. 14
1.6.4. Indicadores de variables independientes. 14



1.6.5. Cuadro de operacionalización de variables 18

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 20

2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual 20

2.1.1 Antecedentes a nivel local 20

2.1.2 Antecedentes a nivel nacional 21

2.1.3 Antecedentes a nivel internacional 21

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes 23

2.2.1 Aspectos generales 23

2.2.2 Sistema de gestión y conservación de pavimentos - MTC 48

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 81

3.1 Metodología de la investigación 81

3.1.1 Tipo de investigación 81

3.1.2 Nivel de la investigación 81

3.1.3 Método de la investigación 82

3.2 Diseño de la investigación 82

3.2.1 Diseño metodológico 82

3.2.2 Diseño de ingeniería 83

3.3 Universo y muestra 84

3.3.1 Universo 84

3.3.1.1 Descripción del universo 84

3.3.1.2 Cuantificación del universo 84

3.3.2 Muestra 84

3.3.2.1 Método de muestreo 85

3.3.2.2 Criterios de evaluación del universo 85

3.3.3 Criterios de inclusión 86

3.3.3.1 Criterio geográfico 86

3.3.3.2 Criterio de época 87

3.3.3.3 Criterio de equipos 87

3.3.3.4 Criterio en bibliografía 87

3.4 Instrumentos y equipos 88

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos 88

3.4.2 Equipos de ingeniería 89

3.5 Procedimientos de recolección de datos 91

3.5.1 Levantamiento y registro de fallas superficiales 91

3.6 Procedimientos de análisis de datos 104

3.6.1 Fase de inspección 104

3.6.1.1 Procesamiento de imágenes 104



3.6.1.2	Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	112
3.6.1.3	Determinación de índice de condición de pavimentos.....	221
3.6.2	Fase determinación de mantenimientos	233
3.6.3	Fase determinación de actividades de mantenimiento y /o reconstrucción.....	234
CAPITULO IV: RESULTADOS.....		237
Plan de gestión de la superficie del pavimento		237
1.	Fase de inventario vial	237
2.	Fase de inspección.....	238
3.	Fase de determinación de mantenimientos.....	238
4.	Fase de estimación de recursos	250
5.	Fase de planificación de mantenimiento	245
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....		255
5.1 GLOSARIO		257
5.2 CONCLUSIONES		260
Conclusión General:.....		260
Conclusión N°1:.....		260
Conclusión N°2:.....		260
Conclusión N°3:.....		260
5.3 RECOMENDACIONES		262
REFERENCIAS		263
ANEXOS		265

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Características Del Área De Influencia. _____	10
Tabla 2: Tipos De Fallas Para Pavimento Flexible Y Rígido _____	15
Tabla 3: Cuadro De Operacionalización De Variables. _____	18
Tabla 4: Cuadro De Tipos De Fallas Para Pavimentos Flexibles _____	30
Tabla 5: Cuadro De Tipos De Fallas Para Pavimentos Rígidos. _____	38
Tabla 6: Categorización Del Pci Vs. Tipos De Mantenimiento. _____	67
Tabla 7: Opciones De Mantenimiento Para Pavimentos Flexibles _____	70
Tabla 8: Opciones De Mantenimiento Para Pavimentos Rígidos _____	75
Tabla 9: Características Del Área De Influencia _____	86
Tabla 10: Inventario De Características De Las Vías _____	91
Tabla 11: Parámetros De Vuelo Drone Phantom 3 _____	98
Tabla 12: Longitudes De Las Unidades De Muestreo _____	112
Tabla 13: Número De Unidades De Muestra _____	112
Tabla 14: Número De Unidades De Muestra _____	113
Tabla 15: Valores Deducidos Falla Tipo Piel De Cocodrilo. _____	151
Tabla 16: Valores Deducidos Falla Tipo Exudación _____	152
Tabla 17: Valores Deducidos Falla Tipo Agrietamiento En Bloque _____	153
Tabla 18: Valores Deducidos Falla Tipo Abultamiento Y Hundimiento _____	154
Tabla 19: Valores Deducidos Falla Tipo Corrugación _____	155
Tabla 20: Valores Deducidos Falla Tipo Depresión _____	156
Tabla 21: Valores Deducidos Falla Tipo Grieta De Borde _____	157
Tabla 22: Valores Deducidos Falla Tipo Grieta De Reflexión De Junta _____	158
Tabla 23: Valores Deducidos Falla Tipo Denivel Carril/Berma _____	159
Tabla 24: Valores Deducidos Falla Grietas Longitudinales Y Transversales _____	160
Tabla 25: Valores Deducidos Falla Tipo Parcheo _____	161
Tabla 26: Valores Deducidos Falla Tipo Pulimiento De Agregados _____	162
Tabla 27: Valores Deducidos Falla Tipo Huecos _____	163
Tabla 28: Valores Deducidos Falla Tipo Ahuellamiento _____	164
Tabla 29: Valores Deducidos Falla Tipo Desplazamiento _____	165
Tabla 30: Valores Deducidos Falla Tipo Hinchamiento _____	166
Tabla 31: Valores Deducidos Falla Tipo Desprendimiento De Agregados _____	167
Tabla 32: Valores De Corrección De Deducidos Para Pavimentos Flexibles _____	168
Tabla 33: Valores Deducidos Falla Tipo Estallidos _____	204
Tabla 34: Valores Deducidos Falla Tipo Grieta De Esquina _____	205
Tabla 35: Valores Deducidos Falla Tipo Fisuras Longitudinales _____	206
Tabla 36: Valores Deducidos Falla Tipo Fisura De Durabilidad "D" _____	207
Tabla 37: Valores Deducidos Falla Tipo Parche Pequeño _____	208
Tabla 38: Valores Deducidos Falla Tipo Parche Grande _____	209
Tabla 39: Valores Deducidos Falla Tipo Popouts _____	210
Tabla 40: Valores Deducidos Falla Tipo Bombeo _____	211
Tabla 41: Valores Deducidos Falla Tipo Desconchamiento _____	212
Tabla 42: Valores Deducidos Falla Tipo Escala _____	213
Tabla 43: Valores Deducidos Falla Tipo Losa Dividida _____	214
Tabla 44: Valores Deducidos Falla Tipo Fisura Por Retracción _____	215
Tabla 45: Valores Deducidos Falla Tipo Descascaramiento De Junta _____	216
Tabla 46: Valores Deducidos Falla Tipo Descascaramiento De Esquina _____	217
Tabla 47: Valores Deducidos Falla Tipo Pulimiento De Agregado _____	218
Tabla 48: Valores De Corrección De Deducidos Para Pavimentos Rígidos _____	219
Tabla 49: Área De Fallas Según Su Tipo Para Pavimento Flexible _____	223



Tabla 50: Cantidad De Paños Por Tipo De Fallas Para Pavimento Rígido _____ 227

Tabla 51: Índice De Condición De Pavimentos Para Cada Unidad De Muestra De La Av. Jorge Chávez _____ 229

Tabla 52: Índice De Condición De Pavimentos Para Cada Unidad De Muestra De La Av. Costanera _____ 231

Tabla 53: Inventario De Las Características En Ambas Vías _____ 237

Tabla 54: Índice De Condición De Pavimentos Para Las Avenidas Jorge Chávez Y Costanera. _____ 238

Tabla 55: Tipos De Mantenimiento Por Pci De Cada Avenida _____ 238

Tabla 56: Propuesta Del Presupuesto Para La Intervención De La Av. Jorge Chávez _____ 240

Tabla 57: Propuesta De Cronograma Para La Intervención De La Av. Jorge Chávez _____ 242

Tabla 58: Propuesta De Presupuesto Para Intervención De La Av. Costanera _____ 243

Tabla 59: Propuesta De Cronograma Para Intervención De La Av. Costanera _____ 244

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación De Las Fallas Predominantes - Av. Jorge Chávez. _____ 4

Figura 2: Ubicación De Las Fallas Predominantes - Av. Costanera _____ 5

Figura 3: Localización Y Macro Localización, Av. Jorge Chávez Y Av. Costanera. _____ 9

Figura 4: Estructura Pavimento Flexible _____ 24

Figura 5: Estructura Pavimento Rígido _____ 25

Figura 6: Distribución Típica De La Estructura Del Pavimento _____ 26

Figura 7: Fallas En Pavimentos Flexibles _____ 29

Figura 8: Fallas En Pavimentos Rígidos _____ 29

Figura 9: Formulario De Calificación Assho _____ 52

Figura 10: Escala De Calificación Del Iri _____ 54

Figura 11: Mira Y Nivel _____ 55

Figura 12: Equipo Face Dipstick _____ 55

Figura 13: Equipo Rueda De Merlin _____ 55

Figura 14: Perfilómetro _____ 56

Figura 15: Perfilómetro Inercial Apl _____ 56

Figura 16: Perfilómetro Laser _____ 56

Figura 17: Escala De Clasificación Del Índice Pci. _____ 57

Figura 18: Sistema Pasco Roadrecon (Pasco 87) _____ 58

Figura 19: Laser Road Surface Taster - Rst (Novak 87) _____ 59

Figura 20: Equipo De Extracción De Núcleos De Capas Asfálticas _____ 60

Figura 21: Mosaico Fotográfico _____ 63

Figura 22: Proyecto De Vuelo _____ 64

Figura 23: Uav O Drone Con Ala Fija _____ 65

Figura 24: Uav O Drone Con Ala Rotatoria _____ 65

Figura 25: Evaluación Económica En El Ciclo De Vida Del Pavimento _____ 77

Figura 26: Flujograma De La Investigación _____ 83

Figura 27: Formato De Levantamiento De Fallas Para Pavimento Flexible. _____ 88

Figura 28: Formato De Levantamiento De Fallas Para Pavimento Rígido. _____ 89

Figura 29: Gps Diferencial _____ 90

Figura 30: Uav-Drone Phanthom 3 _____ 90

Figura 31: Reconocimiento Inicial De Anchos De Calzada _____ 92

Figura 32: Reconocimiento Inicial De Longitudes De Losas _____ 92

Figura 33: Falla Piel De Cocodrilo - Av. Jorge Chávez _____ 93



Figura 34: Grieta De Reflexión De Junta - Av. Jorge Chávez _____ 93

Figura 35: Deslizamientos - Av. Jorge Chávez _____ 94

Figura 36: Huecos De Severidad Alta - Av. Jorge Chávez _____ 94

Figura 37: Parcheo Por Cortes De Instalaciones - Av. Jorge Chávez _____ 95

Figura 38: Desplazamiento De Severidad Alta - Av. Jorge Chávez _____ 95

Figura 39: Control Remoto Drone Dji Phantom 3 _____ 96

Figura 40: Calibración Del Drone Phanthom 3 _____ 97

Figura 41: Jimbal De Calibración De La Cámara Phantom 3 _____ 97

Figura 42: Conexión Wi-Fi Control Remoto Phantom 3 _____ 98

Figura 43: Control De Vuelo Desde La Aplicación Dji Vision _____ 98

Figura 44: Despegue Y Aterrizaje De Drone Phanthom 3 _____ 99

Figura 45: Delimitación De Puntos De Control Av. Jorge Chávez _____ 100

Figura 46: Delimitación De Punto De Control Av. Costanera _____ 100

Figura 47: Levantamiento De Puntos De Control Con Gps Diferencial _____ 101

Figura 48: Av Jorge Chavez Con Av. Velazco Astete - Progresiva 0 +000 _____ 101

Figura 49: Av. Jorge Chávez Con Jr. De La Unión - Progresiva 0+760 _____ 102

Figura 50: Av. Jorge Chávez Con Pje. Jorge Chávez - Progresiva 1+ 254 _____ 102

Figura 51: Av. Costanera Con Av. Velazco Astete - Progresiva 0+000 _____ 103

Figura 52: Av. Costanera Con Jr. De La Unión - Progresiva 0+581 _____ 103

Figura 53: Av. Costanera Con Pje. Jorge Chávez - Progresiva 1 + 251 _____ 104

Figura 54: Calibración De Cámara - Efecto Ojo De Pez _____ 105

Figura 55: Orientación De Fotografías - Precisión Media _____ 105

Figura 56: Creación De Nube De Puntos Densa - Calidad Media Fuente: Elaboración Propia _____ 106

Figura 57: Creación De Malla _____ 106

Figura 58: Creación De Textura Con Un Modo De Mapeado Genérico _____ 107

Figura 59: Creación De Modelo De Teselas _____ 107

Figura 60: Creación De Modelo Digital De Elevaciones _____ 108

Figura 61: Creación De Ortomozaico _____ 108

Figura 62: Exportación De Imagen Del Ortomozaico En Formato Tif _____ 109

Figura 63: Características Del Ortomozaico En La Av. Costanera _____ 109

Figura 64: Características Del Ortomozaico En La Av. Jorge Chávez _____ 110

Figura 65: Ortomozaico Final De La Av. Costanera _____ 111

Figura 66: Ortomozaico Final De La Av. Jorge Chávez _____ 111

Figura 67: Delimitación De Unidades De Muestra (Paños) - Av. Jorge Chávez Progresiva 0+000 _____ 114

Figura 68: Delimitación De Unidades De Muestra (Paños) - Av. Costanera Progresiva 0+000 _____ 114

Figura 69: Delimitación De Fallas En Losas _____ 115

Figura 70: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 1 _____ 118

Figura 71: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 2 _____ 119

Figura 72: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 3 _____ 120

Figura 73: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 4 _____ 121

Figura 74: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 5 _____ 122

Figura 75: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 6 _____ 123

Figura 76: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 7 _____ 124

Figura 77: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 8 _____ 125

Figura 78: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 9 _____ 126

Figura 79: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 10 _____ 127

Figura 80: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 11 _____ 128

Figura 81: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 12 _____ 129

Figura 82: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 13 _____ 130



Figura 83: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 14 _____ 131

Figura 84: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 15 _____ 132

Figura 85: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 16 _____ 133

Figura 86: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 17 _____ 134

Figura 87: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 18 _____ 135

Figura 88: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 19 _____ 136

Figura 89: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 20 _____ 137

Figura 90: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 21 _____ 138

Figura 91: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 22 _____ 139

Figura 92: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 23 _____ 140

Figura 93: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 24 _____ 141

Figura 94: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 25 _____ 142

Figura 95: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 26 _____ 143

Figura 96: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 27 _____ 144

Figura 97: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 28 _____ 145

Figura 98: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 29 _____ 146

Figura 99: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 30 _____ 147

Figura 100: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 31 _____ 148

Figura 101: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 32 _____ 149

Figura 102: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 33 _____ 150

Figura 103: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Piel De Cocodrilo. _____ 151

Figura 104: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Exudación _____ 152

Figura 105: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Agrietamiento En Bloque _____ 153

Figura 106: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Abultamiento Y Hundimiento _____ 154

Figura 107: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Corrugación _____ 155

Figura 108: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Depresión _____ 156

Figura 109: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Grieta De Borde _____ 157

Figura 110: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Grieta De Reflexión De Junta _____ 158

Figura 111: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Desnivel Carril/Berma _____ 159

Figura 112: Monograma Valores Deducidos Falla Grieta Longitudinales Y Transversales _____ 160

Figura 113: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Parcheo _____ 161

Figura 114: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Pulimiento De Agregados _____ 162

Figura 115: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Huecos _____ 163

Figura 116: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Ahuellamiento _____ 164

Figura 117: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Desplazamiento _____ 165

Figura 118: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Hinchamiento _____ 166

Figura 119: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Desprendimiento De Agregados _____ 167

Figura 120: Curvas De Corrección De Valores Deducidos Para Pavimentos Flexibles _____ 169

Figura 121: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 1 _____ 171

Figura 122: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 2 _____ 172

Figura 123: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 3 _____ 173

Figura 124: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 4 _____ 174

Figura 125: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 5 _____ 175

Figura 126: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 6 _____ 176

Figura 127: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 7 _____ 177

Figura 128: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 8 _____ 178

Figura 129: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 9 _____ 179

Figura 130: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 10 _____ 180

Figura 131: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 11 _____ 181

Figura 132: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 12 _____ 182

Figura 133: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 13 _____ 183



Figura 134: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 14 _____ 184

Figura 135: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 15 _____ 185

Figura 136: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 16 _____ 186

Figura 137: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 17 _____ 187

Figura 138: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 18 _____ 188

Figura 139: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 19 _____ 189

Figura 140: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 20 _____ 190

Figura 141: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 21 _____ 191

Figura 142: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 22 _____ 192

Figura 143: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 23 _____ 193

Figura 144: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 24 _____ 194

Figura 145: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 25 _____ 195

Figura 146: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 26 _____ 196

Figura 147: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 27 _____ 197

Figura 148: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 28 _____ 198

Figura 149: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 29 _____ 199

Figura 150: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 30 _____ 200

Figura 151: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 31 _____ 201

Figura 152: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 32 _____ 202

Figura 153: Procesamiento De Datos Y Cálculo De Pci - Paño 33 _____ 203

Figura 154: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Estallidos _____ 204

Figura 155: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Grieta De Esquina _____ 205

Figura 156: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Fisuras Longitudinales _____ 206

Figura 157: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Fisura De Durabilidad "D" _____ 207

Figura 158: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Sello De Junta _____ 208

Figura 159: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Parche Pequeño _____ 208

Figura 160: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Parche Grande _____ 209

Figura 161: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Popouts _____ 210

Figura 162: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Bombeo _____ 211

Figura 163: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Desconchamiento _____ 212

Figura 164: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Escala _____ 213

Figura 165: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Losa Dividida _____ 214

Figura 166: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Fisura Por Retracción _____ 215

Figura 167: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Descascaramiento De Junta _____ 216

Figura 168: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Descascaramiento De Esquina _____ 217

Figura 169: Monograma Valores Deducidos Falla Tipo Pulimiento De Agregado _____ 218

Figura 170: Curvas De Corrección De Valores Deducidos Para Pavimentos Rígidos _____ 220

Figura 171: Severidad De Las Fallas De Pavimento Flexible 1,3,4 Y 5 Por Áreas. _____ 221

Figura 172: Severidad De Las Fallas De Pavimento Flexible 6,7,8,10,11,12,13 Y 16 Por Áreas. _____ 222

Figura 173: Severidad De Las Fallas De Pavimento Flexible 18 Y 19 Por Áreas. _____ 223

Figura 174: Áreas De Influencia Por Tipo De Falla En La Av. Jorge Chávez _____ 224

Figura 175: Severidad De Las Fallas De Pavimento Rígido 2,3,4,5,6,7,8 Y 10 Por Áreas. _____ 225

Figura 176: Severidad De Las Fallas De Pavimento Rígido 11,12,14, 15 Y 16 Por Áreas. _____ 226

Figura 177: Cantidad De Paños Por Tipo De Falla En La Av. Costanera _____ 228

Figura 178: Índice De Condición De Pavimentos De Cada Paño De Muestra En La Av. Jorge Chávez _____ 230

Figura 179: Índice De Condición De Pavimentos De Cada Paño De Muestra En La Av. Costanera _____ 232



CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema.

1.1.1. Descripción del Problema.

En la actualidad la región Cusco no cuenta con ningún sistema de gestión de pavimentos que permita una serviciabilidad optima, no existe ninguna data de las evaluaciones del pavimento a lo largo de su vida útil, que en el ahora y a futuro pueda servir como base para predecir próximos deterioros, y así prevenir que este falle, darle mantenimiento oportuno e incrementar su vida útil.

La presente investigación tiene como objeto de estudio dos avenidas ubicadas en el Distrito Wanchaq, urbanización Ttio Sur, que se encuentran en pésimas condiciones, fisuradas, parchadas y con hoyos; no brindando el confort necesario al tránsito vehicular, las entidades responsables no cuentan con ningún tipo de Plan de Gestión de Pavimentos, más destinan recursos para realizar mantenimientos puntuales que no solucionan el deterioro de la carpeta de rodadura.

La Avenida Jorge Chávez es catalogada como una vía Colectora según la norma técnica C.E. 010 de Pavimentos Urbanos definida así por la función que cumple, a continuación, se tiene las características generales de la vía:

- Longitud de Vía : 1 254 m.
- Ancho de Calzada : 8.00 m.
- Ancho de Carril : 4.00 m (promedio).
- Ancho de Veredas : 1.00 m – 1.50 m.
- Superficie de Rodadura : Asfáltico.
- Inicio : Psje. Jorge Chávez.
- Fin : Av. Velazco Astete.

La vía fue construida en 1982, por lo que en la actualidad cuenta con 34 años cumpliendo ya su ciclo de vida, en este tiempo la Municipalidad Distrital de Wanchaq ha intervenido de manera gradual tanto la calzada como las veredas, de tal forma que se puede evidenciar los parches y recapeos en algunas zonas que están más deterioradas.



Esta avenida es una vía principal, consta de dos carriles en ambos sentidos, como también estacionamientos en diferentes puntos; se ubica entre la Av. 28 de Julio y la Av. Costanera, que vinculados con los pasajes transversales aportan tránsito vehicular y peatonal de alta fluidez, alta accesibilidad y directa integración con el uso de suelo puesto que las principales actividades comerciales y educativas se encuentran en este eje.

Esta avenida cumple la función de conectar el servicio de transporte público y privado que proviene de la Av. Velasco Astete, articulándose con la Av. 28 de Julio y con la Av. Costanera, este recorrido lo realizan las empresas de servicio público; Correcaminos, Liebre, Doradino, entre otras; que disponen de seis paraderos.

La carpeta de rodadura de esta vía se encuentra deteriorada lo que no permite una condición operacional adecuada para vehículos y peatones, presenta numerosas fallas en la superficie del pavimento; tales como grietas longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, hinchamientos, depresiones, ahuellamientos, baches, desprendimiento de agregado, entre otras como se aprecia en la Figura 1.

La Avenida Costanera es una vía paralela a la Avenida Jorge Chávez y tiene similar comportamiento según la función que desempeña, por lo que también se cataloga como vía colectora de acuerdo a la norma técnica C.E. 010 de Pavimentos Urbanos; cuenta con las siguientes características:

- Longitud de Vía : 1 251 m.
- Ancho de Calzada : 6.00 m
- Ancho de Carril : 2.00 m. (promedio)
- Ancho de Veredas : 1.00 m – 1.30 m.
- Superficie de Rodadura : Concreto.
- Inicio : Psje. María Auxiliadora.
- Fin : Av. Velazco Astete.

La antigüedad de esta avenida es de 30 años, tiempo en que la Municipalidad Distrital de Wanchaq ha realizado mantenimientos puntuales tanto en la calzada



como en las veredas, a pesar de haber cumplido su ciclo de vida aún se observan diversas fallas sin embargo, la vía aún es transitable.

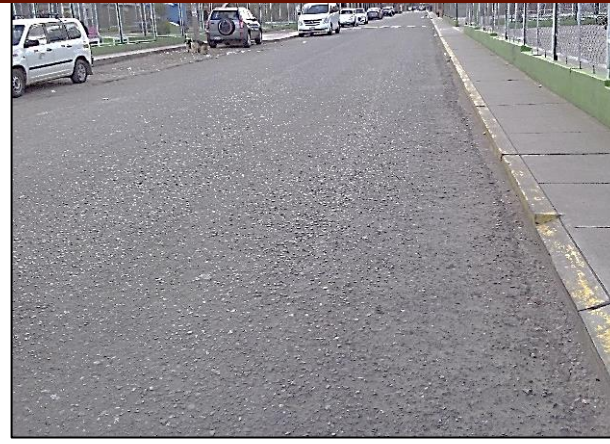
Esta avenida presenta tránsito vehicular con media y alta fluidez, consta de una calzada con dos carriles en ambos sentidos; donde transcurre servicio de transporte privado y público, de carga ligera y se articula con la Av. Jorge Chávez, Jr. de la Unión y Coricancha y por las diferentes vías peatonales de la Urb. Ttio Sur y los Pasajes transversales consideradas como vías locales.

Este recorrido lo realizan las empresas de servicio público; Correcaminos, Doradino, Imperial, entre otras; que disponen de 5 paraderos para las diferentes empresas de servicio de transporte público que hacen su pase por esta avenida.

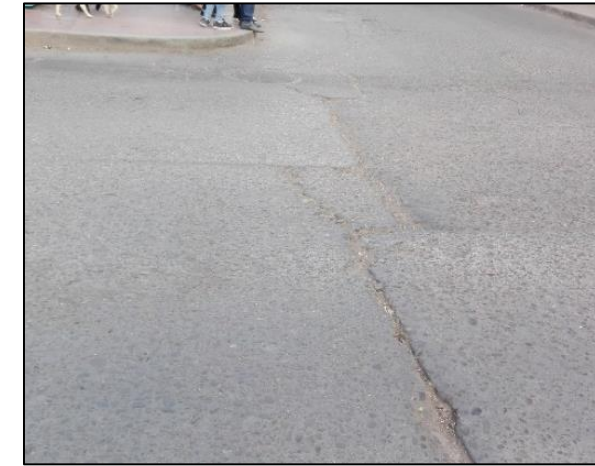
La carpeta de rodadura está en condiciones que permite una operatividad con poco confort para vehículos y peatones, presenta fallas en la superficie del pavimento; tales como; Bacheos chicos, Desprendimiento Superficial, Desprendimiento de Juntas Longitudinales, Desprendimiento de Esquinas, Cortes de Instalaciones, entre otras fallas como se aprecia en las Figura 2.



GRIETAS LONGITUDINALES Y PULIMIENTO



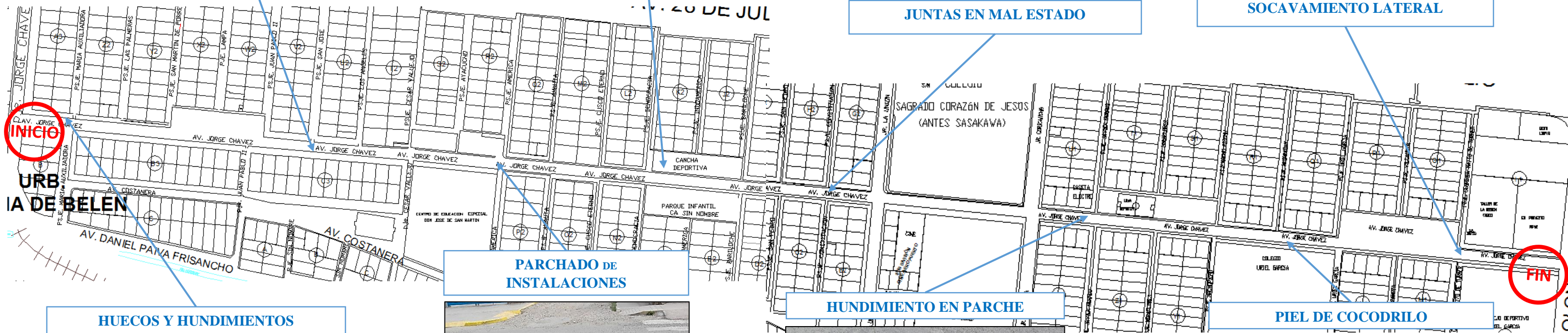
GRIETAS DE BORDE



JUNTAS EN MAL ESTADO



SOCAVAMIENTO LATERAL



HUECOS Y HUNDIMIENTOS



PARCHADO DE INSTALACIONES



HUNDIMIENTO EN PARCHE



PIEL DE COCODRILO

Figura 1: Ubicación de las Fallas Predominantes - Av. Jorge Chávez.

Fuente: Adaptación Plano de Catastro.

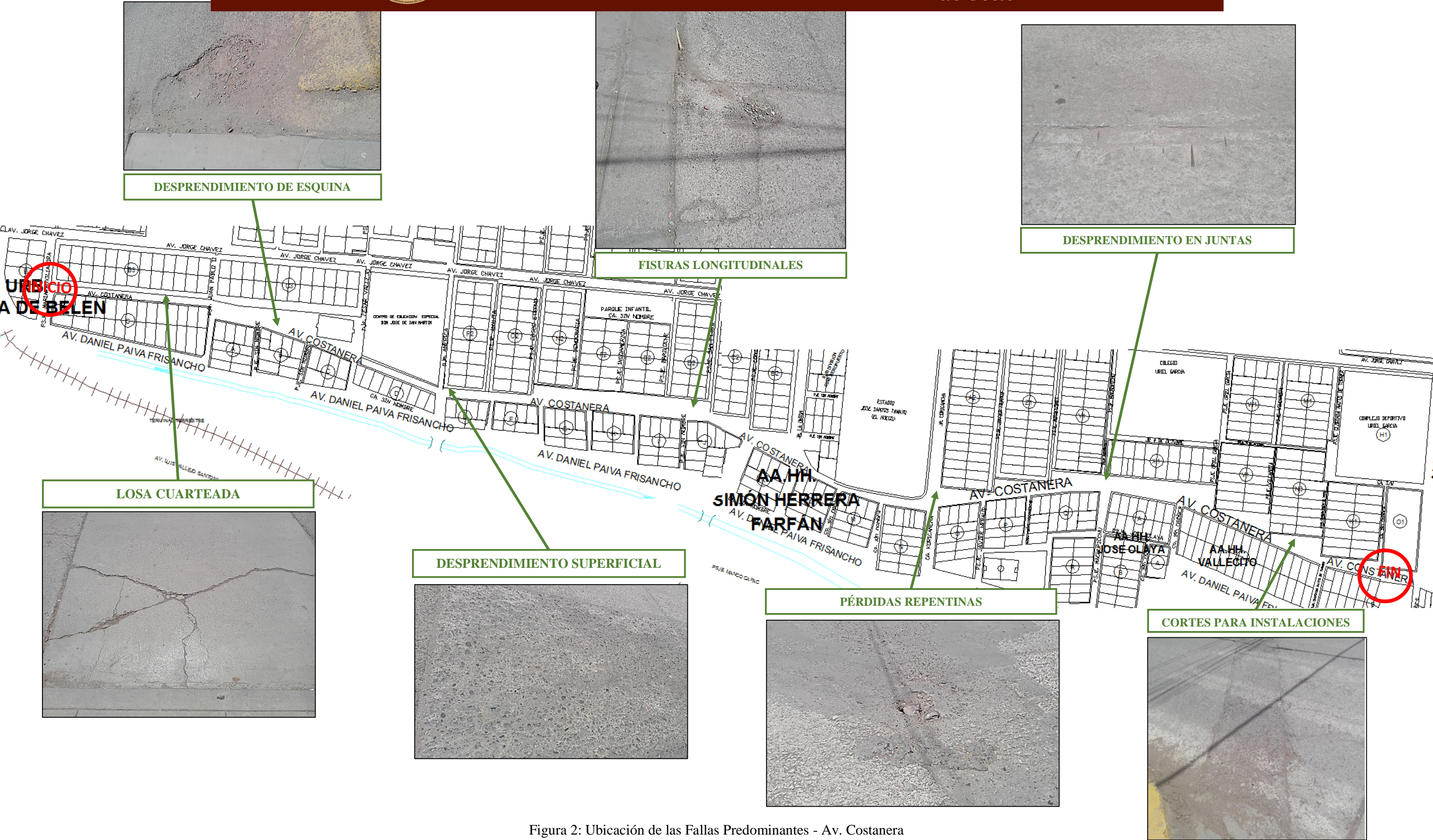


Figura 2: Ubicación de las Fallas Predominantes - Av. Costanera

Fuente: Adaptación Plano de Catastro.



1.1.2. Formulación interrogativa del problema.

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general.

PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo es el plan de Gestión anual de la superficie del pavimento en las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos.

PROBLEMA ESPECÍFICO N°1: ¿Cuál es el nivel de deterioro que presenta la superficie pavimento de las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco establecido por el método PCI?

PROBLEMA ESPECÍFICO N°2: ¿Cuál es el tipo de mantenimiento que se realiza para la superficie del pavimento de las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco?

PROBLEMA ESPECÍFICO N°3: ¿Qué recursos son necesarios para la gestión de la superficie del pavimento de las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco?

1.2. Justificación e importancia de la investigación.

1.2.1 Justificación técnica.

La presente investigación pertenece a la rama de Ingeniería de Transporte y Pavimentos, tiene como principal objetivo evaluar la superficie del pavimento con la metodología Índice de Condición de Pavimentos (PCI), con fines de desarrollar una propuesta de Sistema de Gestión; el cual servirá para minimizar el deterioro de la carpeta de rodadura, como también disminuir tiempos de evaluación con el uso de equipos fotogramétricos en las avenidas: Jorge Chávez y Costanera en el distrito de Wanchaq – Cusco.

1.2.2 Justificación social.

La investigación se justifica socialmente porque al proponer un plan de gestión generará mantenimientos constantes, fomentando puestos de trabajo permanentes; mejorando el confort y la seguridad que brindan las avenidas a los usuarios, puesto que las vías conectan a los sectores usuarios con las principales actividades



comerciales y educativas, como también contribuye a aliviar el tránsito de la Av. 28 de Julio.

También servirá como instrumento de guía para estudiantes e ingenieros, al afianzar conceptos de las metodologías que se utilizan para proponer un plan de Gestión para pavimentos rígidos y flexibles en zonas urbanas.

1.2.3 Justificación por viabilidad.

Debido a que se dispone de tiempo para realizar dicha investigación; los equipos necesarios: como el uso computadoras, UAV-drone y GPS diferencial para la obtención de datos que en su mayoría son de fácil acceso; herramientas que permiten cuantificar los datos: formatos, guías y softwares, normas aplicables al estudio para efectuar la misma, la investigación está a nuestro alcance económico y es viable.

1.2.4 Justificación por relevancia.

El trabajo de investigación es relevante debido a que servirá como un instrumento técnico para la toma de decisiones en la intervención de pavimentos y toda la información obtenida con el equipo fotogramétrico UAV- drone, podrá ser utilizada para optimizar recursos y tiempos al desarrollar la metodología Índice de Condición del Pavimento PCI; y procesar estos datos para generar un plan de Gestión basado en el Sistema del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para una mejor respuesta de ingeniería.

1.3. Limitaciones de la investigación.

1.3.1 Limitaciones del ámbito de estudio.

El estudio se limita a la evaluación de la superficie del pavimento con la metodología establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones adaptado para la gestión de vías urbanas (Sotil Chávez, 2014) que consta de 5 fases las cuales son: Fase de inventario, Fase de Inspección, Fase de determinación de mantenimientos, Fase de estimación de recursos y la Fase de Planificación del mantenimiento; esta metodología adaptada difiere con la metodología inicial, por su uso en carreteras.



La fase de inspección se realiza con el método Índice de Condición de Pavimentos (PCI), utilizando la fotogrametría para el levantamiento de datos.

En la fase de Estimación de Recursos se limita a:

- No se consideró aspectos de drenaje y señalización por no tener antecedentes.
- Se estimó costos por partidas de las actividades de mantenimiento.
- Dentro de los costos y rendimientos se tomó los análisis de precios unitarios generados por la Municipalidad Distrital de Wanchaq, y se tiene en cuenta la fluctuación de precios año a año.
- El sustento teórico de los recursos que son necesarios para la rehabilitación se basan en el Modelo de Sistema de gestión del MTC, el cual deja abierto las consideraciones de los mismos.

Y la fase de Planificación de mantenimientos se limita a una propuesta de intervención inmediata, puesto que para realizar una planificación la metodología propone efectuar modelos de predicción con datos recopilados en un período mínimo de 5 años de evaluación por la metodología PCI, actualmente no se cuenta con registros de evaluaciones anteriores, por consiguiente, esta fase se desestima a solo una propuesta de un plan anual.

1.3.2 Limitaciones geográficas.

La presente investigación está destinada al área de influencia que ocupan las calzadas de ambas vías, como se muestra en la Tabla 1:

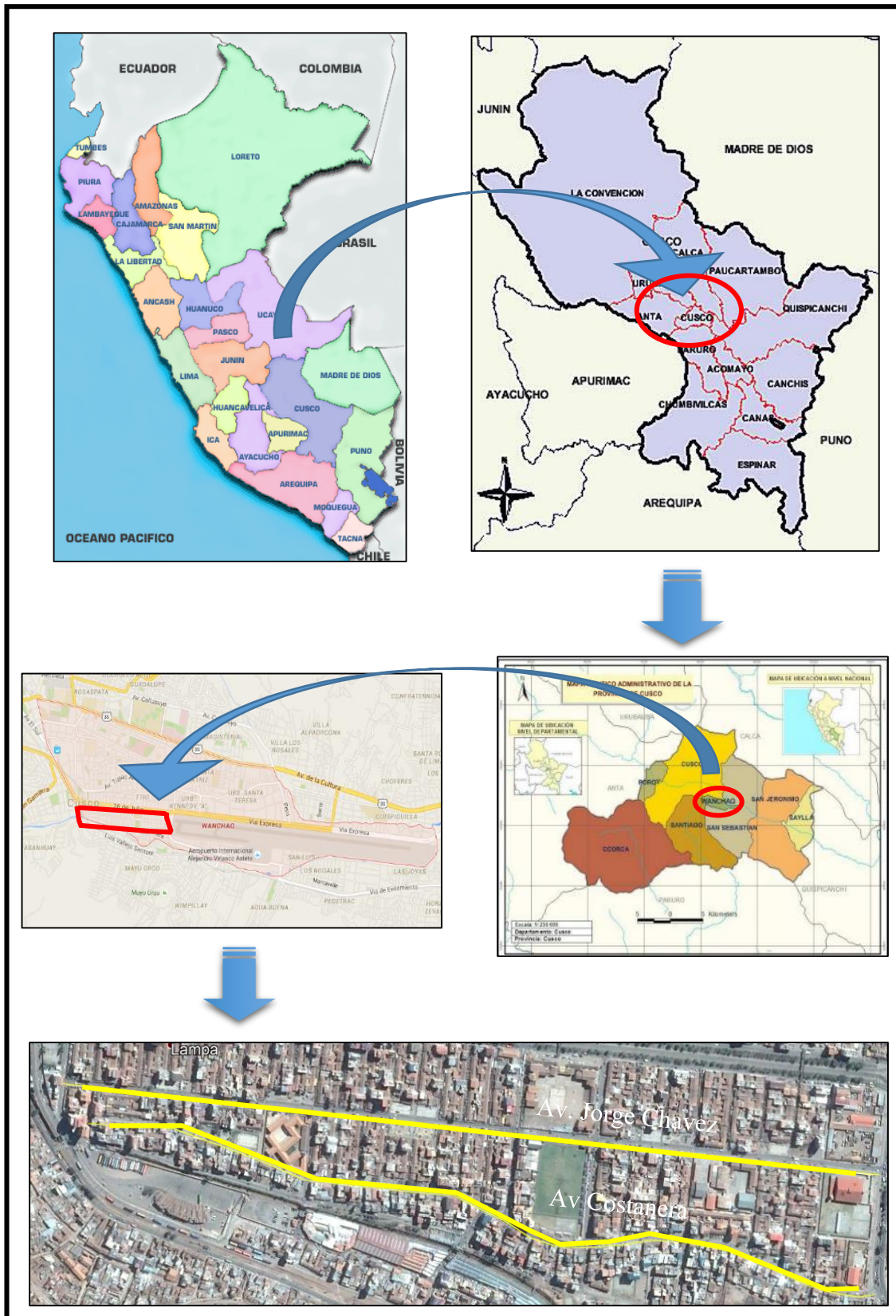


Figura 3: Localización y Macro localización, Av. Jorge Chávez y Av. Costanera.

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

Tabla 1: Características del Área de Influencia.

Región	: Cusco	
Provincia	: Cusco	
Distrito	: Wanchaq	
Zona	: Urbana	
Ubicación	: Av. Jorge Chávez	Av. Costanera
Longitud	: 1 254 m.	1 251 m.
Coordenadas UTM	Inicio: Este: 19L-181828.50 m E Norte: 8501903.12 m S Final: Este: 19L-183089.59 m E Norte: 8501838.92 m S	Inicio: Este: 19L-178855.03 m E Norte: 8501893.58 m S Final: Este: 19L-180058.84 m E Norte: 8501652.13 m S

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.3 Limitaciones de instrumentos y equipos.

En la fase de inspección del Plan de gestión, la evaluación de la superficie del pavimento puede recurrir a diversos métodos, en la presente investigación se optó por métodos visuales de los cuales si se poseen los instrumentos necesarios; como:

Método de PCI Índice de Condición de Pavimento:

- INSTRUMENTOS: formatos para evaluación de pavimentos (levantamiento de fallas).
- EQUIPOS: GPS diferencial R10 Trimble, UAV – drone Phantom 3 y equipos computacionales.

Así para la determinación del índice se limita a realizar conteos en formatos de forma manual, con la ayuda de la fotogrametría y AGISOFT.

1.3.4 Limitaciones de tiempo.

La investigación se limitó a un estudio del estado actual de las vías en el intervalo de meses: de Setiembre a Octubre del 2017.

1.3.5 Limitaciones normativas.

Para esta investigación se empleó la normativa siguiente:

- (Sotil Chávez, 2014) adaptación de la normativa: “Las especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Norma Técnica de Edificaciones de Pavimentos Urbanos (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos 2010 que desarrolla el Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, limitando el esquema que se desarrolló.
- Technical Manual TM5-623 (Pavement Maintenance Management) del (Department of the Army, 1982), limitando el área de unidad de muestreo para evaluación con PCI.
- ASTM D5340-11 (Standard Test Method for Airport Paviment Condition Index Surveys), limitando la metodología de evaluación de fallas en el pavimento.

1.4. Objetivo de la investigación.

1.4.1 Objetivo general.

Objetivo General: Proponer un Plan de Gestión anual de la superficie del pavimento en las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco.

1.4.2 Objetivos específicos.

Objetivo Específico N°1: Determinar el nivel deterioro que presenta la superficie del pavimento de las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco establecido por el método PCI.

Objetivo Específico N°2: Establecer el tipo de mantenimiento que se realiza para la superficie del pavimento de las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco.

Objetivo Específico N°3: Considerar los recursos necesarios para la gestión de la superficie del pavimento de las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco.



1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general.

Hipótesis General: El plan de Gestión optimizará el mantenimiento de la superficie del pavimento en las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco, con la metodología del Ministerio de Transporte y Comunicaciones adaptada a vías urbanas.

1.5.2. Sub hipótesis.

Subhipótesis N°1: El nivel de deterioro de la superficie de la Avenida Jorge Chávez por el método PCI, para Pavimento Flexibles estará entre el rango pobre a muy pobre, y para la Avenida Costanera con un pavimento Rígido se encontrará entre el rango de regular a pobre.

Subhipótesis N°2: El tipo de mantenimiento que se propone para la Avenida Jorge Chávez será del tipo Rehabilitación - reconstrucción, y para la Avenida Costanera será del tipo Rehabilitación – refuerzo estructural.

Subhipótesis N°3: Los recursos necesarios para la gestión de la superficie del pavimento de las Avenidas Jorge Chávez y Costanera serán: Humanos y Equipos.

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variables dependientes.

X1: Plan de Gestión de Pavimento

Acciones físicas principales para el desarrollo y conservación de la Infraestructura Vial, que se podrían ejecutar como resultado del cumplimiento de objetivos y políticas establecidas para el mediano y largo plazo, definidas con la precisión adecuada a una fase de planificación (MTC, Modelo del Sistema de Gestión, 2006).



1.6.2. Indicadores de variables dependientes.

Nivel: Operaciones

Actividades de Mantenimiento

El Mantenimiento vial, es el conjunto de acciones que se realiza para conservar en buen estado las condiciones físicas de la carretera y preservar el capital invertido en la rehabilitación y el mejoramiento, incluyendo las obras complementarias y conexas. (MTC, Manual de Carreteras Conservación Vial , 2013)

Las actividades de mantenimiento serán establecidas por el deterioro de la superficie del Pavimento, información recogida en Formatos de observación y con una unidad de medida: Partidas.

Nivel: Costos Por Partida

Costos de Implementación y Ejecución de Actividades.

Costos de las partidas que se necesitan para desarrollar el mantenimiento relacionadas al tipo de falla o la intervención necesaria en el pavimento.

El indicador del Costo de implementación y ejecución de actividades especificado en el Plan de Gestión, necesitará de formatos guía para su desarrollo, con una unidad de medida: soles.

Nivel: Frecuencia.

Tipos de mantenimiento según la frecuencia.

Los manuales del MTC, y la literatura en general, proveen explicaciones sobre cómo realizar mantenimientos, inclusive bajo la denominación de mantenimientos rutinarios, preventivos, periódicos y/o correctivos. (Ministerio de Vivienda Construcción y Sanamiento, 2010):

- **MANTENIMIENTO RUTINARIO**, requerido de manera continua en todas las vías, independientemente de sus características o volumen del tráfico. Por ejemplo: barrido, corte de grass, limpieza de drenes y cunetas, mantenimiento de alcantarillas y mantenimiento de la señalización.



- MANTENIMIENTO RECURRENTE, requerido a intervalos pre establecidos durante el año, con una frecuencia que depende del volumen del tráfico. Por ejemplo: reparación de baches y bordes, sellado de grietas.
- MANTENIMIENTO PERIÓDICO requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, reposición de losas aisladas, reparación de bermas y señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito).re-sellado de juntas.
- MANTENIMIENTO URGENTE, necesario para hacer frente a emergencias y problemas que requieren acción inmediata, cuando bloquean una vía. Por ejemplo: remoción de obstáculos, colocación de señales de peligro y trabajos diversos.

La frecuencia se definirá en base al tipo de mantenimiento propuesto en el Plan de Gestión, se establecerán formatos guía para este indicador, con una unidad de medida: Meses o Años.

1.6.3. Variables independientes.

Y1: Superficie del Pavimento

Según (Ninaya Gonzales, 2006) la superficie del pavimento o carpeta asfáltica es aquella que proporciona una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color adecuado, que debe resistir los efectos abrasivos provenientes del tránsito y del medio ambiente.

1.6.4. Indicadores de variables independientes.

Nivel: Nivel de Deterioro Superficial

- Tipos de Fallas: (Norma ASTM, 2005) Tipo de degradación que presenta el pavimento en su superficie, que determina la funcionalidad de una vía.

Tabla 2: Tipos de Fallas para pavimento Flexible y Rígido

PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	PARA PAVIMENTO RÍGIDO
1. Piel De Cocodrilo	1. Estallidos
2. Exudación	2. Rotura de esquina
3. Agrietamiento En Bloque	3. Fisuras longitudinales, transversales
4. Abultamiento Y Hundimiento	4. Fisura de durabilidad
5. Corrugación	5. Daño en sello de juntas
6. Depresión	6. Bacheos 5 pie2
7. Grieta De Borde	7. Bacheos – corte para instalaciones
8. Grieta De Reflexión De Junta	8. Pérdidas repentinas
9. Desnivel Carril / Berma	9. Bombeo
10. Grietas Longitudinales Y Transver.	10. Desprendimientos, fisuras erráticas, mapa de fisuras
11. Parcheo	11. Asentamientos
12. Pulimiento De Agregados	12. Losa fragmentada
13. Huecos	13. Fisuras por retracción
14. Cruce De Vía Férrea	14. Desprendimiento en junta
15. Ahuellamiento	15. Desprendimiento en esquina
16. Desplazamiento	
17. Grieta Parabólicas (Slippage)	
18. Hinchamiento	
19. Desprendimiento De Agregados	

Fuente: Adaptación de la Norma ASTM D5340

Las herramientas para recopilar esta información son de Formatos de observación que nos proporciona la NORMA ASTM D5340 y con la ayuda del equipo de fotogrametría UAV o Dron y unidades de medida: metros, metros cuadrados y unidades.

- Severidad de Fallas

(Norma ASTM, 2005) Es la característica que representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; se valora la calidad y precepción que tiene el usuario al transitar un vehículo.

- Bajo, (B): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.
- Medio, (M): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los

abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

- Alto, (A): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; 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.

Las herramientas para recopilar esta información son de Formatos de observación que nos proporciona la NORMA ASTM D5340 y con la ayuda del equipo de fotogrametría UAV o Dron.

- Cantidad de Fallas

(Norma ASTM, 2005) Representará la extensión del daño, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas, y en el caso de pavimentos asfálticos, la calificación estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una unidad de muestra delimitada.

Las herramientas para recopilar esta información son de Formatos de observación que nos proporciona la NORMA ASTM D5340 y con la ayuda del equipo de fotogrametría UAV o Dron y se medirá en unidad por tipo y severidad de falla.

Nivel: Tipo de Mantenimiento

- “Mantenimiento Preventivo o Mínimo: Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatos; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo.
- Mantenimiento Correctivo Menor: Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivo inmediato y/o en el corto plazo.
- Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo: Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuente y probablemente una rehabilitación a medio plazo.



- Rehabilitación – Refuerzo Estructural: Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generación de daños irreversibles.
- Rehabilitación – Reconstrucción. Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo.” (Aceves, 2004)

Nivel: Recursos

- Recursos Humanos: (Valenzuela, 2008) lo define como: Personas involucradas con el proyecto. Esta consiste en la planificación organizacional, la adquisición de personal, y en el desarrollo del equipo. La gestión de los recursos humanos no puede verse como un conjunto de tareas aisladas, sino que opera como un sistema de interrelaciones, la cual están conformadas por personas, las mismas que son la parte fundamental de la organización, quienes permiten el desarrollo continuo para lograr los objetivos propuestos, que ayudarán a alcanzar las metas planteadas.

Para establecer los recursos humanos para un plan de mantenimiento, se necesitará de formatos guía para enumerarlos.

- Equipos: (Rivera, 2012) Se pueden encontrar aquellos insumos que son los llamados “maquinarias”, que incluyen todas las herramientas u objetos que se utilicen para lograr llevar a cabo la obra. Estos equipos se denominan insumos si son adquiridos totalmente, es decir, si son comprados para realizar la obra, si llegaran a ser alquilados no se denominan insumos.

Para el indicador de equipos necesarios en el Plan de Gestión se utilizará formatos guía para enumerarlos.

- Insumos: (Rivera, 2012) El insumo es todo aquello disponible para el uso y el desarrollo de la vida humana, desde lo que encontramos en la naturaleza, hasta lo que creamos nosotros mismos. Para el caso de servicios se alude a los recursos de entrada al proceso cuyo flujo de salida es el servicio entregado. Es el material inicial (materia prima, subproducto) que se incorporan al proceso para satisfacer necesidades.

Para prever los insumos contemplados en el Plan de Gestión se utilizará formatos guía para enumerarlos.



1.6.5. Cuadro de operacionalización de variables.

Tabla 3: Cuadro de Operacionalización de Variables.

PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN ANUAL BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, PARA LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO EN LAS AVENIDAS: JORGE CHÁVEZ Y COSTANERA -WANCHAQ - CUSCO."							
TIPO DE VARIABLE	DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN	NIVEL	INDICADOR	EQUIPOS	INSTRUMENTOS	UNIDADES
VARIABLE DEPENDIENTE XI	PLAN DE GESTIÓN	Acciones físicas principales para el desarrollo y con servación de la carpeta de rodadura, que se podrían ejecutar como resultado del cumplimiento de objetivos y políticas establecidas para el mediano y largo plazo, definidas con la precisión adecuada a una fase de planificación.	OPERACIONES	- Acciones o actividades de Mantenimiento.	- Equipos computacionales.	- Formatos guía.	- Partidas.
			COSTOS POR PARTIDA	- Costos de implementación y ejecución de actividades.		- Formatos guía.	- Soles
			FRECUENCIA	- Mantenimiento Urgente - Mantenimiento Recurrente - Mantenimiento Rutinario - Mantenimiento Periódico		- Formatos guía.	- Tiempo
VARIABLE INDEPENDIENTE YI	SUPERFICIE DE PAVIMENTO	Superficie del pavimento o carpeta asfáltica es la que proporciona una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color adecuado, que debe resistir los efectos abrasivos provenientes del tránsito y del medio ambiente.	NIVEL DE DETERIORO SUPERFICIAL (PCI)	- Tipo de fallas Pavimento Flexible 1. Piel De Cocodrilo 2. Agrietamiento en Bloque 3. Abultamiento y Hundimiento 4. Corrugación 5. Depresión 6. Grieta De Borde 7. Grieta De Reflexión De Junta 8. Grietas Longitudinales Y Transver. 9. Parche 10. Pulimiento De Agregados 11. Huecos 12. Desplazamiento 13. Hinchamiento 14. Desprendimiento De Agregados Pavimento Rígido 1. Rotura de esquina 2. Fisuras longitudinales, transversales 3. Fisura de durabilidad 4. Daño en sello de juntas 5. Parche Pequeño 6. Parche Grande 7. Pérdidas repentinas 8. Desprendimientos, fisuras erráticas, mapa de fisuras	- Equipos computacionales. - Software(Argisoft, autocad) - UAV drone.	- Formatos de la normativa D-5340.	- Tipo de fallas Pavimento Flexible 1. m2 2. m2 3. m2 4. m2 5. m2 6. m 7. m 8. m 9. m2 10. m2 11. und 12. m2 13. m2 14. m2 Pavimento Rígido Losas

Continúa...



TIPO DE VARIABLE	DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN	NIVEL	INDICADOR	EQUIPOS	INSTRUMENTOS	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE Y1	SUPERFICIE DE PAVIMENTO		NIVEL DE DETERIORO SUPERFICIAL (PCI)	9. Asentamientos 10. Losa fragmentada 11. Desprendimiento en junta 12. Desprendimiento en esquina 13. Pulimiento de Agregados - Severidad de fallas BAJO MEDIO ALTO - Cantidad de fallas UNIDAD POR TIPO Y MAGNITUD DE FALLA	- Equipos computacionales. - UAV drone.	- Formatos de la normativa D-5340.	- m, m2, und.
			TIPO DE MANTENIMIENTO	- PCI (100-80): Mantenimiento Preventivo o Mínimo - PCI (85-70): Mantenimiento correctivo menor - PCI (70-55): Mantenimiento correctivo mayor o intensivo - PCI (40-25): Rehabilitación – Refuerzo estructural. - PCI (<25) Rehabilitación – Reconstrucción.	- Equipos computacionales.	- Formatos guía - Normativa D5340.	- und.
			RECURSOS	- Recursos Humanos. - Equipos. - Insumos.	- Equipos computacionales.	- Formatos guía.	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1 Antecedentes a nivel local.

- AUTOR: Montañez Allauca, Edwar Américo.

TÍTULO: “Evaluación Superficial, Funcional y Estructural de la repavimentación de la Avenida de la Cultura, en el tramo comprendido entre la Av. Huascar y la Av. Camino Real.”

UNIVERSIDAD: Universidad Andina del Cusco – Cusco 2014.

RESUMEN: En esta investigación se llevó a cabo la evaluación superficial, funcional y estructural de la repavimentación de la avenida de la cultura, el tramo comprendido entre Av. Huáscar y Av. Camino Real. En su desarrollo se ha empleado procedimientos, mediante las cuales se determinó el estado en el año 2013 de conservación del pavimento flexible a través de la interpretación de parámetros como:

- PCI, con un valor de 53 % que se encuentra en el rango de calificación regular.
- IRI, 3.88 m/km para la vía de subida y 3.97 m/km para la vía de bajada se encuentran por encima del límite aceptable que es 3.5 m/km.
- PSI, califica para ambas vías de la avenida como regular en el rango de 2 -3.
- Deflexiones, la estructura presenta un buen comportamiento respecto al tránsito actual.

Demostrando una condición funcional, superficial y estructural con tendencia a entrar dentro de su fase de vida plástica o de fatiga, no presenta ninguna insuficiencia estructural, pero si muestra aparición de fallas superficiales severas.

APORTE: La tesis citada nos ayudara en el mismo ámbito de influencia local, comparando el comportamiento que tienen los pavimentos flexibles en la ciudad del Cusco.

2.1.2 Antecedentes a nivel nacional.

- AUTOR: Yesquen Granda Irwing Andres.

TÍTULO: “Gestión y conservación de Pavimentos Flexibles, a través del índice de desempeño PCI en el entorno del distrito de Surquillo - Lima.”

UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de Piura – Piura 2016.

RESUMEN: En esta tesis se determinó el índice de desempeño PCI, en el distrito de Surquillo – Lima, recolectando datos para clasificarlos obteniendo por sector un índice y proporcionar un oportuno y adecuado mantenimiento, con el sistema de gestión que propone se retardara el deterioro del pavimento alargando su vida útil de servicio, así generando menos gastos de rehabilitación y reconstrucción.

Se dedicó el 70 a 80 % de la gestión a realizar la evaluación superficial y su recolección de datos estableciendo las fallas más recurrentes en el distrito; se separó para la inspección en 5 sectores:

- A con un PCI = 60 calificado como bueno con 108 paños de inspección.
- B con un PCI = 49 calificado como regular con 44 paños de inspección.
- C con un PCI = 58 calificado como bueno con 18 paños de inspección.
- D con un PCI = 52 calificado como regular con 44 paños de inspección.
- E con un PCI = 54 calificado como regular con 31 paños de inspección.

Donde se realizará un mantenimiento periódico con acción inmediata en los sectores A, B Y D y un mantenimiento rutinario monitoreando el deterioro en los sectores C Y D.

APORTE: La tesis citada nos aporta con los pasos de la metodología PCI para pavimentos regidos y flexibles, y las alternativas de mantenimiento propuestas para el índice PCI que se obtuvo para el distrito en estudio.

2.1.3 Antecedentes a nivel internacional.

- AUTOR: Armijos Salinas, Chritian Rolando.

TÍTULO: “Evaluación Superficial de algunas calles de la ciudad de Loja.”

UNIVERSIDAD: Universidad Técnica Particular de Loja – Ecuador 2009.



RESUMEN: Se realizó la evaluación de las Calles: Av. Manuel Carrión, Calle Marcelino Champagnate, Estación Norte y Estación Sur del Sistema Integrado de transporte sientos estos pavimentos rígidos y flexibles, donde se observó el procesamiento de recolección de las patologías de ambos tipos de concreto, después del análisis de los datos se concluyó:

- Para la Av. Manuel Carrión con un PCI igual a 51 en estado regular una rehabilitación por lo menos de los bacheos de las zonas más críticas.
- Para la Calle Marcelino Champagnate con un PCI igual a 51 en estado regular es necesario considerar rehabilitación para incrementar el periodo de funcionamiento antes de que se produzcan deterioros mayores.
- Para la Estación Norte del Sistema Integrado de Transporte con un PCI igual a 91 en estado excelente.
- Para la Estación Sur del Sistema Integrado de Transporte con un PCI igual a 89 en estado excelente.

APORTE: En la tesis citada el autor realizó un exhaustivo desarrollo de valores deducidos en los ábacos que propone la NORMA ASTM 5430 para el caso de pavimento flexible y pavimento rígido, estas tablas de valores fueron utilizadas para generar los monogramas necesarios para nuestra investigación.

- AUTOR: Díaz Cárdenas, Juan Manuel.

TÍTULO: “Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación vehicular en los caminos rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la provincia de Chimborazo.”

UNIVERSIDAD: Universidad Técnica de Ambato – Ecuador 2011.

RESUMEN: En la tesis se analizó la vía Riobamba – San Luis – Punín – Flores – Cebadas, de la provincia de Chimborazo, la cual se tomó para general un modelo de una adecuada gestión de conservación vial, con investigaciones de campo para obtener información base, realizando un inventario vial y una evaluación del estado de la vía; se recogió información histórica de los estudios ejecutados e intervenciones realizadas en la zona, como también se recogió información sobre recursos, costos, mantenimiento vial y sistema de gestión.



El modelo de gestión que se propone en la tesis permitirá la reducción de costos de mantenimiento con los beneficios de los usuarios, así como también se propone el modelo de mantenimiento integral con el siguiente esquema: Inventario vial, Análisis de Costos, Ejecución y supervisión, Determinación de ahorro.

APORTE: La tesis citada nos contribuirá en la construcción de esquemas, cuadros y formatos para la fase de propuesta del plan de gestión al analizar los recursos y actividades necesarias en el análisis de datos, como también en la fase de presupuestos en la estimación de costos.

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1 Aspectos generales

2.2.1.1 Pavimento

Se denomina pavimento a un elemento estructura relativamente horizontal apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y móviles en un periodo de tiempo.

Según (Vivar, 1995) está formado por una o varias capas superpuestas de espesores y calidades diferentes, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

En el Manual de Pavimentos de la (Universidad Mayor de San Simón, 2004) señala que “Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.”

2.2.1.2 Características que debe reunir un pavimento.

Las características que debe reunir un pavimento según (Rondon, 2009):

- Resistencia a las cargas impuestas por tránsito.
- Resistencia a los agentes del intemperismo
- Resistencia al deslizamiento y desgaste.

- Presentar adecuada regularidad superficial (horizontal y vertical)
- Presentar adecuada reflexión luminosa
- Ser durable, económico cómodo y seguro
- Presentar condiciones adecuadas de drenaje
- El ruido de rodadura debe ser moderado.

2.2.1.3 Clases de pavimentos.

La clasificación de pavimentos está sujeta a las limitaciones inherentes a las técnicas de clasificación, entonces los pavimentos pueden ser:

- **Pavimentos Flexibles.** - (Garber, 2005) describe como aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. Los pavimentos flexibles consisten en una superficie bituminosa soportada por una capa de material granular y una capa de una mezcla adecuada de materiales gruesos y finos. Se suele considerar a la estructura del pavimento como un sistema elástico de varias capas, estando caracterizado el material de cada capa por ciertas propiedades físicas, que puede incluir el módulo de elasticidad, la resiliencia y la relación de Poisson. Se suele suponer que cada capa de la subrasante es infinita en el plano horizontal y en el vertical.

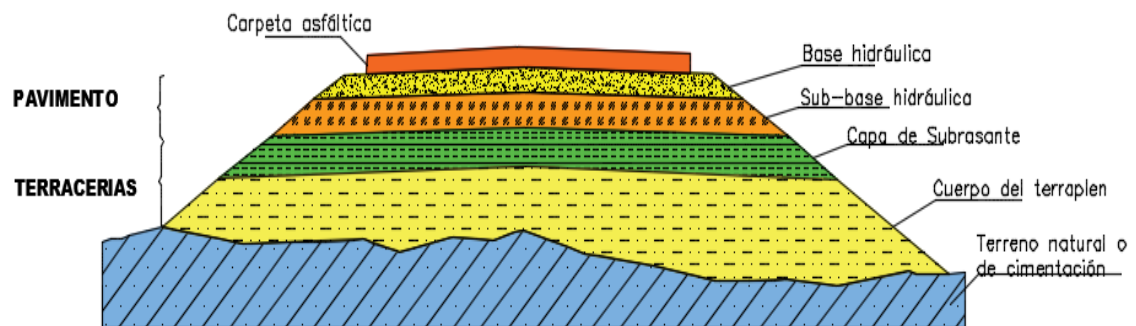


Figura 4: Estructura Pavimento Flexible

Fuente: Elaboración Propia

- **Pavimentos Rígidos.** – Según (Garber, 2005) los pavimentos rígidos se construyen normalmente, con cemento de concreto portland, y pueden tener o no una capa de base entre la subrasante y la carpeta de concreto. Los pavimentos rígidos tienen algo de resistencia a la flexión, que les permite sostener una acción como de viga a través de irregularidades menores en el material subyacente. Los

pavimentos rígidos bien diseñados y construidos tienen larga vida de servicio y en general su mantenimiento es menos costoso que el de los pavimentos flexibles.

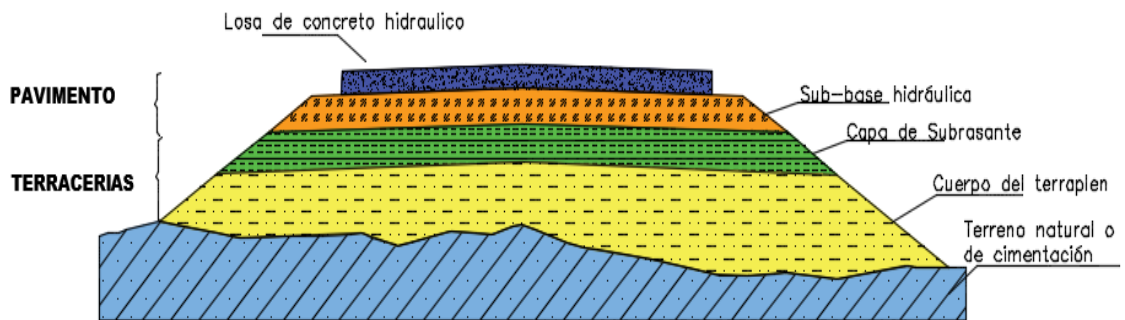


Figura 5: Estructura Pavimento Rígido

Fuente: Elaboración Propia.

- **Pavimentos Semirrígidos.** - En términos amplios, la (Universidad Mayor de San Simón, 2004) describe a un pavimento semirrígido o compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

La estabilidad de suelos por medio de ligantes hidráulicos (cemento Portland) permite que se obtengan materiales con capacidad de soporte suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como ser camiones o aeronaves.

- **Pavimentos Con Tratamiento Superficial.** - Los tratamientos superficiales dobles o triples pueden ser utilizados como capas de revestimiento en carreteras de tráfico leve a medio. Se construyen mediante la aplicación de capas de ligante bituminoso sobre las cuales se conforman capas de materiales pétreos compactados, cuya granulometría debe ser rigurosamente controlada para satisfacer las exigencias de las especificaciones técnicas adoptadas en el proyecto (Universidad Mayor de San Simón, 2004).

2.2.1.4 Componentes estructurales de un pavimento flexible y rígido.

Según (Ninaya Gonzales, 2006) la estructura que se apoya sobre el terreno de fundación o subrasante, y que está conformado por capas de materiales de diferentes calidades y espesores, que obedecen a un diseño estructural, se denomina pavimento. La estructura del pavimento está destinada a soportar las cargas provenientes del tráfico.

Los pavimentos asfálticos están conformados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares del proyecto.

La distribución típica de las capas que conforman la estructura del pavimento se grafican en la Figura 6:

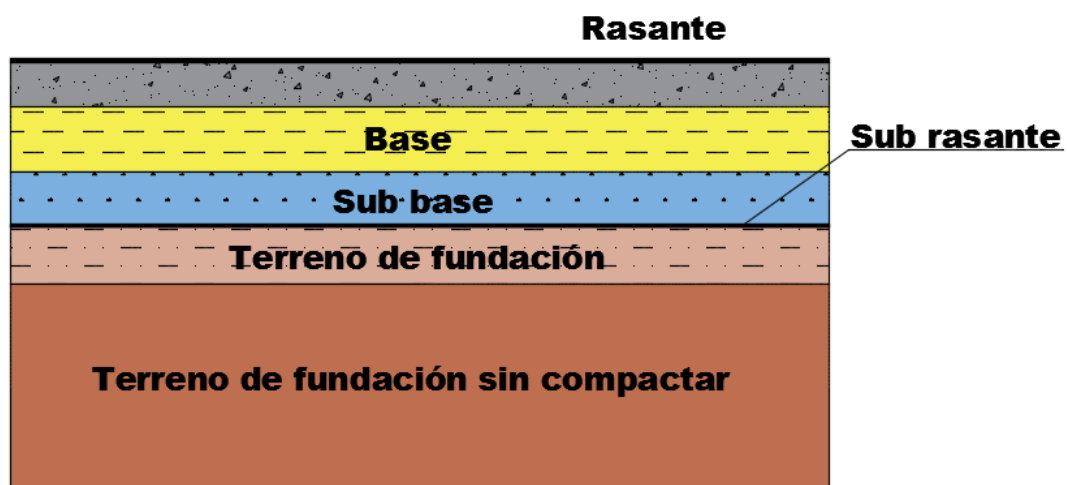


Figura 6: Distribución típica de la estructura del Pavimento

Fuente: Elaboración Propia.

La carpeta asfáltica (Ninaya Gonzales, 2006) lo define como una capa de rodamiento proporciona una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color adecuado, que debe resistir los efectos abrasivos provenientes del tránsito y del medio ambiente. El método de diseño AASHTO 1993 considera como parámetro de diseño de la carpeta asfáltico el módulo resiliente, para mezclas asfálticas en caliente estos valores varían de 400,000 a 450,000 psi (28,000 a 32,000 kg/cm²) a 20°C.

La capa de base, según (Gutierrez & Vivar, 1996) es el principal elemento estructural de un pavimento flexible y que en los pavimentos rígidos puede remplazar a la sub base, esta capa tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por la carpeta de rodadura y a su vez transmitirlo a un nivel de esfuerzos adecuados y distribuirlos uniformemente a la capa siguiente que puede ser la sub base o a la subrasante.

La sub base, según (Ordoñez & Minaya, 2007) es un material de préstamo que se coloca entre la subrasante o suelo de fundación y la base en un pavimento flexible o entre la subrasante y las losas de concreto en un pavimento rígido. Tiene una función primaria de protección (drenante y anticontaminante) de la base de un pavimento flexible o de las losas en un pavimento rígido, y una función secundaria resistente principalmente en el caso de los pavimentos flexibles.

2.2.1.5 Factores que alteran un pavimento.

Las diferentes capas de pavimento, así como sus espesores se diseñan de acuerdo a la capacidad de soporte del terreno de fundación, de la calidad del material a usarse, del tipo de pavimento, intensidad de tránsito, clima, entre otros.

La (Universidad Mayor de San Simón, 2004) dice que el factor edad (tiempo) no está claramente definido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es un factor negativo neto que contribuye a la reducción de la serviciabilidad. El efecto del medio ambiente considera situaciones donde se encuentran arcillas expansivas o levantamientos por helada. Así, el cambio total en el PSI en cualquier momento puede ser obtenido sumando los efectos dañinos del tráfico, arcillas expansivas y/o levantamientos por helada.

A. EL TRÁNSITO

Según (Montejo, 2002) en su libro Ingeniería de Pavimentos para carreteras dice que el tránsito: “Interesa para el dimensionamiento de los pavimentos las más pesadas por eje (simple, tándem o tridem) esperadas en el carril de diseño (el más solicitado que determinara la estructura del pavimento de la carretera) durante el período de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son

fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales (curvas, zonas de frenado y aceleración, etc.), las velocidades de operación de los vehículos (en especial las lentas en zonas de estacionamientos de vehículos pesados), la canalización del tránsito, etc.”

B. EL CLIMA

(Montañez, 2010) dice que los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento, son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras, la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas.

2.2.1.6 Tipos de fallas en el pavimento.

La (Norma ASTM, 2005) establece que: “Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía.

Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario.”

Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desintegración de pavimentos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas. Ver Figura 7 y Tabla 4.



Figura 7: Fallas en Pavimentos Flexibles

Fuente: Adaptación Propia de la Norma ASTM D5340.

Y para el caso de pavimentos rígidos los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desintegración; 4) Otras fallas como se en la Figura 8 y Tabla 5.

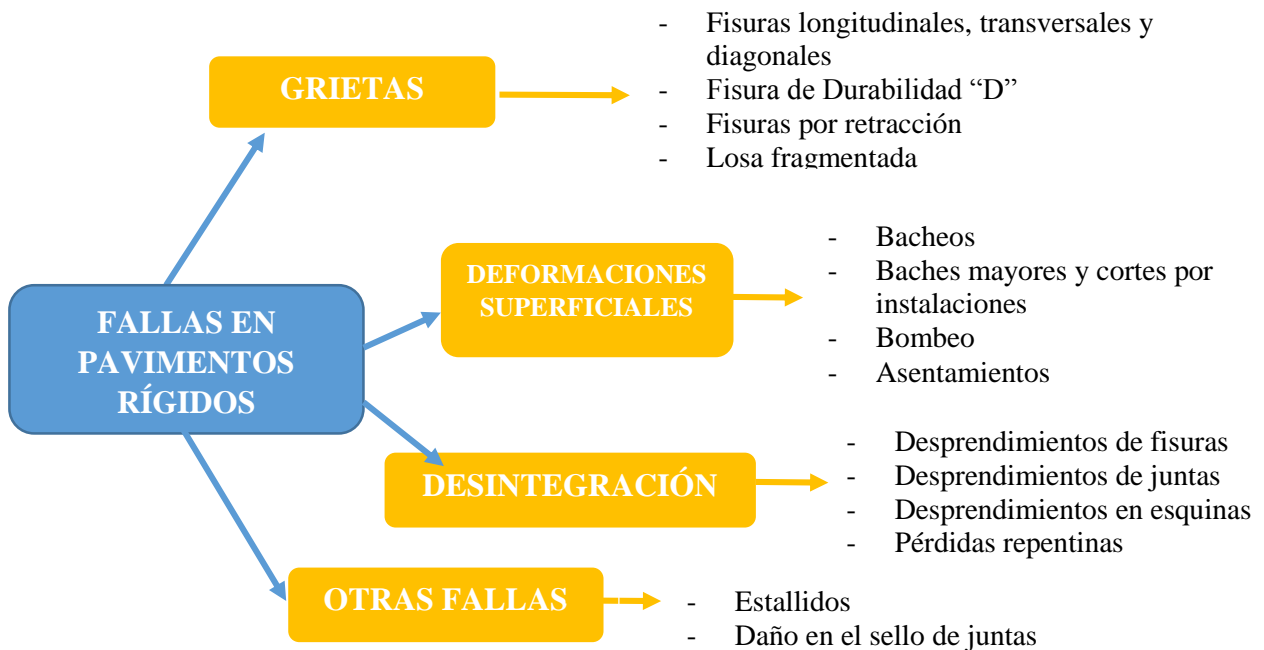




Figura 8: Fallas en Pavimentos Rígidos



Fuente: Adaptación Propia de la Norma ASTM D5340.

- Tipos de fallas en pavimentos flexibles:


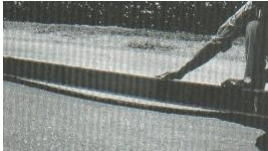
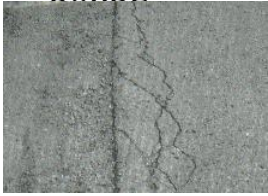
Tabla 4: Cuadro de Tipos de Fallas para Pavimentos Flexibles

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA	
<p>1. PIEL DE COCODRILO</p> 	<p>Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.</p>	<p>B</p>	<p>Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.</p>	<p>m2</p>	
		<p>M</p>	<p>Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel B, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.</p>		
		<p>A</p>	<p>Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.</p>		
<p>2. EXUDACIÓN</p> 	<p>La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.</p>	<p>B</p>	<p>La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.</p>	<p>m2</p>	
		<p>M</p>	<p>La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.</p>		
		<p>A</p>	<p>La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.</p>		



Continúa...

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA	
<p>3. AGRIETA MIENTO EN BLOQUE</p> 	<p>Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito.</p>	B	Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.	m2	
		M	Bloques definidos por grietas de severidad media.		
		A	Bloques definidos por grietas de alta severidad.		
<p>4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS</p> 	<p>Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen: a) Levantamiento o combadura de losas de concreto con una sobre carpeta de asfalto. b) Expansión por congelación. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones”</p>	B	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.	m2	
		M	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.		
		A	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.		
<p>5. CORRUGACION</p>	<p>La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la</p>	B	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.	m2	


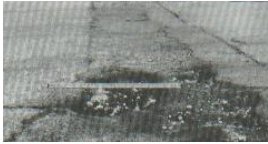
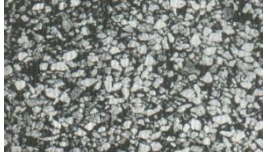
Continúa...

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA	
<p>5. CORRUGACIÓN</p> 	<p>dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.</p>	M	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.		
<p>6. DEPRESIÓN</p> 	<p>Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.</p>	B	13.0 a 25.0 mm.	m2	
		M	25.0 a 51.0 mm.		
		A	Más de 51.0 mm.		
<p>7. GRIETA DE BORDE</p> 	<p>Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como</p>	B	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	m2	
		M	Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.		

Continúa...



TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA
	se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).	A	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.	
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA 	Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada.	B	Existe una de las siguientes condiciones: • Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. • Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	m
M	Existe una de las siguientes condiciones: • Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. • Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. • Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.			
A	Existe una de las siguientes condiciones: • Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. • Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.			
9. DESNIVEL CARRIL/BERMA 	El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.	B	La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.	m
M	La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.			
A	La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.			
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: - Una junta de carril del pavimento pobremente construida. - Contracción de la superficie de concreto asfáltico	B	Existe una de las siguientes condiciones: - Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. - Grieta rellena de cualquier ancho.	m

Continúa...




TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA
(NO SON DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND) 	debido a bajas temperaturas. - Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base. - Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.	M	Existe una de las siguientes condiciones: -Grieta sin relleno entre 10.0 y 76.0 mm. -Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.mm -Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.	
11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS 	Un parche es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento).	B	El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	m2
		M	El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.	
		A	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.	
12.PULIMENTO DE AGREGADOS 	Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del	B	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.	m2
		M	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.	

Continúa...





TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA
	vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto.	A	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.	
13.HUECOS 	Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización.	B	Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro siguiente. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies ² (0.47 m ²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.	m2
M				
A				
14.CRUCE DE VÍA FÉRREA 	Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse.	B	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.	m2
M	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.			
A	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta. 14.2			
15. AHUELLAMIENTO	El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados	B	De 6.0 a 13.0 mm.	m2

Continúa...

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA	
	<p>del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.</p>	M	De >13.0 mm a 25.0 mm.		
		A	> 25.0 mm.		
<p>16. DESPLAZAMIENTO</p> 	<p>El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland</p>	B	El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	m2	
		M	El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.		
		A	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.		
<p>17. GRIETAS PARABÓLICAS SLIPPAGE</p> 	<p>Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este</p>	B	Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.	m2	
		M	<p>Medio - Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. • El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados. 		

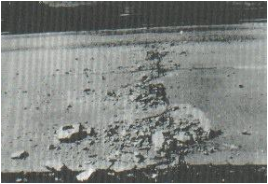
Continúa...

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD		UND. DE MEDIDA
	daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.	A	Alto - Existe una de las siguientes condiciones: • Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. • El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.	
<p>18. HINCHAMIENTO</p> 	El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.	B	El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.	m2
M	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	A	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	
<p>19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO O DE AGREGADOS</p> 	La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.	B	Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	
M	Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	A	Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos.	

Fuente: Extracto de la Norma ASTM D5340

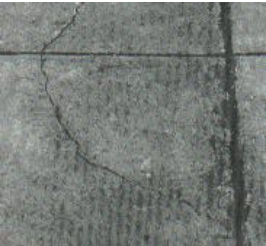
- Tipos de fallas en pavimentos rígidos:

Tabla 5: Cuadro de Tipos de Fallas para Pavimentos Rígidos.

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
<p>1. ESTALLIDOS</p> 	<p>Los estallidos ocurren generalmente en climas cálidos, usualmente en correspondencia con juntas o fisuras transversales que no son lo suficientemente anchas para permitir la expansión de las losas de hormigón. El ancho insuficiente se debe, generalmente, a la infiltración de material no compresible en el espacio de la junta. Cuando la presión debida a la expansión no puede ser liberada, los bordes de la losa pandean hacia arriba, o una fragmentación ocurrirá en proximidades de la junta. Los estallidos pueden presentarse también en aserrados o estructuras de drenaje.</p>	<p>B</p>	<p>Pistas y calles de rodaje de alta velocidad: < ½” (< 13 mm) El nivel de deterioro en el pavimento no lo hace inoperable y la cantidad de rugosidad es leve. Plataformas y otras calles de rodaje: ¼” – 1” (6 a 25 mm)</p>
<p>2. ROTURA DE ESQUINA</p>	<p>Las roturas de esquinas es una fisura que intersecta las juntas a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la losa a cada lado, medida desde la esquina de la losa. Las roturas de esquinas son causadas por repetición de cargas, combinadas con la pérdida del soporte y tensiones por alabeo. Una rotura de esquina se diferencia de un desprendimiento de la esquina por que la fisura se extiende verticalmente a través del espesor total de la losa, mientras que el desprendimiento de la esquina intercepta la junta con un ángulo.</p>	<p>M</p>	<p>Pistas y calles de rodaje de alta velocidad: ½” – 1” (13 a 25 mm) El nivel de deterioro en el pavimento no lo hace inoperable pero existe una significativa rugosidad. Plataformas y otras calles de rodaje: 1” a 2” (25 a 51 mm)</p>
		<p>A</p>	<p>Inoperable</p>
		<p>B</p>	<p>La fisura tiene leves desprendimientos. Si la fisura esta abierta, su espesor medio es menor a aproximadamente 1/8” (3 mm). La fisura puede ser de cualquier espesor si está debidamente rellenada con un sellador en buenas condiciones.</p>


Continúa...




TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
		M	<p>Se presenta alguna de las siguientes condiciones:</p> <p>(1) la fisura sellada o abierta presenta desprendimientos moderados.</p> <p>(2) una fisura no rellenada presenta un ancho que varía entre 1/8" y 1" (3 a 25 mm).</p> <p>(3) una fisura rellenada presenta desprendimientos leves o no tiene desprendimientos pero tiene el material de relleno en malas condiciones.</p> <p>(4) el área entre la rotura de esquina y las juntas se encuentra levemente fisurada. Levemente fisurada quiere decir que una fisura de severidad baja divide el área en dos piezas.</p>
		A	<p>Se presenta alguna de las siguientes condiciones:</p> <p>(1) fisura rellenada o abierta presenta serios desprendimientos y es definitivamente un FOD potencial.</p> <p>(2) una fisura sin relleno tiene un ancho medio mayor a 1" (25 mm), creando un daño potencial para las llantas.</p> <p>(3) el área entre la rotura de esquina y las juntas está severamente fisurada.</p>

Continúa...




TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
<p>3. FISURAS LONGITUDINALES/TRANSVERSALES/DIAGONALES</p> 	<p>Estas fisuras, las cuales dividen la losa en dos o tres partes, son generadas generalmente por las sollicitaciones producidas por la expansión y retracción o arqueo del pavimento (Para losas divididas en cuatro o más partes ver X2.13). Las fisuras de severidad baja están generalmente asociadas a alabeo o fricción, y no se considera que acarreen problemas estructurales serios. Las fisuras de mediana a alta severidad se producen por el trabajo del pavimento y se consideran patologías estructurales serios.</p>	<p>B</p>	<p>La fisura tiene leves desprendimientos por lo que no hay peligro potencial de FOD. Si la fisura está abierta, su espesor medio es menor a 1/8" (3 mm). La fisura puede ser de cualquier espesor si está debidamente sellado con un sellador en buenas condiciones. La losa queda dividida en tres piezas con fisuras de baja severidad.</p>
		<p>M</p>	<p>Se presenta alguna de las siguientes condiciones: (1) la fisura sellada o abierta presenta desprendimientos moderados (potencial moderado de FOD).(2) una fisura no rellenada presenta un ancho que varía entre 1/8" y 1" (3 a 25 mm). (3) una fisura rellenada que presenta desprendimientos leves o no tiene desprendimientos pero tiene el material de relleno en malas condiciones.(4) la losa está dividida en tres piezas por dos o más fisuras, por lo menos una de las cuales es de media severidad.</p>
		<p>A</p>	<p>Se presenta alguna de las siguientes condiciones: (1) fisura rellenada o abierta presenta serios desprendimientos y es definitivamente un peligro potencial de FOD. (2) una fisura sin relleno tiene un ancho medio mayor a 1" (25 mm), creando un daño potencial para las llantas.</p>

Continúa...


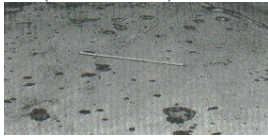
TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
			(3) la losa está dividida en tres piezas por dos o más fisuras, por lo menos una de las cuales es de alta severidad.
<p>4. FISURA DE DURABILIDAD “D”</p> 	<p>La fisura “D” usualmente aparece como un patrón de fisuras en proximidad o paralela a una junta o a una fisura lineal. Está causada por la incapacidad del hormigón de soportar factores ambientales como los ciclos congelamiento y deshielo. Generalmente puede observarse un oscurecimiento de la zona alrededor de las fisuras finas de durabilidad. Este tipo de fisuración puede llevar eventualmente a la desintegración del hormigón a una distancia de 1 a 2 pies (300 a 600 mm) de la junta o la fisura.</p>	<p>B</p>	<p>Se caracteriza por fisuras superficiales localizadas en una o dos esquinas o a lo largo de una junta. El nivel de desintegración es bajo o nulo. No se presentar peligro de FOD</p>
		<p>M</p>	<p>Las fisuras superficiales se han propagado en un área importante de la losa con un nivel desintegración bajo o nulo; o las fisuras han ocurrido en un área limitada de la losa como, por ejemplo, en una o dos esquinas o a lo largo de una junta, pero con desintegración o desprendimientos superficiales. Presenta un riesgo de FOD.</p>
		<p>A</p>	<p>Las fisuras se han propagado en un área considerable de la losa con desintegración del pavimento y riesgo de FOD.</p>
<p>5. DAÑO DEL SELLADO DE JUNTAS</p>	<p>El daño en el sellado de juntas es todo aquel que permite que partículas de suelo o rocas se acumulen en las juntas o que permita la infiltración del agua. La acumulación de materiales incompresibles no permite que las losas se expandan y puede llevar al alabeo, fragmentación o desprendimiento de material. La infiltración del agua a través del daño en el sellado de juntas puede causar ablandamiento y deterioro de la subbase, lo cual puede ser prevenido mediante la incorporación de selladores flexibles vinculados a los bordes de las losas. Las</p>	<p>B</p>	<p>El sellador se encuentra, de manera general, en buenas condiciones y los daños anteriormente mencionados se han manifestado levemente. El material sigue en contacto con los bordes del hormigón a pesar de ya no estar adherido a los mismos. Esta condición es característica si se puede introducir la hoja de un cuchillo entre el sellador y el borde del hormigón sin mucha resistencia.</p>

Continúa...





TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
	<p>condiciones típicas de daño en el sellado de juntas incluyen: (1) desprendimiento del material de sellado, (2) extrusión del material de sellado, (3) crecimiento de material orgánico, (4) endurecimiento del sellador (oxidación), (5) pérdida de adherencia a los bordes de las losas, y (6) ausencia o falta de sellador en la junta.</p>	M	<p>El sellador de juntas se encuentra en condiciones regulares con alguno de los daños mencionados anteriormente en forma moderada. El sellador requiere ser reemplazado dentro los próximos dos años. Se identifica cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <p>(1) El sellador se encuentra en su lugar pero permite el paso del agua por aberturas de no más de 3 mm de ancho. Si la hoja de un cuchillo no se puede introducir fácilmente entre el sellador y el borde hormigón esta situación no existe</p> <p>(2) el bombeo de desperdicios es evidente en la junta</p> <p>(3) el sellador esta oxidado y agotado pero flexible, y generalmente llena la junta o (4) la vegetación en la junta es visible pero no oscurece la junta</p>
		A	<p>El sellador de junta se encuentra en condiciones pobres en toda la muestra inspeccionada con uno o más de los daños ocurriendo en un grado severo. El sellador debe ser reemplazado inmediatamente. El daño en el sellador de las juntas es severo si más del 10% excede el criterio límite establecido líneas arriba o si más del 10% del sellador se ha perdido.</p>

Continúa...



TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
<p>6. BACHEOS MENORES (MENOS DE 0.5 M2)</p>	<p>Un bacheo es un área del pavimento que ha sido reemplazada por un material de relleno. Con el fin de evaluación, el bacheo se divide en dos tipos: menores (áreas menores a 0,5 m2) y mayores (áreas mayores a 0,5 m2). Los bacheos mayores se describirán más adelante.</p>	<p>B</p>	<p>El bacheo está funcionando de manera adecuada o con leve deterioro.</p>
<p>7. BACHEOS MAYORES (más de 0.5 m2) Y CORTES PARA INSTALACIONES</p> 	<p>La definición es la misma que para bacheos menores. Un corte para las instalaciones se refiere al material utilizado para rellenar el área en el que se ha removido el pavimento original por haber colocado una instalación subterránea. Los grados de severidad en un corte para instalaciones son los mismos que para un bacheo común.</p>	<p>B</p>	<p>El bacheo está funcionando de manera adecuada, con leve o un nulo deterioro.</p>
<p>8. PÉRDIDAS REPENTINAS (POPOUTS)</p> 	<p>Una pérdida repentina se manifiesta por una pequeña pieza del pavimento que se desprende a causa de los ciclos de hielo y deshielo en combinación con agregados expansivos. Las pérdidas repentinas varían aproximadamente entre 25 y 100 mm en diámetro y entre 13 y 51 mm en profundidad.</p>		<p>No están definidos niveles de severidad para las pérdidas repentinas, sin embargo, su densidad debe alcanzar un mínimo de tres por metro cuadrado en toda el área de la losa antes de ser consideradas como una patología.</p>

Continúa...



TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
<p>9. BOMBEO</p> 	<p>El bombeo se caracteriza por la expulsión de agua y material del sub suelo (o la sub base) a través de juntas o fisuras del pavimento, causada por la deflexión de la losa al recibir la carga del tráfico de las aeronaves. A medida que el agua es expulsada, transporta partículas de grava, arena, arcilla, o limo resultando en una pérdida progresiva del soporte para el pavimento. Manchas en la superficie y la presencia de material de la sub base.</p>		<p>No se han establecido niveles de severidad siendo suficiente el definir la presencia del bombeo.</p>
<p>10. DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL, MAPA DE FISURAS, FISURAS ERRÁTICAS</p> 	<p>Un mapa de fisuras o fisuras erráticas se refieren a una red de fisuras poco profundas que se extienden solo a través de la superficie superior del hormigón. Las fisuras suelen intersectarse en ángulos de 120 grados. Las fisuras erráticas resultan usualmente por un curado inapropiado y/o acabado del hormigón y puede llevar al desprendimiento, desgranamiento superficial (scaling). El desprendimiento superficial puede alcanzar una profundidad aproximada de 6mm a 13mm. El desprendimiento superficial también puede ocurrir a causa de la presencia de sales para deshielo, una construcción mal ejecutada, por ciclos de congelamiento y deshielo, o por un agregado de mala calidad. La reactividad álcalis-sílice (Na₂O y K₂O) en algunos cementos y ciertos minerales en algunos agregados es otra causa para la patología asociada con el desprendimiento superficial.</p>	<p>B</p>	<p>El mapa de fisuras o las fisuras erráticas se manifiestan en un área significativa de la losa. No existe desprendimiento superficial y el pavimento se encuentra en buenas condiciones. El patrón de la fisura debe estar claramente definido. Las fisuras deben mostrar señales de desgaste individualmente. Las fases iniciales de esta patología son descartadas. La severidad baja es una indicación de desprendimiento superficial potencial en el futuro.</p>
		<p>M</p>	<p>Losa con desprendimiento superficial en aproximadamente 5% de su superficie y con posible riesgo de FOD.</p>

Continúa...




TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
		A	Losa con desprendimiento superficial en más del 5% de su superficie y riesgo evidente de FOD.
<p>11. ASENTAMIENTOS O FALLAS</p> 	<p>Los asentamientos o fallas son diferencias de elevación en correspondencia con una junta o una fisura causados por un desplazamiento relativo (levantamiento) de la losa o consolidación no uniforme del material de la sub base o del sub suelo.</p>	B	Pistas y calles de rodaje de alta velocidad: < 1/4" (< 6 mm) El nivel de deterioro en el pavimento no lo hace inoperable y la cantidad de rugosidad es leve. Plataformas y otras calles de rodaje: 1/8" – 1/2" (3 a 13 mm)
		M	Pistas y calles de rodaje de alta velocidad: De 1/4" a 1/2" (6 - 13 mm) El nivel de deterioro en el pavimento no lo hace inoperable y la cantidad de rugosidad es leve. Plataformas y otras calles de rodaje: 1/2" a 1" (13 - 25 mm)
<p>12. LOSA CUARTEADA</p> 	<p>Una losa cuarteada se define como aquella en la que las fisuras que se interceptan la dividen en cuatro o más piezas. Esto se debe a un exceso de cargas y/o un soporte inadecuado de la fundación. Si todas las piezas o fisuras están contenidas dentro una rotura de esquina, entonces la patología debe ser identificada como una rotura en esquina severa.</p>	B	La losa está dividida en cuatro o cinco piezas predominantemente definidas por fisuras de baja severidad.
		M	La losa está dividida en cuatro o cinco piezas por fisuras en las que por lo menos el 15% tiene un grado medio de severidad (no fisuras con grado alto de severidad) o la losa está partida en seis o más piezas con fisuras que en un 85% son de baja severidad.

Continúa...

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
		A	En este nivel de severidad, la losa se define como cuarteada: (1) la losa está dividida en cuatro o cinco piezas siendo algunas o todas las fisuras de alto grado de severidad o (2) la losa está dividida en seis o más piezas con más del 15% de sus fisuras consideradas de media o alta severidad.
13. FISURAS POR CONTRACCIÓN 	Las fisuras por contracción son normalmente delgadas y se extienden algunos centímetros, no en la longitud total de la losa. Se forman durante el acabado y curado del hormigón y no se extienden a través del espesor total de la losa.		No se han definido grados de severidad para este tipo de patología siendo suficiente identificar su presencia.
14. DESPRENDIMIENTO (EN JUNTAS LONG. Y TRANSV.) 	El desprendimiento se refiere a la rotura de los bordes de losas a menos de 0,60m de la junta. Usualmente, el desprendimiento no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intercepta la junta en ángulo. El desprendimiento se produce por esfuerzos excesivos en la junta o por fisuras ocasionadas por la infiltración de materiales incompresibles o por sobrecarga de tráfico. La combinación de un hormigón débil (causado por fatiga) y sobrecarga de tráfico es otra causa del desprendimiento.	B	Desprendimientos mayores de 0,60m de largo: (1) el desprendimiento se divide en no más de tres piezas, definidas por fisuras de baja o media severidad; poco a nada de FOD potencial; o (2) junta dañada; poco o nada de FOD potencial. Desprendimiento menor de 0,60m de largo se fragmenta con poco FOD o existe una potencial rotura de neumático. Levemente dañada implica que el borde superior de la junta se separa dejando el desprendimiento con no más de 25mm de ancho y 13mm de profundidad.
		M	Moderadamente dañada implica que el borde superior de la junta está destruido dejando un desprendimiento de más de 25mm de ancho o más de 13mm de profundidad. El material está en su mayoría ausente con alto riesgo de FOD.

Continúa...

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	SEVERIDAD	
		A	Desprendimiento mayor a 0,60m de largo: (1) el desprendimiento se divide en más de tres piezas definidos por una o más fisuras de gran severidad con alto riesgo de FOD y con una alta posibilidad de que fragmentos queden dislocados, o (2) la junta se encuentra severamente dañada con alto riesgo de FOD.
<p>15. DESPRENDIMIENTO EN LA ESQUINA</p> 	<p>El desprendimiento en la esquina es el resquebrajamiento o el ondulado de la losa a una distancia dentro de aproximadamente los 2 pies (600 mm) desde la esquina. Se diferencia de la rotura de la esquina en que el desprendimiento se extiende con un ángulo para interceptar la junta, mientras que la rotura se extiende verticalmente a través de la losa.</p>	B	(1) el desprendimiento está dividido en una o dos piezas por fisuras de baja severidad y con poco riesgo de FOD; o (2) el desprendimiento está definido por una fisura de media severidad, con poco riesgo de FOD.
		M	(1) el desprendimiento está dividido en dos o más piezas por fisuras de severidad media, y algunos fragmentos pueden estar sueltos o ausentes; (2) el desprendimiento está definido por una fisura de severidad alta acompañada de algunas fisuras superficiales; (3) el desprendimiento se ha deteriorado al grado de constituir algo de riesgo de FOD por sus fragmentos sueltos.
		A	(1) el desprendimiento está dividido en dos o más piezas definidas por fisuras de alta severidad con fragmentos sueltos o ausentes; (2) las piezas del desprendimiento han sido desplazadas (3) el desprendimiento se ha deteriorado al grado de tener material suelto que implica un elevado riesgo de FOD.

Fuente: Extracto de la Norma ASTM D5340.

2.2.2 Sistema de gestión y conservación de pavimentos - MTC.

El Sistema de Gestión de Pavimentos, (Sotil Chávez, 2014) indica que: tiene su base teórica en los conceptos de “Las Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras” publicada por el MTC en 2007 que establece lineamientos en el Perú.

(MTC, Especificaciones técnicas generales de la conservación de carreteras, 2007) explica que, en términos generales, el mantenimiento vial se realiza con carácter reactivo, es decir, se interviene la carretera para reparar los elementos de la vía que han sufrido algún deterioro y que, por lo mismo, están afectando la circulación vial normal. En este orden conceptual, mantener significa reparar lo dañado y los programas de mantenimiento vial están orientados a la ejecución de obras puntuales de rehabilitación y a las actividades para recuperar la funcionalidad de ciertos elementos.

(MTC, Modelo del Sistema de Gestión, 2006) esquematiza el modelo de gestión en los siguientes lineamientos:

- Bases conceptuales de la propuesta
- Propuesta de Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial (SGIV)
- Definición de objetivos para la Red Vial Nacional
- Predicción de la demanda
- Análisis y diagnóstico de la Infraestructura de la Red Vial Nacional
- Generar y Evaluar Alternativas
- Aprobar el Programa de Obras
- Supervisar el Programa de Obras
- Registro de Inversiones

Análisis y diagnóstico de la Infraestructura de la Red Vial Nacional, para el análisis y diagnóstico de la situación actual, (MTC, Modelo del Sistema de Gestión, 2006) plantea considerar indicadores de estado superficial de los pavimentos y la rugosidad, el primero es el resultado de efectuar muestreos estadísticos de la condición superficial de los pavimentos en tanto el segundo resulta de la medición de rugosidad en la Red Vial Nacional. De acuerdo a parámetros definidos se determinará el estado (bueno, regular o malo) de los diferentes tramos de la red en relación a la condición de los pavimentos.



Generar y evaluar alternativas (MTC, Modelo del Sistema de Gestión, 2006) define este proceso que tiene por objetivo generar las alternativas de acción más convenientes dentro de un marco conceptual definido por los objetivos y la asignación presupuestal para cada área. Sintéticamente este proceso implica realizar las siguientes actividades dentro de cada área:

- Generar y evaluar alternativas de acción para brindar el estándar de servicio requerido en las carreteras. Dentro de esta área el criterio para establecer prioridades es exclusivamente económico. Esta propuesta se fundamenta en que este tipo de obras son las que tienen mayor influencia sobre la economía del transporte, son las que requieren más recursos financieros, y son usualmente financiadas mediante préstamos internacionales con organismos internacionales.

(Sotil Chávez, 2014) describe que: “En el Perú la normativa referente a mantenimiento de pavimentos está referida a las acciones concretas de mantenimiento, y se muestra de forma conceptual la importancia de evitar la generación de daños en los pavimentos, dando algunos valores límites (IRI, ahuellamiento, baches, deflexiones, entre otros), pero aplicándolo a un ámbito más de proyecto que a un análisis amplio de un sistema, ya sea la longitud de una concesión carretera, o la conjunción de pavimentos en una jurisdicción como lo puede ser un municipio distrital o provincial; y no profundizan en el tema de la planificación, la sustentación y la toma de decisiones.” Así en su adaptación establece una secuencia de trabajos necesarios para el Sistema de Gestión de Pavimentos, presentado en el siguiente orden:

2.2.2.1 Fase de Inventario.

(Sotil Chávez, 2014) establece que el primer paso de este Sistema de Gestión de Pavimentos es el registro de las características básicas de cada sección de los caminos en la jurisdicción respectiva.

Así, se tiene que determinar:

- Longitud de los caminos en la jurisdicción
- Tipos de superficie de rodadura (flexible, rígidos, compuestos, afirmados, estabilizados, u otro tipo similar)
- Importancia de la vía en la jurisdicción (vía expresa, arterial, colectora, local u otra)
- Cantidad de tráfico vía el cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual) por vía.

Esto servirá para priorizar los trabajos de inspección y las decisiones a futuro.

2.2.2.2 Fase de Inspección.

En un inicio se contempló el usar las metodologías existentes en los manuales disponibles y provistos por el MTC y/o el MVCS. Sin embargo, se encontraron problemas de aplicabilidad, debido a que los manuales están orientados a mantener un sistema arreglado por las concesionarias, mas no arreglar un sistema vecinal totalmente deteriorado.

Por lo tanto, el Sistema de Gestión de Pavimentos de esta ponencia propone que esta primera inspección se haga de forma escalonada, según las condiciones disponibles en la localidad, teniendo como herramienta básica el relevamiento de fallas y la clasificación de condiciones utilizando el PCI o Pavement Condition Index (Índice de Condición de Pavimentos).

I. Metodologías de evaluación de pavimentos.

Según (De Solminihac, 2005) establece que los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar a los usuarios seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda que lo solicita. Dentro de este aspecto existe lo que se llama evaluación de las condiciones de un pavimento, la que se divide en dos grupos, evaluación funcional y evaluación estructural de pavimentos.

A continuación se muestra un esquema genérico de auscultación de pavimentos basado en el propuesto por (Crespo del Río, 1991):



- **Auscultación estructural:**
 - o Medida de deflexiones
 - o Medida de deterioros (inspección visual): Grietas, Baches, otros deterioros.
- **Auscultación funcional:**
 - o Medida de resistencia al deslizamiento (coeficiente de rozamiento transversal-CRT).
 - o Medida de regularidad superficial: (Present Serviciability Rating- PSR, Present Serviciability Index – PSI, International Roughness Index – IRI).

Al combinar las auscultaciones funcionales y estructurales con la medida de sus índices, junto con una auscultación superficial se podrá reflejar el estado actual del pavimento, así se describe a continuación los tipos de evaluaciones para pavimentos:

Evaluación funcional de pavimentos:

Los autores (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009) definen en el manual, aspectos funcionales como: “Las características superficiales o funcionales de los pavimentos afectan directamente a los usuarios de la vía, por lo que durante el rodaje condicionan su seguridad, comodidad y economía.

Adicionalmente, el rodaje genera un impacto ambiental por el ruido del contacto neumático pavimento, el cual afecta a usuarios y vecinos. En consecuencia, las principales características superficiales de un pavimento están dirigidas a controlar los siguientes aspectos:

- Resistencia al Deslizamiento (Seguridad).
- Regularidad Superficial (Comodidad).”

A. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

La metodología que describe (De Solminihac, 2005): Se selecciona un grupo de personas para formar un panel evaluador, que representen a la población de usuarios de los caminos. Este panel entonces evalúa un conjunto preseleccionado de tramos de acuerdo a las instrucciones que se les da. Cada miembro de este panel expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad de rodado de cada tramo y la expresa en una cartilla especialmente diseñada mostrada en la Figura 9.

En la prueba AASHO para PSI cada evaluación personal es llamada IPSR (Individual Present Serviciability Rating) y con el promedio de estos IPSR se obtiene e PSR (Present Serviciability Rating) de cada tramo.

Aceptable ?	Calificación	
SÍ	5 ---	Muy Bueno
NO	4 ---	Bueno
Indeciso	3 ---	Regular
	2 ---	Malo
	1 ---	Muy Malo
	0 ---	

Identificación del Tramo _____ Calificación del Tramo _____
Calificador _____ Fecha _____ Hora _____

Figura 9: Formulario de Calificación ASSHO

Fuente: (De Solminihac, 2005)

(De Solminihac, 2005) explica que se realizó un análisis de regresión estadístico que relacionó el PSR con los deterioros medidos y como resultado de este, se obtuvieron las ecuaciones del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual es una estimación del PSR basado en la rugosidad y el deterioro.

Las ecuaciones originales del PSI para pavimentos de asfalto y hormigón desarrolladas en la prueba AASHO se muestra en las siguientes ecuaciones (De Solminihac, 2005):

$$\text{Asfalto PSI} = 5,03 - 1,91 \times \log(1+SV) - 1,38 \times (RD)^2 - 0,01$$

$$\text{Hormigón PSI} = 41 - 1,78 \times \log(1+SV) - 0,09$$

Donde:

SV = Varianza de la pendiente longitudinal, medida con un perfilómetro
CHLOE rad x 10⁶ (in/ft)²

RD = Ahuellamiento promedio en pavimentos de asfalto (in)



C (asf) = Longitud total (transversales y longitudinales) de grietas, selladas o abiertas (ft/1000 ft²)

P = Superficie bacheada, (ft²/1000 ft²)

B. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Los autores (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009) describen al Índice de Rugosidad como, “la irregularidad o rugosidad de la superficie de una vía es una medida de su serviciabilidad, es decir, refleja el grado de comodidad del usuario, desarrollado como medida estándar por el Banco Mundial; conceptualmente el IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo, divididos entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. Se expresa en mm/m ó m/km. Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentados la escala se puede extender hasta un valor de 20. La Figura 10 presenta la escala de clasificación que hace el Banco Mundial de las Carreteras y Autopistas del IRI dependiendo del tipo de vía (pavimentada o no), su edad y condición superficial.

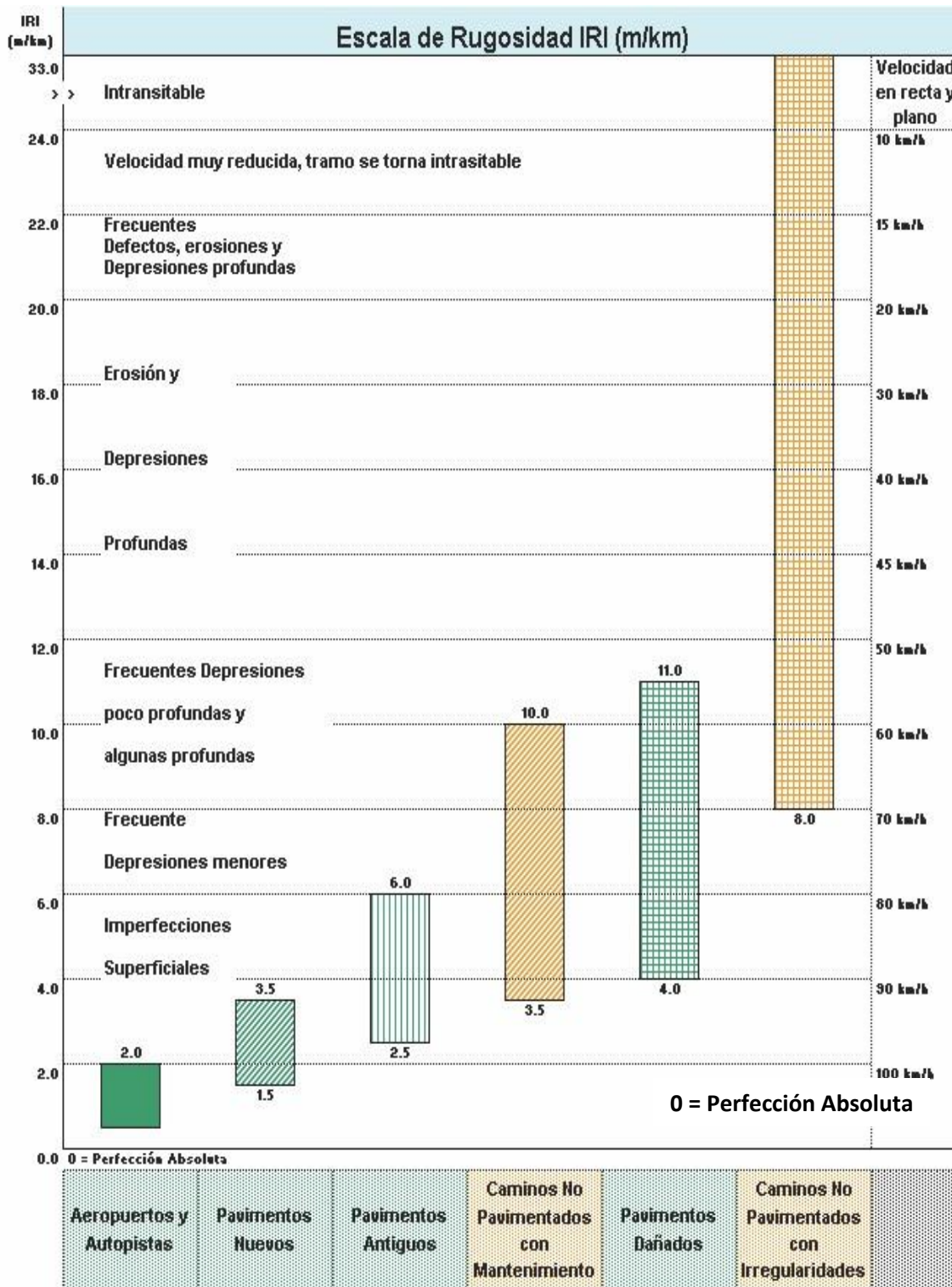


Figura 10: Escala de Calificación del IRI

FUENTE: Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial – MTC, Adaptado del Banco Mundial.

Equipos de medición para determinar el índice de rugosidad IRI:

El autor (De Solminihac, 2005) Enumera algunos de los equipos que se utilizan en la medición del perfil para determinar el índice de Rugocidad IRI y son:

Equipos de medición estáticos

- Levantamientos con mira y nivel.
- Face Dipstick.
- Rueda de Merlin.

Equipos de medición dinámicos

- Perfilógramos.
- Perfilómetro inercial APL.
- Perfilómetros laser.



Figura 11: Mira y nivel
Fuente: (Santamaría, 2005)

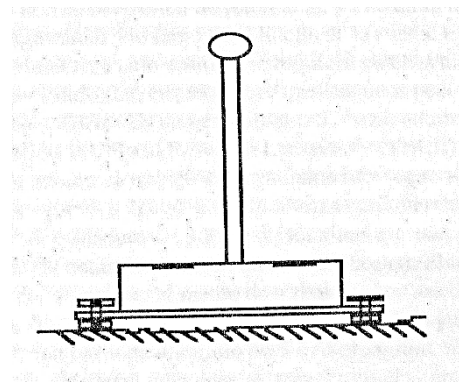


Figura 12: Equipo Face Dipstick
Fuente: (De Solminihac, 2005)

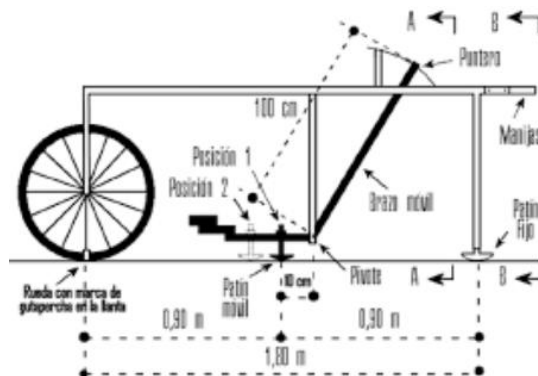


Figura 13: Equipo rueda de merlin
Fuente: (Pablo del Aguila, 1999)

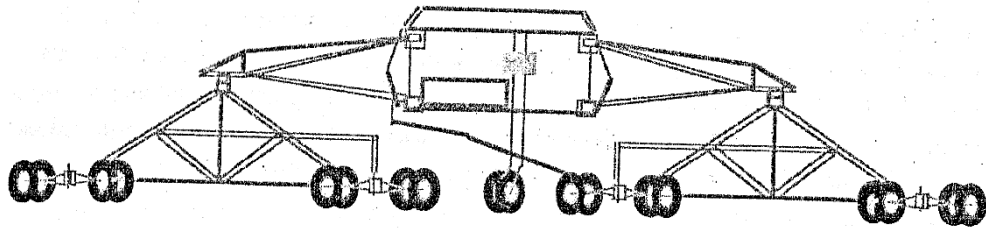


Figura 14: Perfilómetro
Fuente: (De Solminihac, 2005)

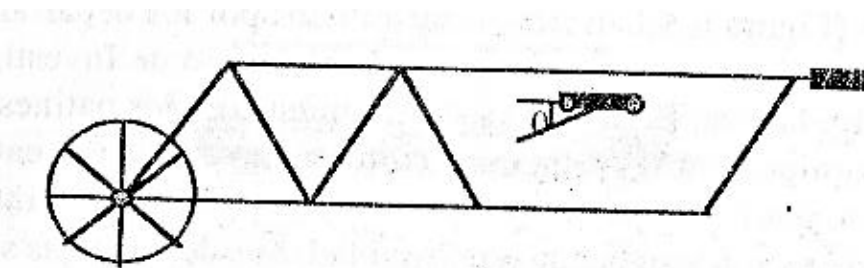


Figura 15: Perfilómetro inercial APL
Fuente: (De Solminihac, 2005)

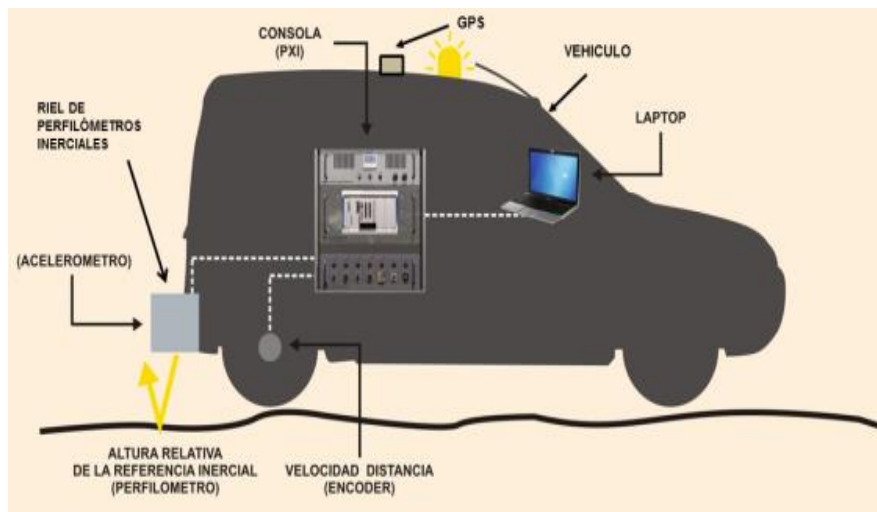


Figura 16: Perfilómetro laser
Fuente: (Calderón & Pérez, 2008)

Evaluación estructural de pavimentos:

La evaluación estructural de pavimentos consiste básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil.

La evaluación estructural de un pavimento existente abarca necesariamente los siguientes trabajos:

- Evaluación superficial de la condición del pavimento (PCI).
- Determinación de espesores y tipos de materiales constituyentes de la estructura de pavimento. (Métodos destructivos).
- Medición de deflexiones superficiales del pavimento (Métodos no destructivos).

A. Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

En la (Norma ASTM, 2005) se indica que el PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este. El PCI varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición. En la Figura 17 se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento.



Figura 17: Escala de Clasificación del índice PCI.

Fuente: Adaptación propia de la Norma ASTM D5340.

Equipos de medición para determinar el índice de condición PCI

(De Solminihaç, 2005) enumera diversos equipos de medición:

- Sistema PASCO ROADRECON
- Sistema GERPHO
- Analizador Automático de Caminos (ARAN)
- Tester Laser (RST)

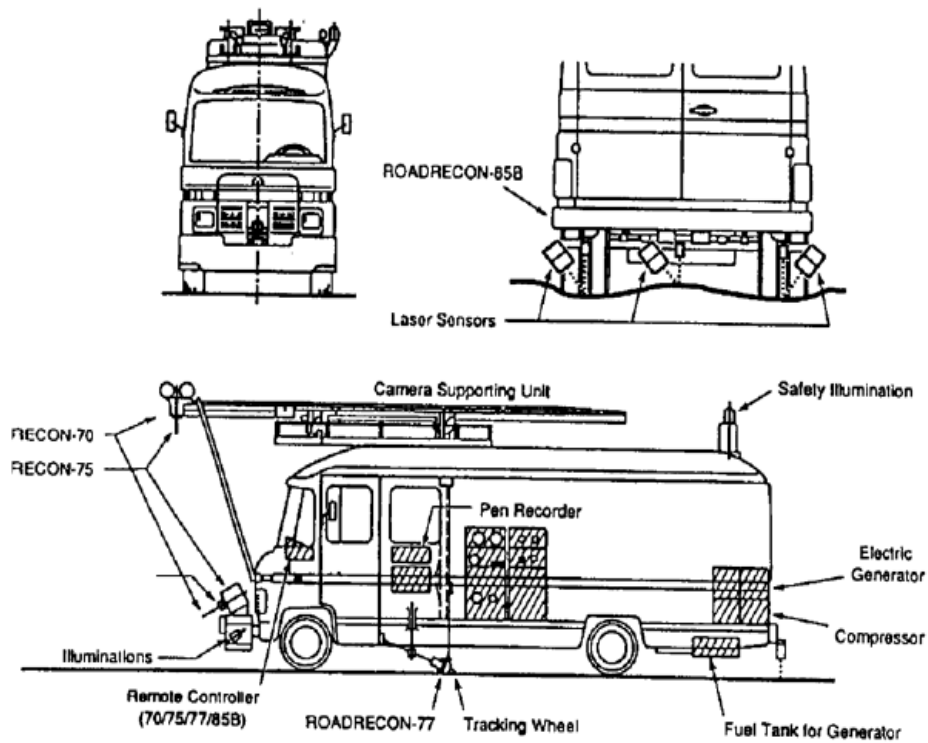


Figura 18: Sistema Pasco Roadrecon (Pasco 87)

Fuente: (De Solminihaç, 2005)

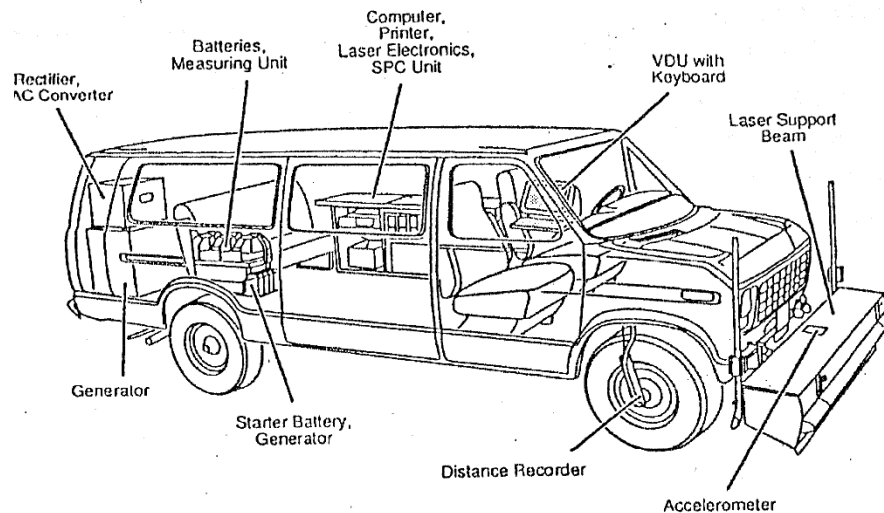


Figura 19: Laser Road Surface Taster - RST (Novak 87)

Fuente: (De Solminihac, 2005)

B. Métodos de evaluación destructivos.

Los autores (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009) explican que este tipo de evaluación se fundamenta en la toma de muestras representativas de los materiales que conforman las diferentes capas del pavimento en una vía. En el programa de ubicación del muestreo debe tomarse en cuenta el patrón de fallas identificadas en el pavimento con el objeto de asegurar que las condiciones significativas del pavimento sean consideradas, lo cual no implica que serán los sitios problemáticos los únicos a ser muestreados, el objeto de la exploración es conocer, a lo largo de la vía, cuál es la estructura característica.

En el caso de las capas asfálticas, las mismas son normalmente extraídas a través de equipos de perforación para la toma de núcleos de capas (asfálticas y concreto hidráulico). A través de la extracción de muestras de capas asfálticas es posible conocer el espesor de la carpeta o sub-capas que conforman el espesor de total de las capas asfálticas, además se puede identificar los diferentes tipos de mezcla empleados en la construcción y en eventuales trabajos de mantenimiento y rehabilitación ejecutados, así como su condición, siendo posible identificar la presencia de fallas como los agrietamientos y detectar problemas asociados con la durabilidad (envejecimiento) de las mezclas.

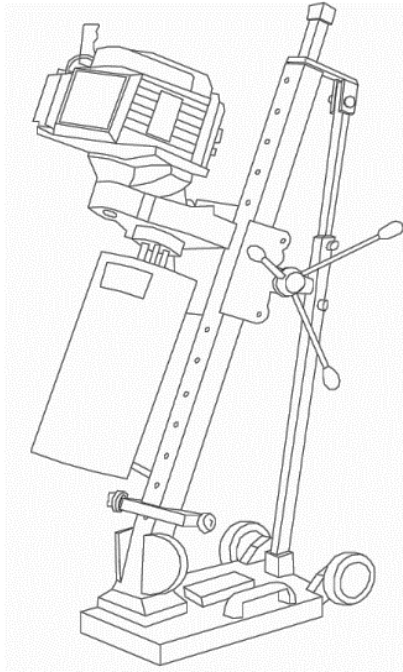


Figura 20: Equipo de Extracción de Núcleos de Capas Asfálticas

Fuente: Norma INV E- 758 – 07, Instituto Nacional de Vías.

C. Métodos de evaluación no destructivos.

Los autores (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009) indican que existen diferentes métodos para medir la deflexión de un pavimento, por tal razón existen diversas clasificaciones según la posición donde se miden, la forma de aplicar la carga, y el tipo y número de sensores para realizar las mediciones.

A continuación, se señalan algunas clasificaciones:

- Lugar donde se realiza las mediciones
 - Dentro del cuenco.
 - Fuera del cuenco.
- Forma de aplicar la carga.
 - Estática o de movimiento lento; esto se realiza con la viga Benkelman en la WASHO Road test. Este provee la medida de deflexión en un punto bajo una carga fija o de movimiento lento.
 - Vibración; se realiza con aplicación de cargas dinámicas vibratorias, estos equipos siempre aplican una carga de compresión de magnitud variable sobre el pavimento.



- Impacto, equipos que entregan carga de impacto sobre el pavimento, variando el peso y la altura de caída. Se miden deflexiones absolutas.
- Propagación de onda.
- Tipos de sensores.
 - Geófonos, miden la velocidad de desplazamiento de la superficie del pavimento
 - Acelerómetros, miden la desaceleración de la superficie del pavimento.
 - Transformadores Diferenciales de Voltaje Lineal - LVDT, miden los desplazamientos de la superficie del pavimento.

II. Fotogrametría.

Según (Quirós Rosado, 2014) la fotogrametría es definida como una técnica que tiene como objetivo estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías.

Etimológicamente, la palabra fotogrametría significa la métrica de lo escrito con luz. Es, en esencia, la ciencia que utiliza la fotografía para hacer medidas, y su aplicación es extensiva a numerosas áreas de conocimiento.

Existe otra técnica que utiliza también fotografías aéreas denominada fotointerpretación y que se dedica al estudio pormenorizado de las fotografías con el objetivo de analizar fenómenos de muy variada tipología.

Sin embargo, la fotogrametría no interpreta fenómenos si no que, mediante mediciones en las fotografías, genera planos y mapas de gran exactitud.

Finalmente, podríamos definir la fotogrametría como la ciencia para elaborar mapas o planos partiendo de fotografías realizadas bajo unos condicionantes específicos.

Clasificación de la fotogrametría:

El autor (Quirós Rosado, 2014) clasifica a la fotogrametría según los siguientes aspectos:

- a) En función del instrumental utilizado:
1. Fotogrametría Analógica: Se miden fotogramas analógicos en un equipo también analógico.
 2. Fotogrametría Analítica: Se miden fotogramas analógicos con técnicas computacionales.
 3. Fotogrametría Digital: Medición de fotogramas digitales en sistemas fotogramétricos digitales.
- b) En función de la distancia al objeto:
1. Fotogrametría Espacial: Medición en imágenes de satélite.
 2. Fotogrametría Aérea: Medición en fotogramas aéreos.
 3. Fotogrametría Terrestre: Medición en fotogramas obtenidos desde la superficie terrestre.

Ventajas y desventajas de la fotogrametría respecto a la topografía clásica:

Según (Quirós Rosado, 2014) la primera ventaja, concierne al tema económico, aunque siempre dependiendo de la superficie a levantar.

Otras ventajas son:

- Levantamientos más rápidos, en la fase de restitución en sí. Hay que tener en cuenta que a veces el vuelo se demora si la climatología no es la adecuada.
- Si el terreno es de difícil acceso, la fotogrametría es la técnica adecuada, puesto que no se necesita acceder a todo el terreno. Sólo habría que visitar aquellas zonas en las que se emplacen los puntos de apoyo.
- Registro continuo de todo el terreno. Todos los detalles del terreno quedarían registrados en la fotografía. Sin embargo, mediante un levantamiento topográfico, sólo se dispondría de coordenadas de los puntos medidos, que supondría un número bastante limitado con respecto a la totalidad del terreno.

(Quirós Rosado, 2014) También señala que la única desventaja del levantamiento de planos o mapas por medios fotogramétricos aéreos sería:

- Ocultamiento de elementos por la vegetación. Si el terreno tiene demasiada vegetación, impide la visión de elementos que estén por debajo de ella. En ese caso, si es necesario el registro de coordenadas de esos elementos, se

haría necesaria una medición en campo de dichos elementos, por topografía clásica.

Aplicaciones de la fotogrametría en ingeniería civil:

El autor (Quirós Rosado, 2014) dice: “En el marco general de la Ingeniería existen cuatro grandes grupos de actuaciones donde se utilizan la fotogrametría:

- Vías de comunicación. Para el estudio de establecimiento de trazados.
- Planificación territorial. En el planeamiento urbanístico y ordenación del territorio.
- Hidrografía. Estudio de cuencas, deformaciones de presas, etc.
- Ejecución de movimiento de tierras. Medición de volúmenes removidos.”

Mosaico fotográfico y ortofotoplanos:

Mosaicos Fotográficos

Los autores en su libro (Sanz & Santamaría, 2011) explican que el formar la representación de la zona fotografiada con todos los pares fotogramétricos, se denomina “mosaico fotográfico” de la zona.

Haciendo una foto del mosaico tal que el plano focal de la cámara sea paralelo al plano del mosaico (o el eje óptico perpendicular al mosaico). Obtenemos lo que se denomina “fotoíndice”. Tendremos una representación general de la zona volada.

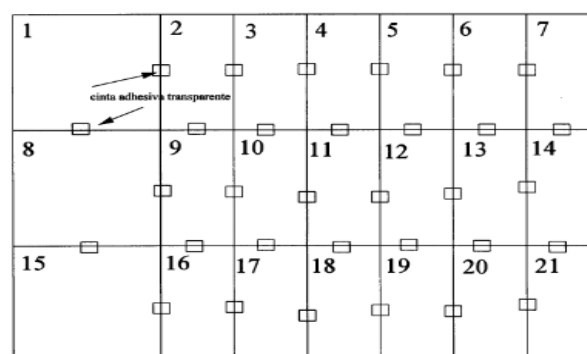


Figura 21: Mosaico Fotográfico

Fuente: Fundamentos de Fotogrametría, Santamaría y Sanz.

Restitución de fotogramas

Restituir un punto de un fotograma es determinar su situación relativa respecto a otros que aparezcan también en él y tengan una situación conocida, lo que se

consigue cuando se conocen sus tres coordenadas X,Y,Z (puntos de apoyo) respecto a un origen de referencia conocido de antemano. Cada punto que se observe debe aparecer en la zona común de dos fotogramas. El conjunto de dos fotografías continuas, se llama par estereoscópico. (Sanz & Santamaría, 2011)

Proyecto de vuelo

(Sanz & Santamaría, 2011) El vuelo fotogramétrico de un terreno, debe haberse por pasadas paralelas y todas a la misma altura de vuelo. Eje de la pasada es la línea que une los puntos principales de todos los fotogramas. Debe existir un recubrimiento longitudinal (para ver en estereoscopia) y otro recubrimiento transversal, de una pasada sobre otra.

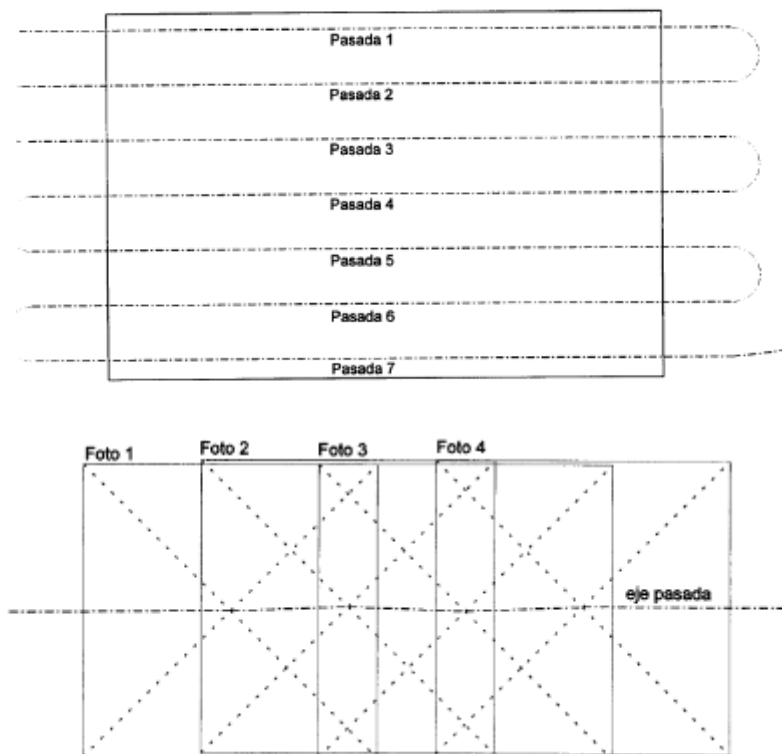


Figura 22: Proyecto de Vuelo

Fuente: Fundamentos de Fotogrametría, Santamaría y Sanz.

Los uav o drones

Según (Marquez & Mora, 2015) la definición de un UAV: “Unmanned Aerial Vehicle”, se trata de un vehículo volador no tripulado, también llamado “Dron”.

Los DRONES o UAVS, deben ser pilotados automáticamente, pero en la práctica, se comportan en forma dual, es decir, pueden ser intervenidos y controlados por un operador desde tierra; tienen una unidad de control central: ciclo cerrado operativo, que al menos realiza 25 veces por segundo, la interrogación de los Sensores de Navegación, y compensa y controla, el giro de los motores en el caso de ala rotativa, o los alerones, motor y el timón, en caso de los drones de ala fija. Sensores de navegación, acelerómetros, GPS, altímetros, brújula electrónica, radares, y medidores de Velocidad entre otros; su sistema de comunicación: Canales WIFI.

Usos de los uav o drones

- Usos Militares, Cartografía, Topografía y Geodesia.
- Agronomía, Minería, Catastros, Control de Obras, GIS.
- Mantenimiento de Redes Eléctricas, Refinerías.
- Publicidad, Cine Documental, Eventos.
- Vigilancia de Fronteras, Monitoreo.

Tipos de uav o drones

- De Ala FIJA: Similares a los aviones de Aeromodelismo.
- De Ala ROTATIVA: Helicópteros, Cuadrópteros, Sextópteros, Octópteros (Marquez & Mora, 2015)



Figura 23: UAV O
DRONE con ala fija



Figura 24: UAV O DRONE con ala
rotatoria

Fuente: Los drones en la Cartografía Automática, Marquez y Mora.

Pasos en un levantamiento topográfico por dron

(Marquez & Mora, 2015) Establece pasos para un levantamiento topográfico con UAV o DRON:

- Planificación del Vuelo, estableciendo Puntos de control, inspección previa del terreno, sitio de despegue y aterrizaje.



- Vuelo en el terreno tomando las imágenes.
- Descarga y post proceso de las imágenes:
 - Obtención de la Nube de puntos del terreno.
 - Generación de curvas de nivel y modelo 3d Filtraje y
 - Obtención de ortofotos,
 - Obtención de data atributiva.

Creación de productos secundarios: Perfiles longitudinales y transversales, cortes de terreno, mapas GIS, Vistas 3D, entre otras cosas.

2.2.2.3 Determinación de mantenimientos.

(Sotil Chávez, 2014) en su artículo de la Revista de Infraestructura Vial especifica que los manuales del MTC, y la literatura en general, proveen explicaciones sobre cómo realizar mantenimientos, inclusive bajo la denominación de mantenimientos rutinarios, preventivos, periódicos y/o correctivos.

Este Sistema de Gestión de Pavimentos propone el uso de la Tabla 6 basado en experiencias norteamericanas para el tratamiento de pavimentos según la clasificación PCI mostrada en la Figura 17 (Excelente, muy buenos bueno, regular, etc) y la denominación usada en el Perú (rutinario, correctivo, etc.). Nótese que en la Tabla 6 se proponen actividades para todas las clasificaciones con excepción a la condición regular.

(Sotil Chávez, 2014) expresa que la experiencia ha podido determinar que existen condiciones de deterioro tales que gastar en mantenimiento puede llegar a ser contra-productivo y, por lo tanto, pavimentos que presenten PCI de 40 a 55 es mejor que se dejen deteriorar a condiciones de rehabilitación mayor, y por eso no se propone actividad de mantenimiento alguna.

Tabla 6: Categorización del PCI vs. Tipos de mantenimiento.

Índice de Estado de Superficie del Pavimento – Categorías de Acción		
Rango De Índice De Estado	Categorías de Acción	Descripción
100 a 85	Excelente Mantenimiento Preventivo o Mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatos; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo.
85 a 70	Muy Bueno Mantenimiento correctivo menor	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
70 a 55	Buena Mantenimiento correctivo mayor o intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a medio plazo: 1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2. Sellado de superficie. 3. Re-encarpetado delgado
55 a 40	Regular	No se propone actividad de mantenimiento alguna.
40 a 25	Pobre Rehabilitación – Refuerzo estructural.	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generación de daños irreversibles.
< 25	Muy Pobre y colapsado Rehabilitación – Reconstrucción.	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo

Fuente: (ADAPTADO. Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para obras de Vialidades del Estado de Baja California. Mantenimiento de Pavimentos. California, EEUU. 2004)

I. Opciones de mantenimientos según la frecuencia.

(Ministerio de Vivienda Construcción y Sanamiento, 2010) en la Norma CE 010 explica que aparte de la rehabilitación que es el refuerzo estructural del pavimento cuando ha cumplido su vida de servicio, hay cuatro actividades de mantenimiento, que se clasifican en términos de su frecuencia:

- a) Mantenimiento recurrente, requerido a intervalos pre establecidos durante el año, con una frecuencia que depende del volumen del tráfico. Por ejemplo: reparación de baches y bordes, sellado de grietas.



- b) Mantenimiento urgente, necesario para hacer frente a emergencias y problemas que requieren acción inmediata, cuando bloquean una vía. Por ejemplo: remoción de obstáculos, colocación de señales de peligro y trabajos diversos.
- c) Mantenimiento periódico requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, reposición de losas aisladas, reparación de bermas y señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito).re-sellado de juntas. (Ministerio de Vivienda Construcción y Sanamiento, 2010)

En la Normativa del (MTC, Manual de Carreteras Conservación Vial , 2013) se establecen tipos de conservación para un mantenimiento periódico:

Conservación de Pavimentos Flexibles en Calzada y Bermas

- Sellos Asfálticos.
- Recapados Asfálticos.
- Fresado de Carpeta Asfáltica.
- Microfresado de Carpeta.
- Asfáltica.Reconformación de base granular en bermas.
- Imprimación Reforzada de la base granular en bermas.
- Nivelación de bermas con mezcla asfáltica.

Conservación de Pavimentos Rígidos en Calzada y Bermas.

- Resellado de Juntas en calzada Periódica Resellado de Juntas en bermas.
- Reparación de Losas de calzada en Espesor Total.
- Reparación de Losas de bermas en Espesor Total.
- Microfresado de losas en calzada.
- Microfresado de losas en bermas.
- Reemplazo de Losas en calzada.
- Reemplazo de Losas en bermas.
- Reemplazo de Losas por Pavimento Flexible en calzada.
- Reemplazo de Losas por Pavimento Flexible en bermas.
- Reconformación de base granular en bermas.

d) Mantenimiento rutinario: Consiste en la remoción de todo material extraño de la calzada y de las bermas, con herramientas manuales, de tal manera que permanezca libre de obstáculos, basuras y demás objetos que caigan y/o sean arrojados en ella. El objetivo es mantener la plataforma libre de materiales sueltos que serían nocivos a la calidad de la vía. (MTC, Manual de Carreteras Conservación Vial , 2013) Estos materiales son de dos categorías:

Materiales ajenos la superficie, que rápidamente contaminarían la capa de rodadura: arcillas, lodo, tierra vegetal, vegetación, excrementos animales, basuras, desechos orgánicos.

Materiales que podrán dañar a los vehículos: vidrios, fierros, piedras, ramas materiales acumulados varios y cualquier obstáculo extraño, que puedan afectar la seguridad de los usuarios de la vía.

Conservación de Pavimentos Flexibles en Calzada y Bermas

- Sellado de Fisuras y Grietas en calzada.
- Sellado de Fisuras y Grietas en bermas.
- Parchado Superficial en calzada.
- Parchado Profundo en calzada.
- Tratamiento de zonas con exudación en calzada.
- Bacheo de bermas en material granular.
- Nivelación de bermas con material granular.
- Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico.
- Parchado superficial de bermas con concreto asfáltico.
- Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico.
- Parchado profundo de bermas con concreto asfáltico

Conservación de Pavimentos Rígidos en Calzada y Bermas.

- Sellado de Fisuras y Grietas en Calzada.
- Sellado de Fisuras y Grietas en Bermas.
- Reparación de Losas de calzada en Espesor Parcial.
- Reparación de Losas de bermas en Espesor Parcial.
- Bacheo de bermas en material granular.
- Nivelación de bermas en material granular.



II. Opciones de mantenimiento según tipos de deterioro.

- PARA FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES:

Tabla 7: Opciones de mantenimiento para pavimentos Flexibles

TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
1. PIEL DE COCODRILO	B	No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.
	M	Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.
	A	Parqueo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción
2. EXUDACIÓN	B	No se hace nada
	M	Se aplica arena / agregados y cilindrado.
	A	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario.
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	B	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.
	M	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
	A	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

Continua ...
70



TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	B	No se hace nada.
	M	Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.
	A	Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial.
5. CORRUGACIÓN	B	No se hace nada.
	M	Reconstrucción.
	A	Reconstrucción.
6. DEPRESIÓN	B	No se hace nada.
	M	Parcheo superficial, parcial o profundo.
	A	Parcheo superficial, parcial o profundo.
7. GRIETA DE BORDE	B	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.
	M	Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.
	A	Parcheo parcial – profundo.

Continúa ...



TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA	B	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.
	M	Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.
	A	Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA	B	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
	M	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
	A	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (NO SON DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND)	B	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.
	M	Sellado de grietas
	A	Sellado de grietas. Parcheo parcial.
11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS	B	No se hace nada.
	M	No se hace nada. Sustitución del parche.
	A	Sustitución del parche

Continua ...



TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
12. PULIMENTO DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.
	M	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.
	A	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.
13. HUECOS	B	No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.
	M	Parcheo parcial o profundo.
	A	Parcheo profundo
14. CRUCE DE VÍA FÉRREA	B	No se hace nada.
	M	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
	A	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
15. AHUELLAMIENTO	B	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta
	M	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.
	A	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

Continua ...



TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
16. DESPLAZAMIENTO	B	No se hace nada. Fresado.
	M	Fresado. Parcheo parcial o profundo.
	A	Fresado. Parcheo parcial o profundo.
17. GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE)	B	No se hace nada. Parcheo parcial.
	M	Parcheo parcial.
	A	Parcheo parcial.
18. HINCHAMIENTO	B	No se hace nada.
	M	No se hace nada. Reconstrucción.
	A	Reconstrucción.
19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.
	M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.
	A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Fuente: Extracto de la Norma ASTM D5340



- PARA FALLAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Tabla 8: Opciones de mantenimiento para pavimentos Rígidos

TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
1. ESTALLIDOS	B	No se hace nada, parcheo profundo o parcial
	M	Parcheo profundo o parcial, remplazo de la losa
	A	Parcheo profundo o parcial, remplazo de la losa
2. ROTURA DE ESQUINA	B	No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.
	M	Sellado de grietas. Parcheo profundo.
	A	Parcheo profundo.
3. FISURAS LONGITUDINALES/TRANSVERSALES/DIAGONALES	B	No se hace nada.
	M	Sellado de fisuras
	A	Sellado de fisuras, parcheo profundo
4. FISURA DE DURABILIDAD “D”	B	No se hace nada.
	M	Parcheo profundo, reconstrucción de juntas
	A	Parcheo profundo, reconstrucción de juntas, o remplazo de la losa
5. DAÑO DEL SELLADO DE JUNTAS	B	No se hace nada.
	M	Resellado de juntas

Continua ...



TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
	A	Resellado de juntas
6. PÉRDIDAS REPENTINAS (POPOUTS)		No se hace nada.
7. BOMBEO		Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.
8. LOSA CUARTEADA	B	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.
	M	Reemplazo de la zona
	A	Reemplazo de la zona
9. DESPRENDIMIENTO (EN JUNTAS LONG. Y TRANSV.)	B	No se hace nada
	M	Resellado de Juntas
	A	Resellado de Juntas

Fuente: Extracto de la Norma ASTM D5340

2.2.2.4 Estimación de recursos.

En el artículo de la revista de Infraestructura Vial (Sotil Chávez, 2014) explica que cada jurisdicción deberá determinar los costos de reparación, mantenimiento y construcción, según los recursos locales, y por lo tanto es claro que las decisiones variarán por región y locación.

Estos costos deberán llevarse a costo unitario por m² de pavimento para que puedan tomarse las decisiones respectivas, clasificándolo según la Tabla 6 visto en el ítem 2.2.2.3.

Según (De Solminihac, 2005), el análisis de costos en el ciclo de vida de un pavimento permite al diseñador escoger la estrategia que proveerá el comportamiento deseado al menor costo en el horizonte de tiempo bajo estudio como se muestra en la Figura 25. Para lograr esto, se deben tomar en cuenta todos los costos asociados a la implementación de una estrategia determinada, incluyendo costos de construcción, mantención y de usuarios.

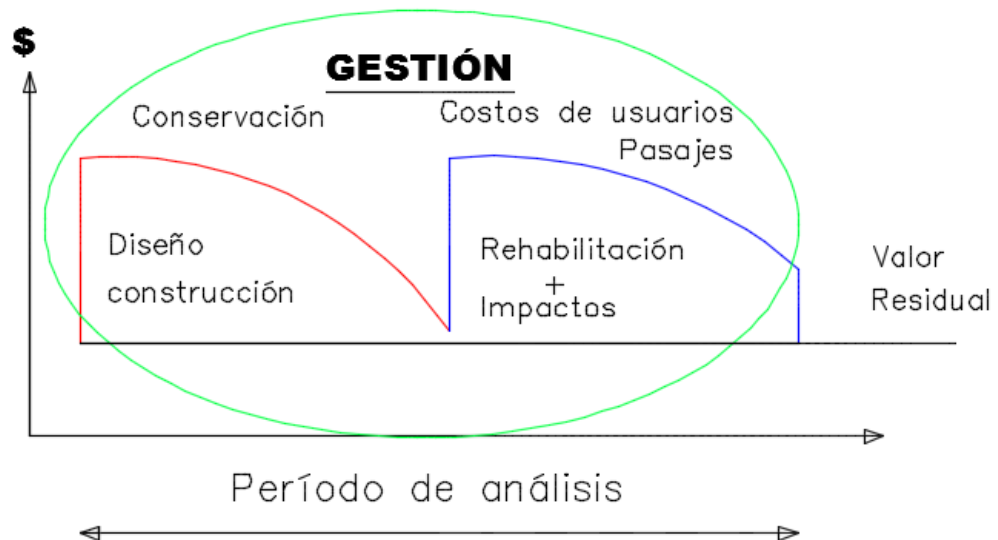


Figura 25: Evaluación Económica en el Ciclo de Vida del Pavimento

Fuente: (De Solminihac, 2005)

A continuación, se definen los costos de mantención y rehabilitación para la implementación de un Plan de Gestión:

Costos de mantención y rehabilitación:

(De Solminihac, 2005) indica que: Para cada estrategia en un proyecto, y para cada año del periodo de análisis, las cantidades físicas involucradas en la construcción y mantenimiento son calculadas y posteriormente multiplicadas por sus respectivos valores unitarios (o precios unitarios). Los costos resultantes son clasificados de acuerdo a las categorías de capital y de recurrente.

A continuación se conceptualiza los costos de capital y recurrentes de acuerdo (De Solminihac, 2005):

- Costos de capital son aquellos en los cuales se incurre debido a la materialización de una rehabilitación, realizados en un momento que es determinado por la evaluación técnica de la alternativa a implementar.
- Costos recurrentes son aquellos que son realizados en forma anual durante la vida útil de un pavimento, en otras palabras, son los dineros anuales que se deben gastar para que el pavimento sirva los propósitos para los cuales fue diseñado (mantención de zanjas, bermas, pinturas, señalización, entre otros).

Recursos de mantención y rehabilitación:

Los cursos necesarios para gestión de pavimentos que establece (MTC, Modelo del Sistema de Gestión, 2006) son:

- Analizar y diagnosticar las características y estado de los pavimentos.

Tarea

- Determinar el estado de la Red vial Nacional con respecto a los pavimentos considerando indicadores de fallas superficiales, rugosidad y deflectometría.
- Elaborar informes de estado actual y evolución del estado de la red así como del patrimonio vial de carreteras.

Responsable

- Jefatura de la UGC.

Requerimientos

- Información de Inventario de características físicas (la disponible actualmente complementada con la que se reciba una vez que se finalice



el inventario de la Red Vial Afirmada se considera suficiente y sólo requerirá ajustes menores en los próximos años) y de estado.

- Recursos para la operación y mantenimiento del Inventario (Evaluación de fallas superficiales, rugosidad y deflectometría).
 - Profesional encargado de la gestión del Inventario Vial
- Generar y evaluar alternativas para carreteras

Tarea

- Determinar los tipos de obras que tienen mayor influencia sobre la economía del transporte, para esta tarea el Sistema integrará.
- Elaborar la base de inventario dentro del modelo.
- Diseñar e ingresar los estándares de conservación y mejora
- Verificar y ajustar los costos de obras y mantenimiento.
- Correr el modelo, analizar los resultados bajo tres diferentes escenarios de inversión y presentar los resultados.

Responsable

- Jefatura del SGC en coordinación con las Gerencias de Obras, Mantenimiento, Estudios y Proyectos y Planificación y Presupuesto.

Requerimientos

- Profesional local con experiencia en las tareas antes referidas con probado conocimiento conceptual del modelo HDM para asistir a la Jefatura del SGC en sus labores.
- Aprobar el Programa de Obras

Tarea

- Elaborar el Cronograma de Ejecución Física de las Obras
- Elaborar Cronograma de ejecución presupuestal.
- Gestionar la aprobación del Programa de obras.

Responsable

- Gerencia de Planificación y Presupuesto (apoyada por las Jefaturas de la Unidad de Planificación de la GPP y el Encargado de la UGIV) en coordinación con la Dirección Ejecutiva de Provías Nacional y las Gerencias de Obras, mantenimiento y Estudios y Proyectos.

Requerimientos

- Coordinación interinstitucional.



- Un coordinador técnico para apoyo al Encargado de la UGIV.
- Síntesis de recursos necesarios

Recursos Humanos

- Unidad de Gestión de Infraestructura Vial
- Encargado de la UGIV.
- Profesional local con experiencia en Planes de Desarrollo Estratégico de Infraestructura Vial, Plan Intermodal de Transporte, etc. para asistencia a la Encargado de la UGIV.
- Un coordinador técnico para apoyo al Encargado de la UGIV.
- Unidad de Gestión de Carreteras
- Jefatura de la UGC.
- Profesional encargado de la gestión del Inventario Vial.
- Profesional local con experiencia en las tareas antes referidas con probado conocimiento
- conceptual del modelo HDM para asistir a la Jefatura del SGC en sus labores.
- Profesional capacitado en las herramientas desarrolladas por el PIT para modelación y predicción de la demanda.

Equipo de apoyo operativo para todas las unidades

- 3 bachilleres en Ingeniería.
- 1 especialista informático.
- 1 semitécnico (pasante).

Recursos para desarrollo, operación y mantenimiento

Unidad de Gestión de Infraestructura Vial

- Recursos para desarrollo de base de datos con registros de las inversiones que puedan asociarse a tramos específicos y áreas específicas (carreteras, puentes, infraestructura de seguridad vial y emergencias).

Unidad de Gestión de Carreteras

- Recursos para realizar conteos de tráfico.
- Recursos para capacitación en operación de HDM-4.
- Recursos para la operación y mantenimiento del Inventario.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la investigación.

3.1.1 Tipo de investigación.

Según (Hernández, Fernández, & Batista, 2003) la investigación es cuantitativa porque: usa recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. El proceso cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar o eludir" pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase.

Los datos que se obtienen en la presente investigación son netamente numéricos, producto de mediciones de las fallas en la superficie del pavimento. Estos datos procesados posteriormente proporcionarán el índice de condición de pavimentos, para validar o rechazar las hipótesis formuladas.

3.1.2 Nivel de la investigación.

El nivel de investigación es de tipo Descriptivo; Según (Behar Rivero, 2008), mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Su objetivo es describir la estructura de los fenómenos y su dinámica, identificar aspectos relevantes de la realidad.

El nivel de la investigación es descriptivo; porque busca especificar las características de la superficie del pavimento y al diagnosticar el problema actual se podrá formular una hipótesis causal.

Esta investigación viene a ser propositiva, porque una vez que se tome la información, se realizará una propuesta de sistema de gestión de la superficie del pavimento para superar la problemática actual y las deficiencias encontradas. Se identificará los problemas, investigará, profundizará y se solucionará dentro de un contexto específico.

Según (Giler, 2015) una investigación de carácter propositivo, es un proceso dialéctico que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos.

3.1.3 Método de la investigación.

El método de investigación es hipotético deductivo; (Pascual, Dolores, & García, 1996) lo describe el método como: Consiste en hacer observaciones manipulativas y análisis, a partir de las cuales se formulan hipótesis que serán comprobadas mediante experimentos controlados.

La presente investigación se realiza mediante el método hipotético deductivo puesto que realizamos teorías del estado superficial del pavimento para establecer hipótesis y corroborar estas mediante mediciones y establecer conclusiones.

3.2 Diseño de la investigación.

3.2.1 Diseño metodológico.

La presente investigación tiene un diseño metodológico no experimental transversal, realizamos mediciones de sus variables sin alterarlas intencionalmente, las mide tal y como se presentan, todo esto durante un periodo corto.

Según (Tamayo y Tamayo, 2004) una investigación no experimental transversal, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, es una investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

(Hernández, Fernández, & Batista, 2003) explican que los diseños de investigación transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

3.2.2 Diseño de ingeniería.

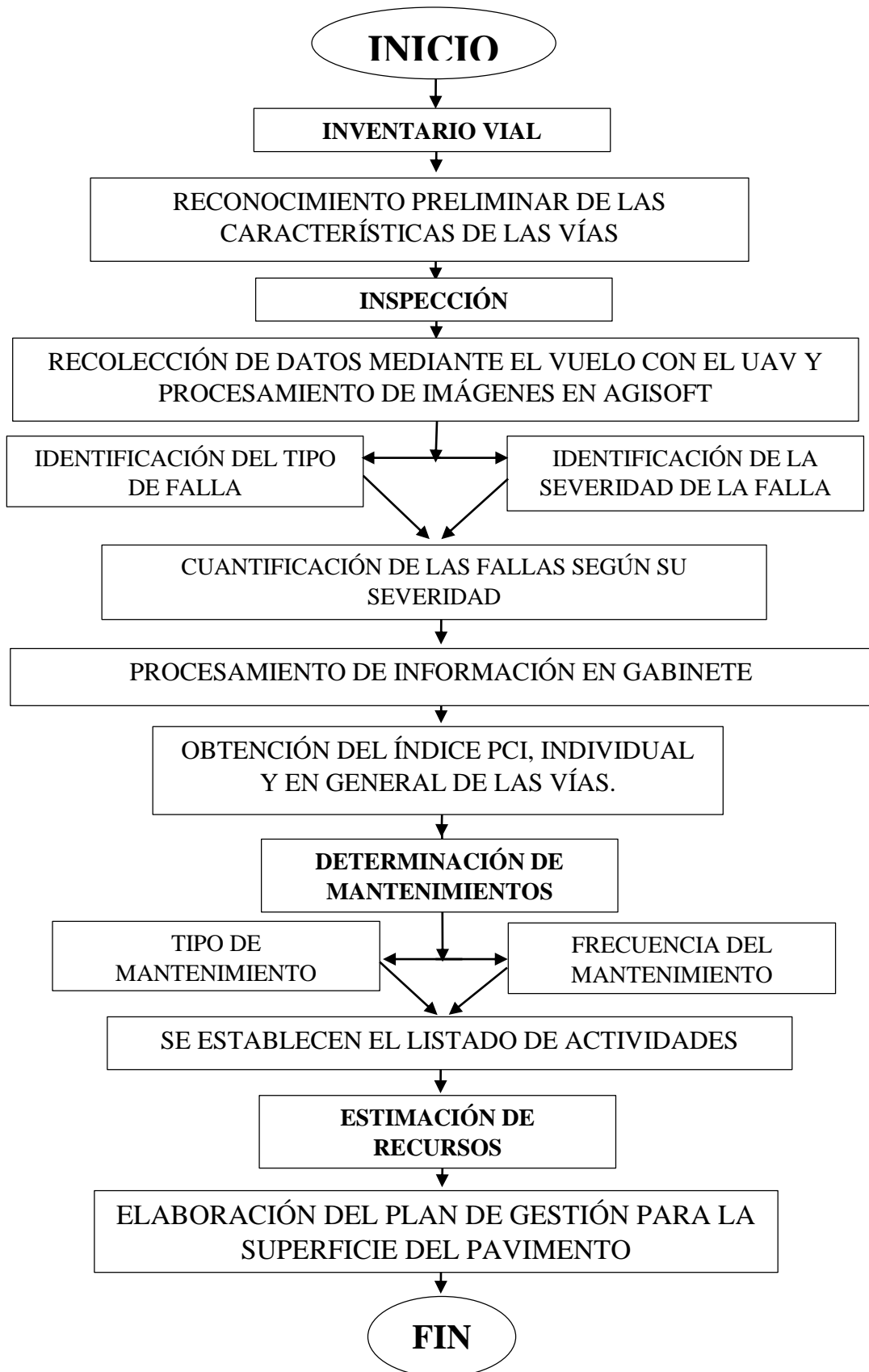


Figura 26: Flujograma de la investigación

Fuente: Elaboración Propia



3.3 Universo y muestra.

3.3.1 Universo.

(Carrasco, 2009) menciona que el universo es todo elemento de una determinada área para investigaciones físicas, dicho de otro modo, para aquellas investigaciones abióticas y elementos inanimados.

En la investigación propuesta y en función de los datos que se requieren para las fases de investigación el universo estará constituido por la SUPERFICIE DEL PAVIMENTO en las vías en estudio AV. JORGE CHÁVEZ la cual consta de 33 paños de 38 m x 8 m y la AV. COSTANERA con 32 paños y medio de 26 losas y 12 losas respectivamente.

3.3.1.1 Descripción del universo.

Literalmente el universo en estudio son los 33 paños de 38 m x 8 m de la superficie del pavimento de la vía AV. JORGE CHÁVEZ en las progresivas 0+000 a la progresiva 1 + 254 con una longitud de 1.254 km y ancho de 8 m; y 32 paños y medio de 26 losas y 12 losas respectivamente de la AV. COSTANERA en las progresivas 0+000 a la progresiva 1 + 251 con una longitud de 1.251 km y ancho de 6 m.

3.3.1.2 Cuantificación del universo.

Es un universo finito constituida por: los 33 paños de 38 m x 8 m de la superficie del pavimento de la vía AV. JORGE CHÁVEZ y los 32 paños y medio de 26 losas y 12 losas respectivamente en la AV. COSTANERA.

3.3.2 Muestra

Según (Ludewig, 1998) muestra se define como un subconjunto del universo que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea reflejo del universo, que sea representativa de ella.

En relación con la investigación el universo es único y así la muestra también será la misma, según la metodología se toman paños para la inspección de los cuales



se evalúan un porcentaje, pero para cumplir el objetivo se evaluó de forma integral, por lo que la muestra es igual al universo.

3.3.2.1 Método de muestreo.

Debido a que la muestra es igual al universo la investigación seguirá un método NO PROBABILÍSTICO de muestreo, considerando dentro de este como muestra intencional, discrecional o por juicio es aquella que se selecciona en base al conocimiento de una población o propósito del estudio, que en nuestro caso para cumplir el objetivo de la investigación la muestra es integral, la recolección de datos se da a través de instrumentos predeterminados, datos numéricos y con un número determinado de casos, siguiendo la metodología propuesta en el capítulo anterior.

3.3.2.2 Criterios de evaluación del universo.

Para la fase de inspección, en la evaluación de fallas con el MÉTODO PCI utilizamos:

- 33 paños (unidad) con dimensiones de 38m por 8 m de ancho de calzada, para hallar los valores PCI de cada unidad en la Av. Jorge Chávez.
- 32 paños (unidad) de 26 losas y medio paño de 12 losas de 3 m x 3m cada una, para hallar los valores PCI de cada unidad en la Av. Costanera.

Se evaluarán todos los paños sin distinción, incluyendo en ellos rompemuelles, buzones y parches por cambio de tuberías; en consideración a la evaluación de las fallas se tendrá en cuenta:

- Si una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad será registrada en forma separada. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad en una porción de fisura no son fácilmente separados, dicha porción se registrará con el mayor nivel de severidad presente.
- Si la exudación se considera, entonces el agregado pulido no se tomará en cuenta en la misma área.

- Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla se registrará por separado en su correspondiente nivel de severidad.
- El agregado pulido se debe encontrar en cantidades considerables para que la falla sea registrada.
- Una falla está desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada.
- Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, ésta no se registrará; sin embargo, su efecto en el parchado se considerará para determinar el nivel de severidad de dicho parche.

Los equipos e instrumentos que nos permitirán levantar las fallas son: UAV- drone y formatos de fallas.

3.3.3 Criterios de inclusión.

En el desarrollo de la investigación se involucrará aspectos relacionados al uso de diferentes equipos para la toma de datos en campo, así como también diferentes textos de apoyo para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

3.3.3.1 Criterio geográfico.

La presente investigación está destinada a la zona:

Tabla 9: Características del área de influencia

Región	: Cusco	
Provincia	: Cusco	
Distrito	: Wanchaq	
Zona	: Urbana	
Ubicación	: Av. Jorge Chávez	Av. Costanera
Longitud	: 1 254 m.	1 251 m.
Coordenadas UTM	Inicio: Este: 19L-181828.50 m E Norte: 8501903.12 m S Final: Este: 19L-183089.59 m E Norte: 8501838.92 m S	Inicio: Este: 19L-178855.03 m E Norte: 8501893.58 m S Final: Este: 19L-180058.84 m E Norte: 8501652.13 m S

Fuente: Elaboración Propia



3.3.3.2 Criterio de época.

La presente investigación se realizó: recopilación de información en el año 2017, recolección de datos en campo en los meses SETIEMBRE - OCTUBRE 2017.

3.3.3.3 Criterio de equipos.

Para realizar la investigación de campo se hizo uso del equipo fotogramétrico UAV- drone Phantom 3 ver Figura 30, el cuál proporcionó ortofotografías que permiten la cuantificación de fallas presentes en la superficie del pavimento para el procesamiento de este.

3.3.3.4 Criterio en bibliografía.

En cuanto a los textos de apoyo se utilizaron libros relacionados al Sistema de Gestión de Pavimento y evaluación de deterioro superficial, además normas, guías y manuales.

- Revista Infraestructura Vial Vol. 16, N° 28: Es una propuesta inicial para un Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales, que tendría aplicación directa en todos los pavimentos bajo la jurisdicción del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC
- Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras, aprobado por la Resolución Directoral N° 015-2007-MTC/14 del 27 de agosto del año 2007 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Norma Técnica de Edificaciones de Pavimentos Urbanos (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos 2010 en el Capítulo 6, Sección 6.4 del Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento
- Guía AASHTO 93, Normas ASTM D 5340, Manuales ACI, Manual de Evaluación de Pavimentos UNI, las que tienen bases teóricas necesarias para llevar a cabo los ensayos correspondientes y procesar los datos necesarios.

3.4 Instrumentos y equipos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos utilizados son formatos elaborados en base al tipo de Pavimento de la vía y siguiendo el formato base de la Normativa ASTM D5340, logrando cuantificar la recolección, para un mejor análisis de los mismos.

El formato fue empleado en la evaluación superficial realizando el registro y levantamiento de fallas superficiales presentes en la carpeta de rodadura, donde se consideraron el tipo de falla su severidad y la densidad de la misma que se muestra en la Figura 27 y Figura 28.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
“PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN ANUAL BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, PARA LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO EN LAS AVENIDAS: JORGE CHÁVEZ Y COSTANERA –WANCHAQ – CUSCO.”						
Nombre de la vía:					ESQUEMA	
Evaluado por:						
Fecha:						
Progresiva inicial:		Numero de Paño:	P-			
Progresiva final:		Area muestra:		m2		
PAVIMENTO FLEXIBLE - TIPOS DE FALLAS						
1. PIEL DE COCODRILO			11. PARCHEO			
2. EXUDACIÓN			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS			
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			13. HUECOS			
4. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			14. CRUCE DE VÍA FERREA			
5. CORRUGACIÓN			15. AHUELLAMIENTO			
6. DEPRESIÓN			16. DESPLAZAMIENTO			
7. GRIETA DE BORDE			17. GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)			
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA			18. HINCHAMIENTO			
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA			19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES						
FALLAS EXISTENTES						
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido	

Figura 27: Formato de Levantamiento de Fallas para Pavimento Flexible.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 29: GPS diferencial

Fuente: Elaboración Propia



Figura 30: UAV-drone Phantom 3

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Procedimientos de recolección de datos

3.5.1 Levantamiento y registro de fallas superficiales

En el desarrollo de esta prueba se registraron las fallas superficiales visibles sobre la carpeta de rodadura, utilizando la metodología PCI (Pavement Condition Index).

A) Equipos y herramientas utilizados en la prueba:

Para realizar la toma de datos se empleó el equipo el formato de levantamiento y registro de fallas superficiales presentado en la Figura 27 y Figura 28 anteriormente descrita, la cual se empleó independientemente para cada unidad, adjuntados en el presente ítem F).

B) Procedimiento:

- Preliminarmente se realizó el reconocimiento de las características de las vías para el apartado de inventario dentro del Plan de Sistema de Gestión recogiendo datos tales como; Longitud de las vías, Tipos de superficie de rodadura, Importancia de las vías, Cantidad de tráfico vial – IMDA por vía; a continuación, se realizó un resumen en la siguiente tabla:

Tabla 10: Inventario de Características de las Vías

CARACTERÍSTICAS	AV. JORGE CHÁVEZ	AV. COSTANERA
Longitud de la vía	1 254 m.	1 251 m.
Ancho de Calzada	8.00 m	6.00 m
Tipo de Superficie	Asfáltico.	Concreto.
Importancia de la vía	Colectora.	Colectora.
Cantidad de tráfico IMDA*	17676 veh/día	14652 veh/día

* (IMDA – Equipo UF Municipalidad de Wanchaq ver Anexo 2)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 31: Reconocimiento inicial de anchos de calzada

Fuente: Elaboración Propia



Figura 32: Reconocimiento inicial de longitudes de losas

Fuente: Elaboración Propia

- También se realizó el reconocimiento inicial de las fallas más características, presentes en las dos Avenidas mostradas en las siguientes fotografías:



Figura 33: Falla piel de Cocodrilo - Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia



Figura 34: Grieta de Reflexión de Junta - Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia



Figura 35: Deslizamientos - Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia



Figura 36: Huecos de severidad alta - Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia



Figura 37: Parcheo por cortes de Instalaciones - Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia

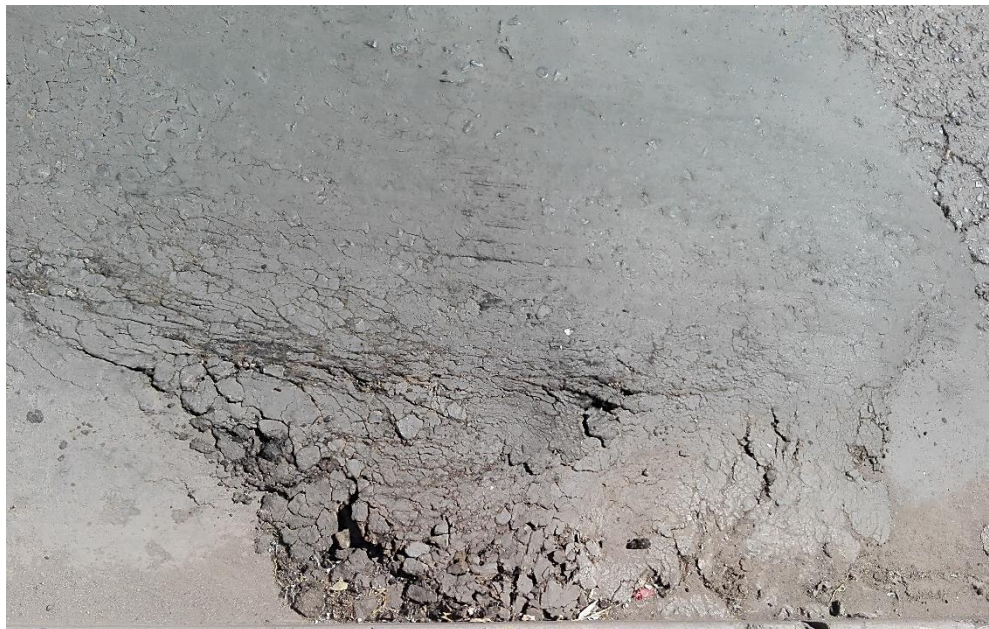


Figura 38: Desplazamiento de severidad alta - Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia

- Posteriormente se realizó un cronograma de levantamiento con el Dron, de las imágenes necesarias teniendo en cuenta que el equipo Phanthom 3 que se utilizó tiene un tiempo de uso y las baterías que cuenta tienen un tiempo estimado de desgaste entre 10 a 7 min, por lo que fueron necesarias 7 baterías, así el plan de vuelo está en un promedio de (1) una hora con despegues y aterrizajes entre cambios de batería ambas calles se volaron el 01 de Octubre del 2017, en horario de 7:00 am. a 9:00 am., se programó este día puesto a que los domingos tienen menos fluencia vehicular y las fotografías se verían con menos interferencias y libres para su evaluación.
- Entonces el proceso de configuración de vuelo que se siguió es el siguiente:
 - El equipo cuenta con un control remoto que funciona con señal WI-FI emitido por el modem incorporado en el mismo, además cuenta con una antena de radio; así configurando el modo de vuelo en GPS para un manejo manual con compensaciones de viento y el control a distancia en HOMELOCK para un control de regreso automático al punto de inicio hasta 300 m.

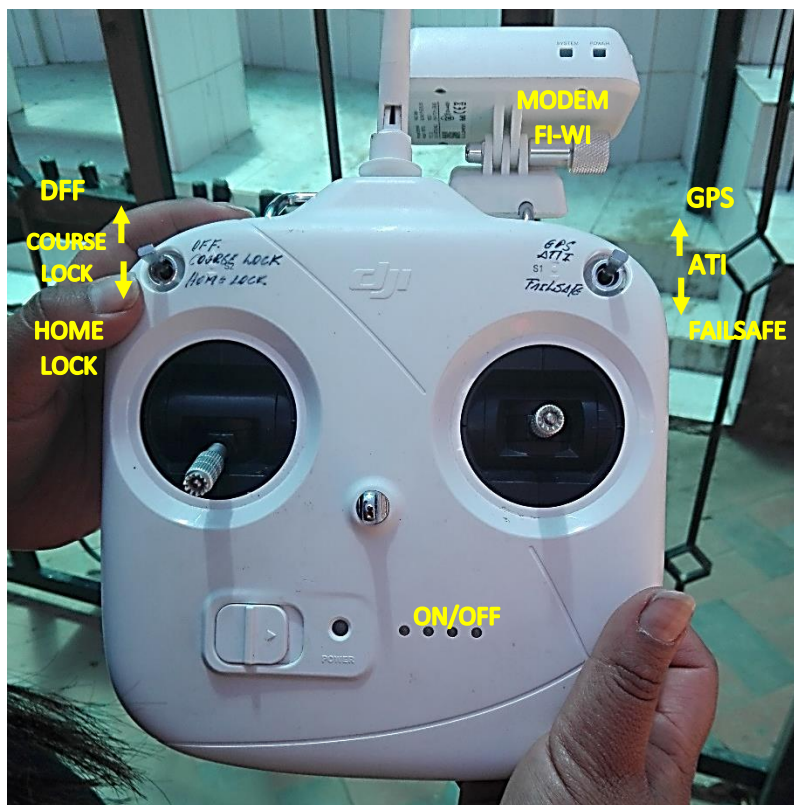


Figura 39: Control remoto Drone DJI Phantom 3

Fuente: Elaboración Propia

- Al encender el dron se realiza un referenciación de forma horizontal como se muestra en la Figura 40.



Figura 40: Calibración del dron Phanthom 3

Fuente: Elaboración Propia

- Se configura el control de la cámara, compensando el Jimbal en un Angulo de 90° para captar fotos ortogonales.



Figura 41: Jimbal de calibración de la Cámara Phantom 3

Fuente: Elaboración Propia

- Se establece la conexión remota con un teléfono móvil y la aplicación DJI VISION, con el WI- FI del control remoto como se ve en la Figura 42 a continuación se empieza en despegue del dron y con la herramienta cámara la aplicación se capturan las fotos cada 2 segundos asegurándonos de tener

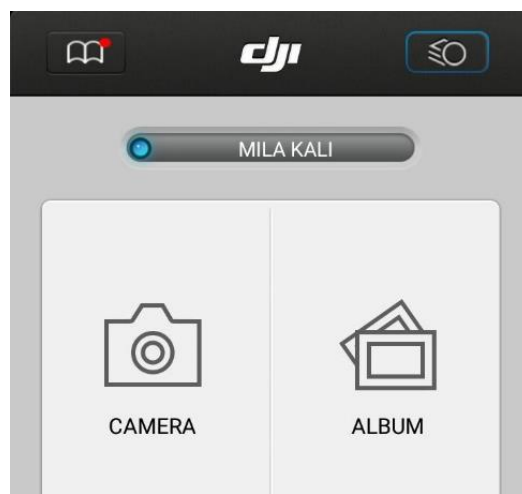
un 60% de empalme o traslape entre fotografías, se tiene en cuenta los siguientes parámetros de vuelo:

Tabla 11: Parámetros de Vuelo drone Phantom 3

PARÁMETROS DE VUELO		
Altura de Vuelo	30 metros	Ver Figura 43
Tiempo de Vuelo	10 minutos	

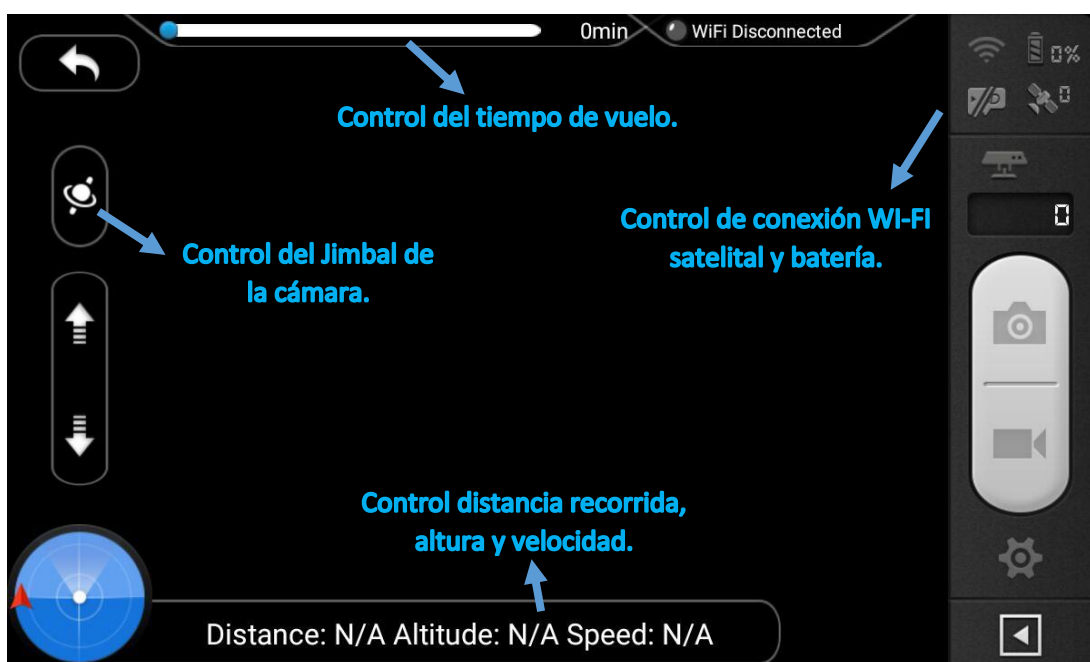
Fuente: Elaboración Propia

Figura 42: Conexión WI-FI control remoto Phantom 3



Fuente: Elaboración Propia

Figura 43: Control de vuelo desde la aplicación DJI VISION



Fuente: Elaboración Propia

- En el proceso del vuelo se tuvo un inconveniente inicial con la señal que CORPAC S.A (Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación) emite para la seguridad de los vuelos del Aeropuerto Velazco Astete de la Ciudad, impidiendo que cualquier dispositivo de vuelo pueda acceder a una altura 50 metros, por lo que se optó por realizar el planeo del dron a 30 metros.
- A posterior en ambas calles se detectó la interferencia de los postes de alta tensión, rompiendo la conexión de la señal control remoto con el dron, esto ocasiona la pérdida de imágenes en el rango de poste de alta tensión hasta captar de nuevo la señal del control, en la Av. Jorge Chávez el plan de vuelo se amplió a las fechas 8 y 15 de Octubre por este inconveniente.



Figura 44: Despegue y aterrizaje de Drone Phanthom 3

Fuente: Elaboración Propia

- Se realizó en simultaneo la delimitación de puntos de control para el levantamiento con GPS diferencial, se levantaron 5 puntos para la Av. Jorge Chávez y 6 puntos para la Av. Costanera.



Figura 45: Delimitación de puntos de Control Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia



Figura 46: Delimitación de punto de Control Av. Costanera

Fuente: Elaboración Propia



Figura 47: Levantamiento de Puntos de Control con GPS diferencial

Fuente: Elaboración Propia

C) Toma de datos:

El vuelo se realizó con éxito en las dos Avenidas tomando en la Avenida Jorge Chávez 254 fotografías en 1254 metros y en la Avenida Costanera un total de 220 fotografías ortogonales en 1252 metros.



Figura 48: Av Jorge Chavez con Av. Velazco Astete - progresiva 0 +000

Fuente: Elaboración Propia



Figura 49: Av. Jorge Chávez con Jr. De la Unión - progresiva 0+760

Fuente: Elaboración Propia



Figura 50: Av. Jorge Chávez con Pje. Jorge Chávez - progresiva 1+ 254

Fuente: Elaboración Propia



Figura 51: Av. Costanera con Av. Velazco Astete - progresiva 0+000

Fuente: Elaboración Propia



Figura 52: Av. Costanera con Jr. De la Unión - progresiva 0+581

Fuente: Elaboración Propia



Figura 53: Av. Costanera con Pje. Jorge Chávez - progresiva 1 + 251

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Procedimientos de análisis de datos

3.6.1 Fase de inspección

3.6.1.1 Procesamiento de imágenes.

A) Procesamiento o cálculos de la prueba.

Se realizó el procesamiento de las imágenes ortogonales con el programa AGISOFT, se optó por este programa debido a que es muy versátil y nos proporcionó el resultado de la ortofoto al nivel necesario para la evaluación, el proceso es el siguiente:

- Se añaden las fotografías ordenadas al programa luego se corrige el tipo de cámara del efecto ojo de pez de cada una de ellas con la herramienta calibración de cámara, de acuerdo al tipo de cámara, en este caso el programa reconoce que la cámara fue utilizada es del UAV Phantom Vision FC200 (5mm) 4384 x 2922 pix.

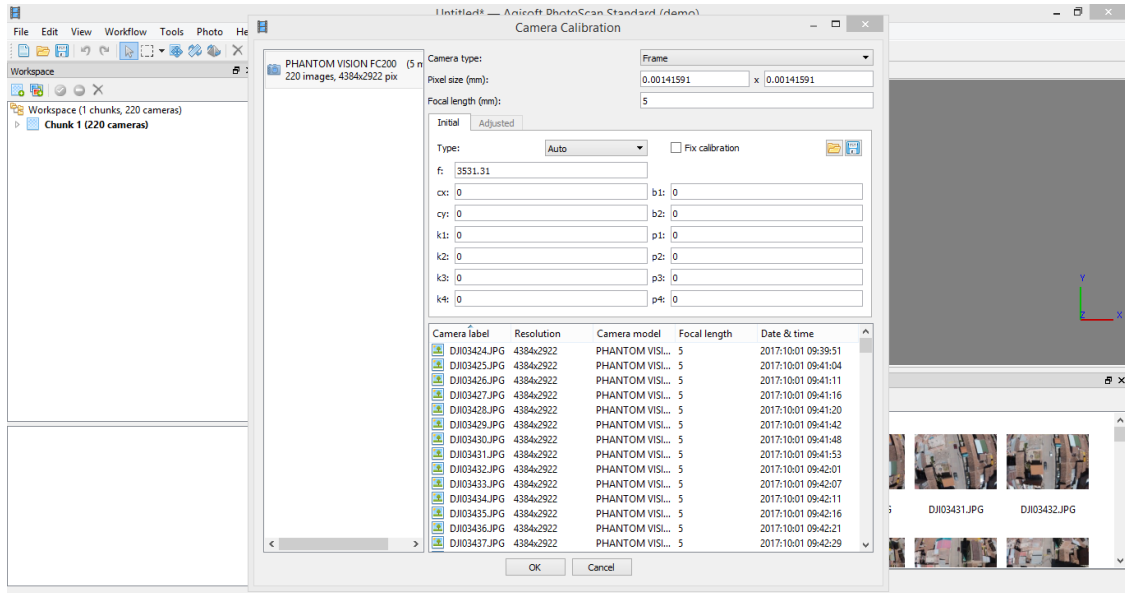


Figura 54: Calibración de cámara - efecto Ojo de pez

Fuente: Elaboración Propia

- A continuación, se sigue una secuencia de pasos para obtener el ortomosaico final como se enumera a continuación: Orientar fotografías (Pre proceso de emparejamiento de imágenes), Crear nube de puntos, Crear malla, Crear textura, Crear modelo de teselas, Crear modelo digital y elevaciones y finalmente Crear ortomosaico.

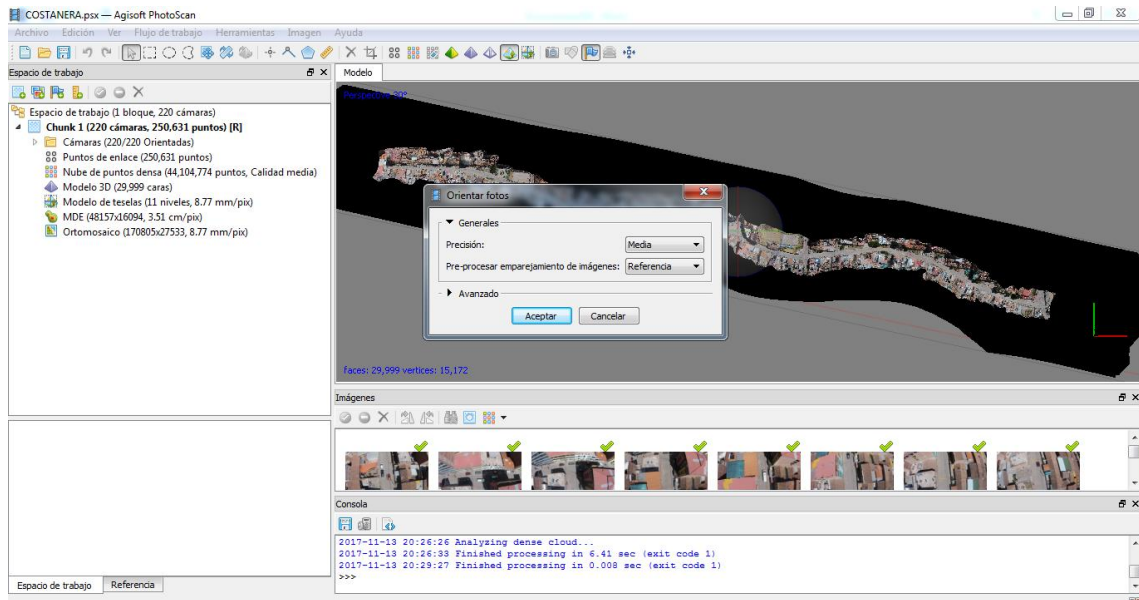


Figura 55: Orientación de Fotografías - Precisión media

Fuente: Elaboración Propia

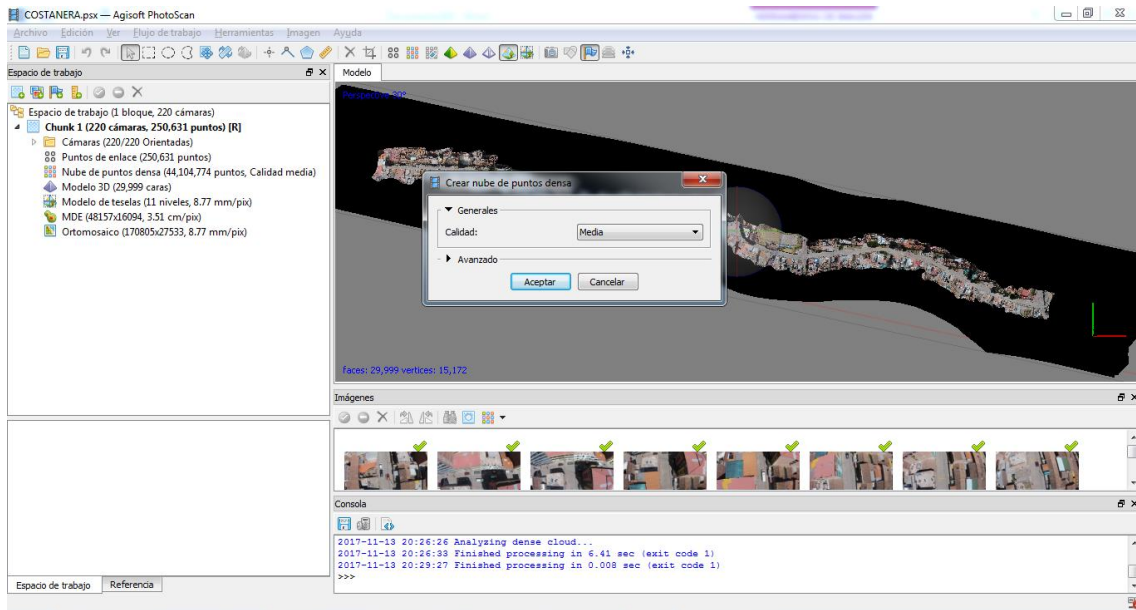


Figura 56: Creación de Nube de puntos Densa - Calidad Media

Fuente: Elaboración Propia

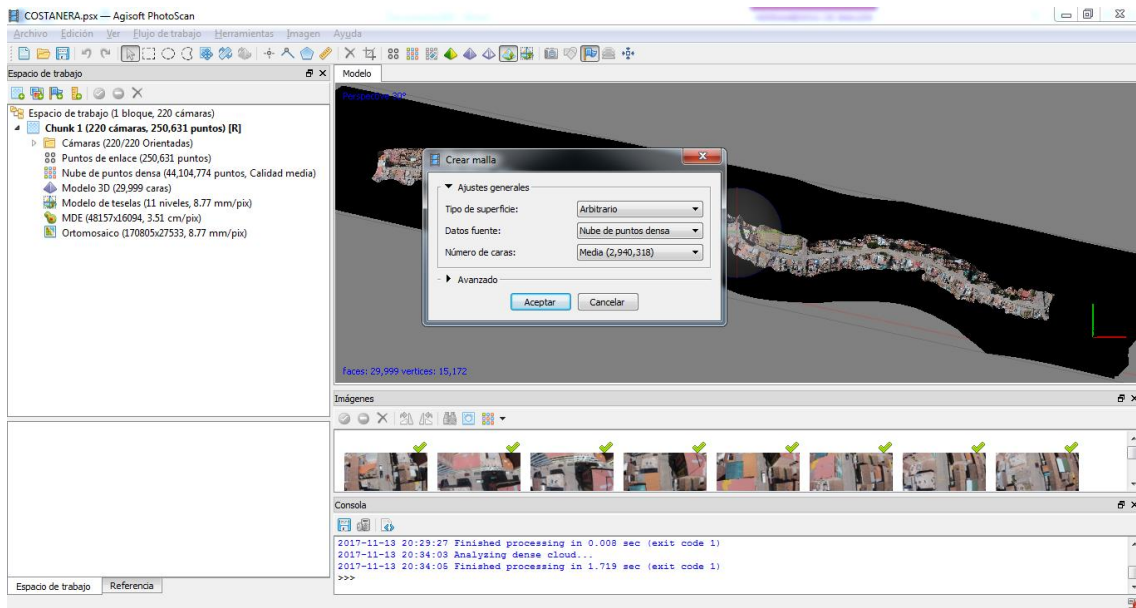


Figura 57: Creación de malla

Fuente: Elaboración Propia

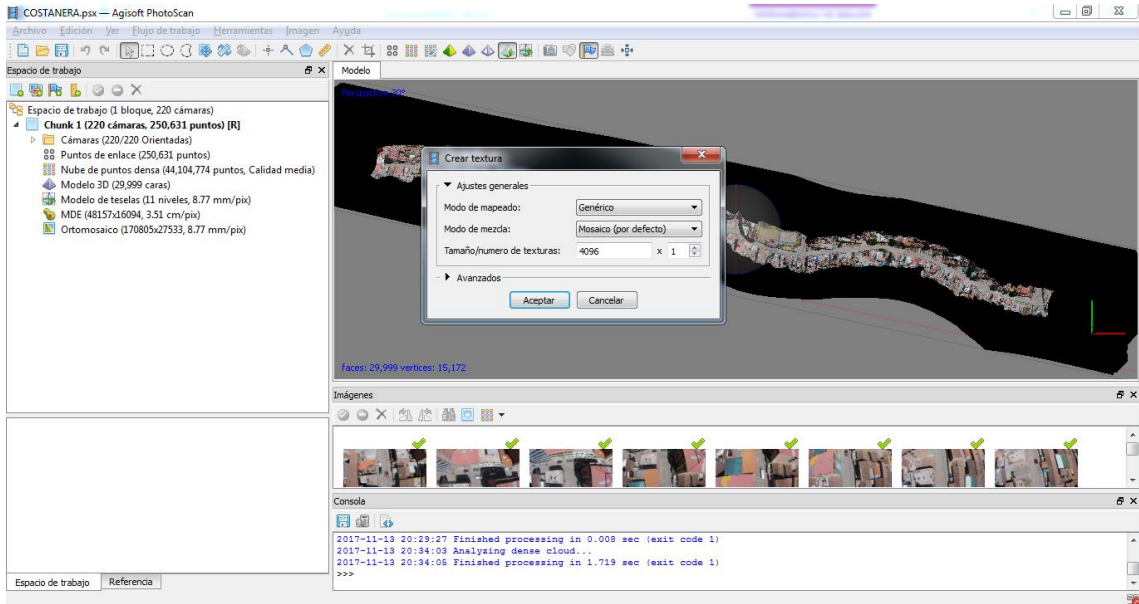


Figura 58: Creación de Textura con un modo de mapeado genérico

Fuente: Elaboración Propia

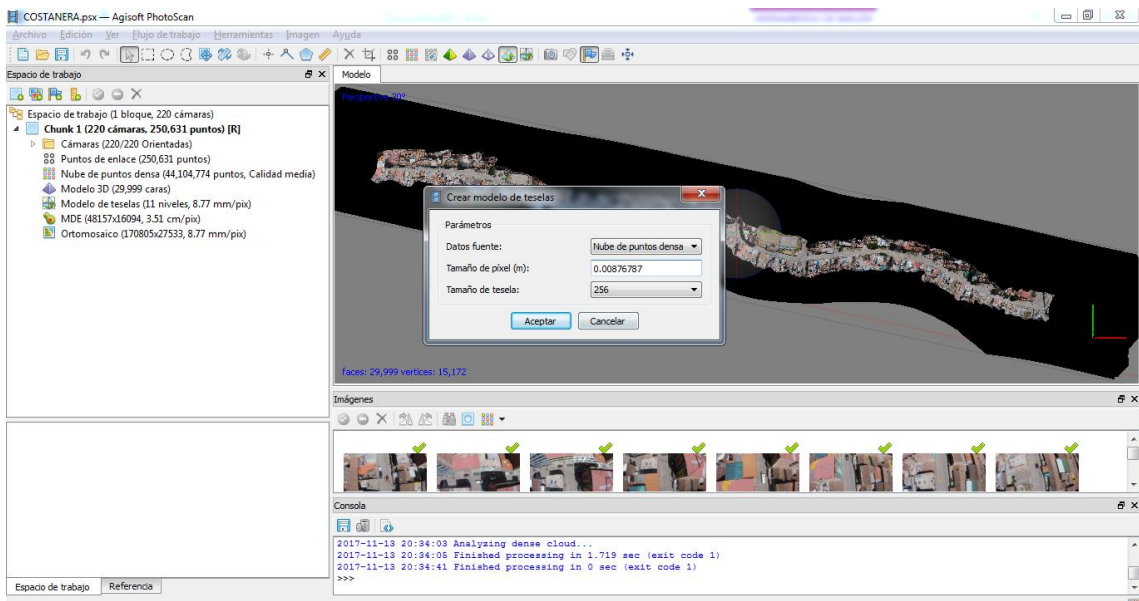


Figura 59: Creación de modelo de Teselas

Fuente: Elaboración Propia

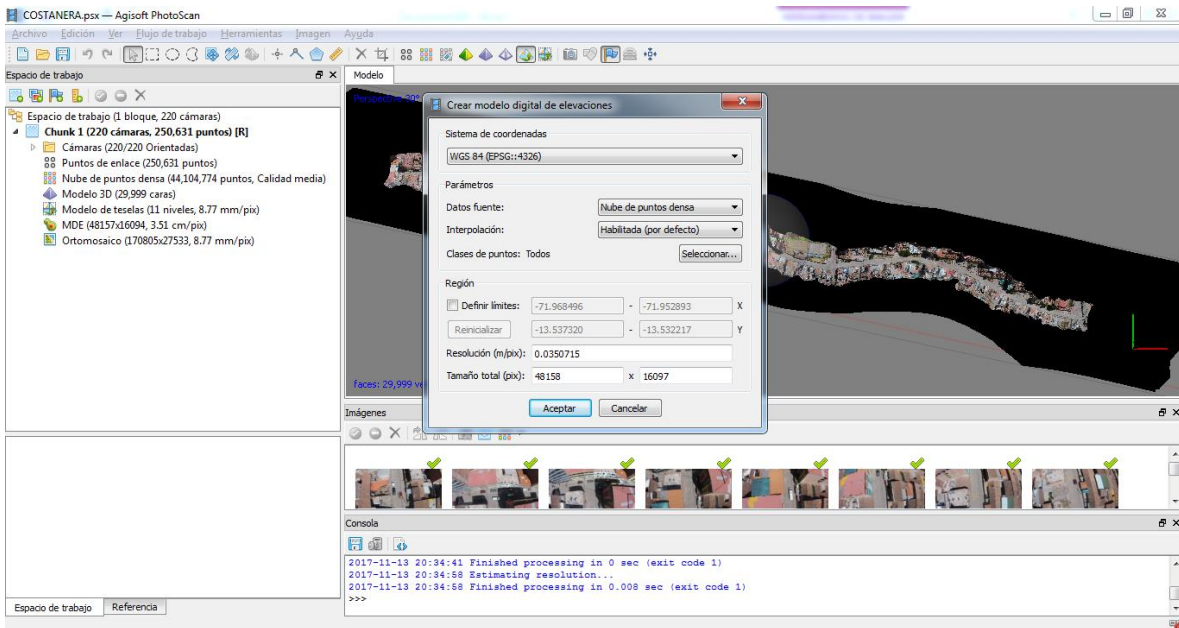


Figura 60: Creación de modelo digital de elevaciones

Fuente: Elaboración Propia

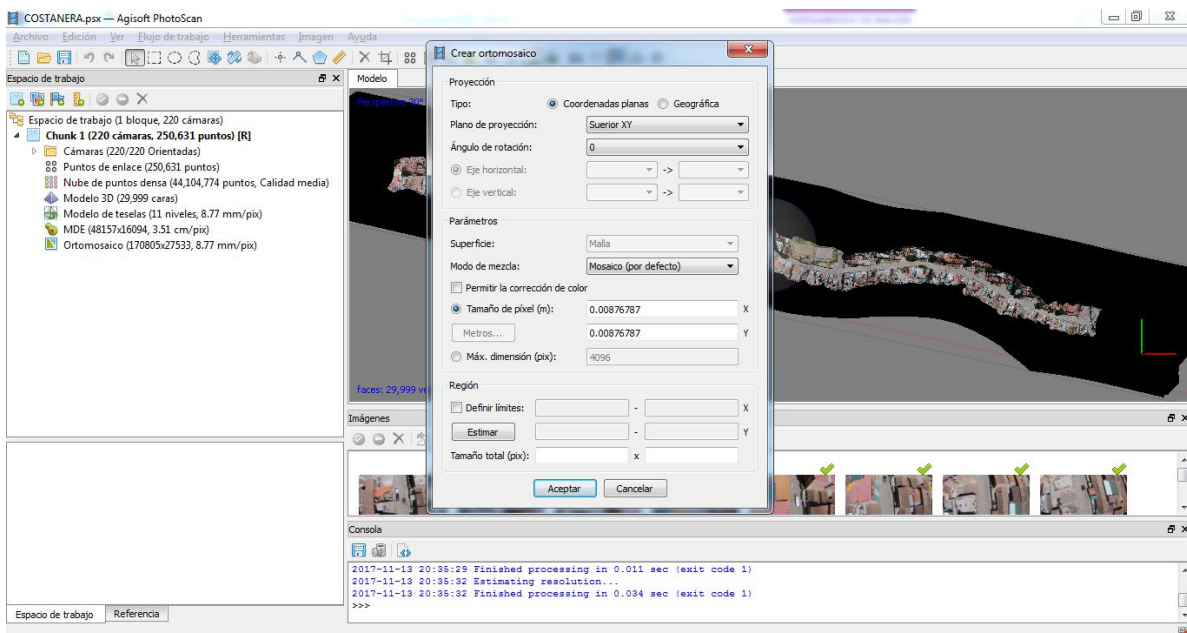


Figura 61: Creación de Ortomosaico

Fuente: Elaboración Propia

B) Análisis de la prueba.

- Finalmente se exporta el ortomozaico final en formato TIF para la fase de evaluación de fallas superficiales como se muestra en la Figura 64.

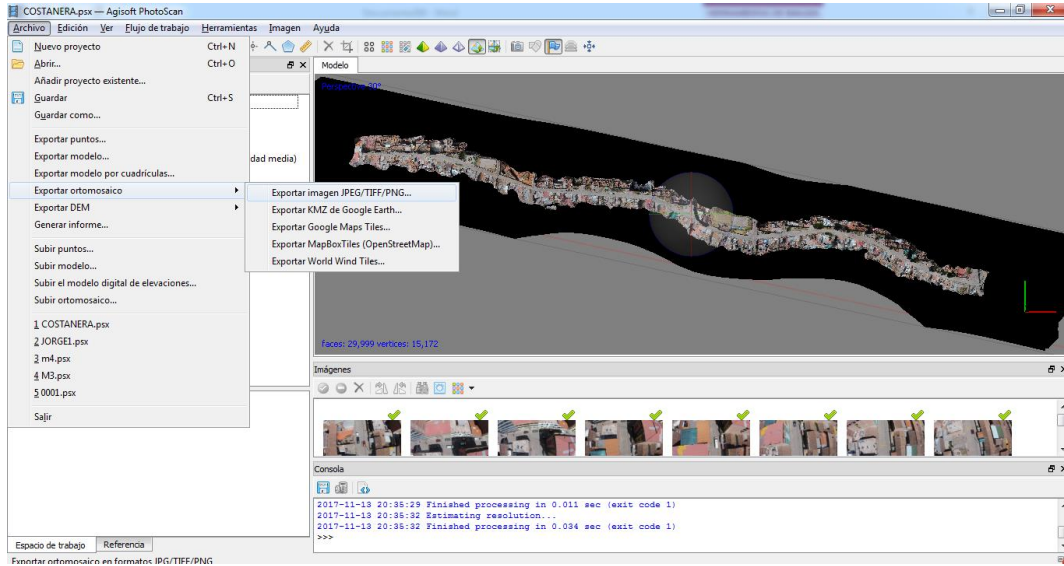


Figura 62: Exportación de imagen del Ortomozaico en formato TIF

Fuente: Elaboración Propia

- Se tiene las características finales que adoptaron los ortomozaicos en cuestión de puntos enlace entre imágenes y nube de puntos, características de resolución de las imágenes.

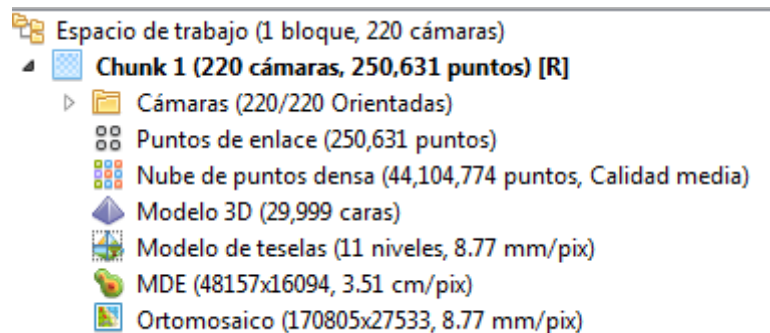


Figura 63: Características del Ortomozaico en la Av. Costanera

Fuente: Elaboración Propia

-
- 📁 Espacio de trabajo (1 bloque, 254 cámaras)
 - ▾ 📁 **Chunk 1 (254 cámaras, 174,672 puntos) [R]**
 - ▶ 📁 Cámaras (254/254 Orientadas)
 - 📁 Puntos de enlace (174,672 puntos)
 - 📁 Nube de puntos densa (32,922,219 puntos, Calidad media)
 - 📁 Modelo 3D (69,372 caras)
 - 📁 Modelo de teselas (9 niveles, 1.88 cm/pix)
 - 📁 MDE (24534x5883, 7.51 cm/pix)
 - 📁 Ortomosaico (80688x16926, 1.88 cm/pix)

Figura 64: Características del Ortomosaico en la Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia



Figura 65: Ortomosaico final de la Av. Costanera

Fuente: Elaboración Propia



Figura 66: Ortomosaico final de la Av. Jorge Chávez

Fuente: Elaboración Propia

3.6.1.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

A) Proceso metodológico

- Se procedió realizar la división de unidades en gabinete: el procedimiento se inició con la selección del área de la unidad de muestreo, considerando según el (Department of the Army, 1982) que "... For asphalt pavements, a sample unit may vary in size from approximately 1500 square feet to 3500 square feet, with a recommended average of 2500 square feet ... (Para pavimentos de asfalto, una unidad de muestra puede variar en tamaño aproximadamente 1500 pies cuadrados a 3500 pies cuadrados, con un promedio recomendado de 2500 pies cuadrados.)", es decir las unidades de muestra para la AV. JORGE CHAVEZ deben estar entre 139.4 m² y 325.2 m².

La vía Av. Jorge Chávez cuenta con un ancho de calzada medida, de 8 m, es uno de los criterios que se tomaron para la determinación de la longitud de la unidad, así tenemos al área de la unidad de muestra, Paño tipo 1 entre los rangos propuestos por la norma:

Tabla 12: Longitudes de las Unidades de muestreo

ANCHO DE CALZADA	LONGITUD DE LA UNIDAD	ÁREA DE LA UNIDAD
8 m	38 m	304 m ²

Fuente: Elaboración Propia

Así podemos determinar cuántas unidades de muestreo tendremos a lo largo de la vía, la longitud de la vía es de 1 254 m:

Tabla 13: Número de Unidades de muestra

	ANCHO DE CALZADA	LONGITUD	ÁREAS
TOTAL VÍA	8m	1254 m	10032 m ²
UNIDAD	8m	38 m	304 m ²
CANTIDAD DE UNIDADES DE MUESTRA			33 und

Fuente: Elaboración Propia

- (Department of the Army, 1982) “... For concrete pavement, a sample unit may vary in size from approximately 12 to 28 slabs, with a recommended average of 20 slabs ... (Para pavimento de concreto, la unidad puede variar en tamaño de aproximadamente 12 a 28 losas, con un promedio recomendado de 20 losas.)”, es decir que las unidades de muestra para la AV. COSTANERA deben estar entre 12 a 28 losas.

Para la Av. Costanera con un total de 844 losas de 3m x 3m, determinamos la cantidad de losas para cada unidad de muestra Paño de tipo 2 para pavimento rígido, así entre el rango propuesto por la norma de 20 a 28 losas por unidad nuestra vía se dividirá en unidades de 26 losas cada una, como se muestra:

Tabla 14: Número de Unidades de muestra

	LOSAS	
TOTAL LOSAS	844 losas	
LOSAS POR UNIDAD	26 losas	12 losas
CANTIDAD DE UNIDADES	32 und	1 und
TOTAL	32 unidades y media	

Fuente: Elaboración Propia

- Como segunda etapa se determinó el número mínimo de unidades de muestreo a ser evaluadas en ambas vías, de acuerdo a la longitud del tramo y el sistema gestión se decidió inspeccionar de forma integral las unidades de muestreo.



Figura 67: Delimitación de Unidades de muestra (paños) - Av. Jorge Chávez progresiva 0+000

Fuente: Elaboración Propia

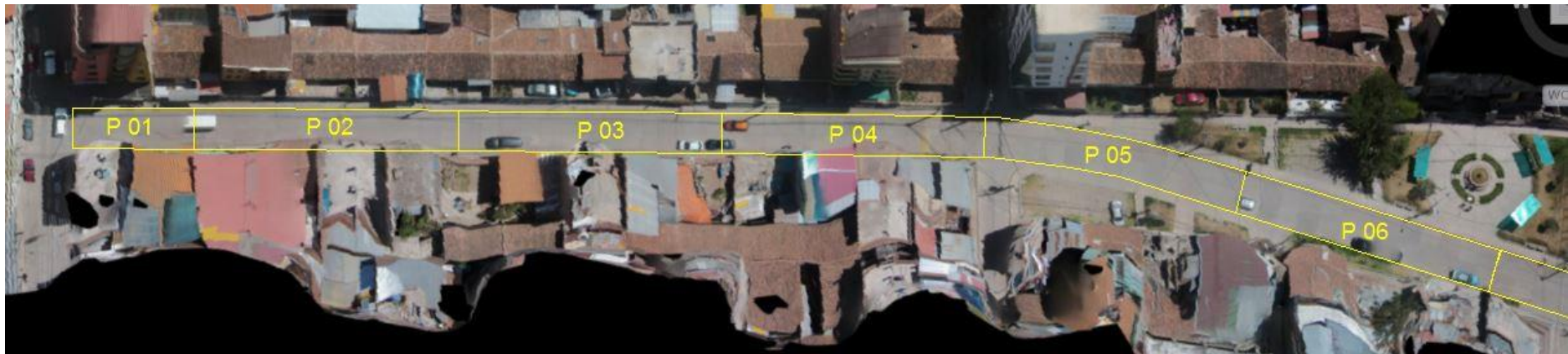
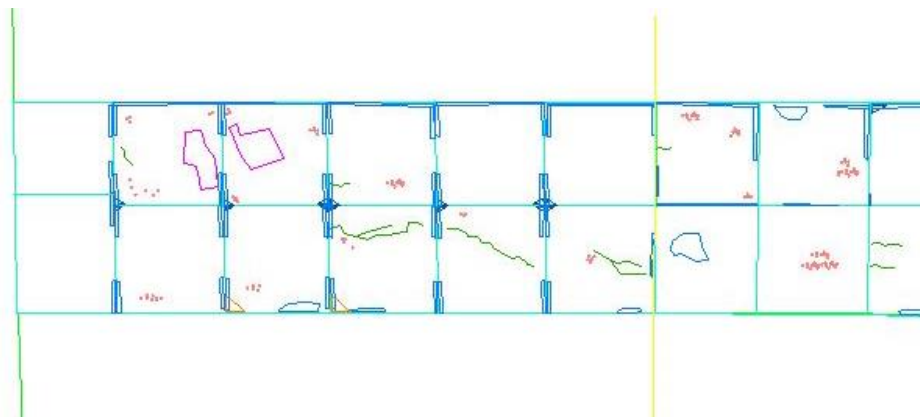


Figura 68: Delimitación de Unidades de muestra (paños) - Av. Costanera progresiva 0+000

Fuente: Elaboración Propia

- Levantamiento de fallas en autocad con los ortomozaicos de cada Avenida, los parámetros considerados en el levantamiento de fallas están de acuerdo a la metodología PCI, se considera lo siguiente:
 - I. Tipo de falla: considerando que la superficie de rodadura para la Av. Jorge Chávez es de pavimento flexible o de asfalto, son 19 tipos de fallas y para la Av. Costanera con un pavimento rígido, son 15 tipos de fallas.
 - II. Severidad o nivel de daño: consideramos tres niveles de daño (Baja – Media – Alta), que depende de la elevación o profundidad de la falla, longitud de la grieta presente, disgregación de material o efecto en la calidad de transito de los vehículos.
 - III. Densidad: se considera como el área registrada que la falla ocupa en la unidad de muestra, las unidades dependen del tipo de falla (metros lineales, metros cuadrados o unidad).

Figura 69: Delimitación de fallas en losas



Fuente: Elaboración Propia

El levantamiento y registro de fallas superficiales, se procesan en base a la metodología PCI (Norma ASTM, 2005).

- El procedimiento para este análisis comienza identificando los tipos de fallas registradas en cada unidad de muestreo (Paños), luego se cuantifica la severidad del daño y se halla la densidad respectiva, se acumula todos los valores registrados de acuerdo a cada nivel de severidad para obtener un valor acumulado que representa el tipo de falla con un mismo grado de severidad en cada unidad.

$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{ÁREA DE LA FALLA}}{\text{ÁREA TOTAL}}$$

- El siguiente paso es ordenar independientemente para obtener su VALOR DEDUCIDO por medio de la interpolación de valores en función de la densidad del tipo de falla y su severidad, el cual representa el valor teórico obtenidos de los monogramas con curvas logarítmicas generadas con el tipo de falla, en función a las bases en la norma utilizada como se muestra en el caso de Pavimentos Flexibles en las Figura 103 a la Figura 119, y en el caso de Pavimento Rígido en las Figura 154 a la Figura 169.
- Se establece el número máximo aceptable de deducción (m) si sólo un valor deducido (o ninguno) es >2 , el valor total deducido se usa en lugar del valor máximo de Valor Deducido Corregido, entonces el “Número Aceptable de Deducciones” m, usando la siguiente ecuación:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 54.6) = 5.17$$

HDV_i: valor deducido individual más alto para la unidad de prueba i.

- Determinamos el Valor Deducido Máximo Compensado (CDV), por observación en gráfico de la Figura 120 y de la Tabla 32 en pavimentos flexibles y para pavimentos rígidos con las Figura 170 y Tabla 48, la curva de corrección apropiada “q” será igual al valor ya estimado “m”, para determinar el “Valor Deducido Total” se suman todos los valores deducidos individuales, los valores deducidos por fallas y severidad deben ser corregidos puesto que es necesario homogenizar para poder tener un valor estándar y representativo del paño que posteriormente servirá para hallar el índice PCI.
- Este valor de deducción corregido representará al valor final de cada unidad de muestreo, el cual se utilizará para hallar el índice PCI de cada unidad con la siguiente fórmula:

$$\text{PCI} = 100 - \text{CDV}$$



B) Procedimiento de datos para pavimento flexible.

- De la Figura 70 a la Figura 102 se muestran la colecta de información por paños tipo 1 considerados como paños para pavimento flexible, donde en nuestro caso muestra los resultados por colores en la escala propuesta, el valor deducido de los cuadros, depende de la severidad y tipo.

El cálculo del PCI de cada unidad de muestreo se presenta en las mismas figuras adjuntas, junto con los monogramas utilizados para la determinación de los valores deducidos:

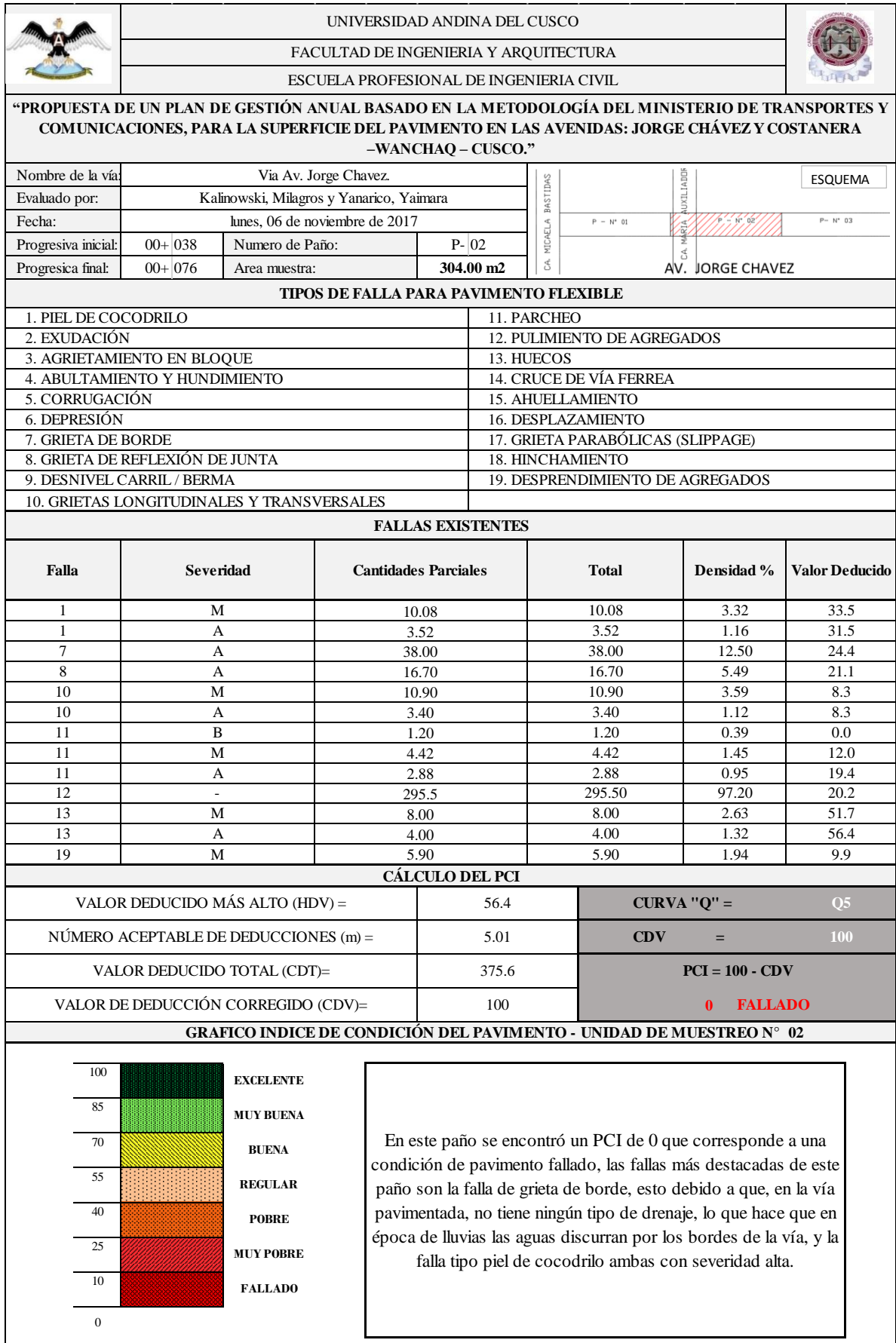


Figura 71: Procesamiento de datos y cálculo de PCI - Paño 2

Fuente: Elaboración Propia

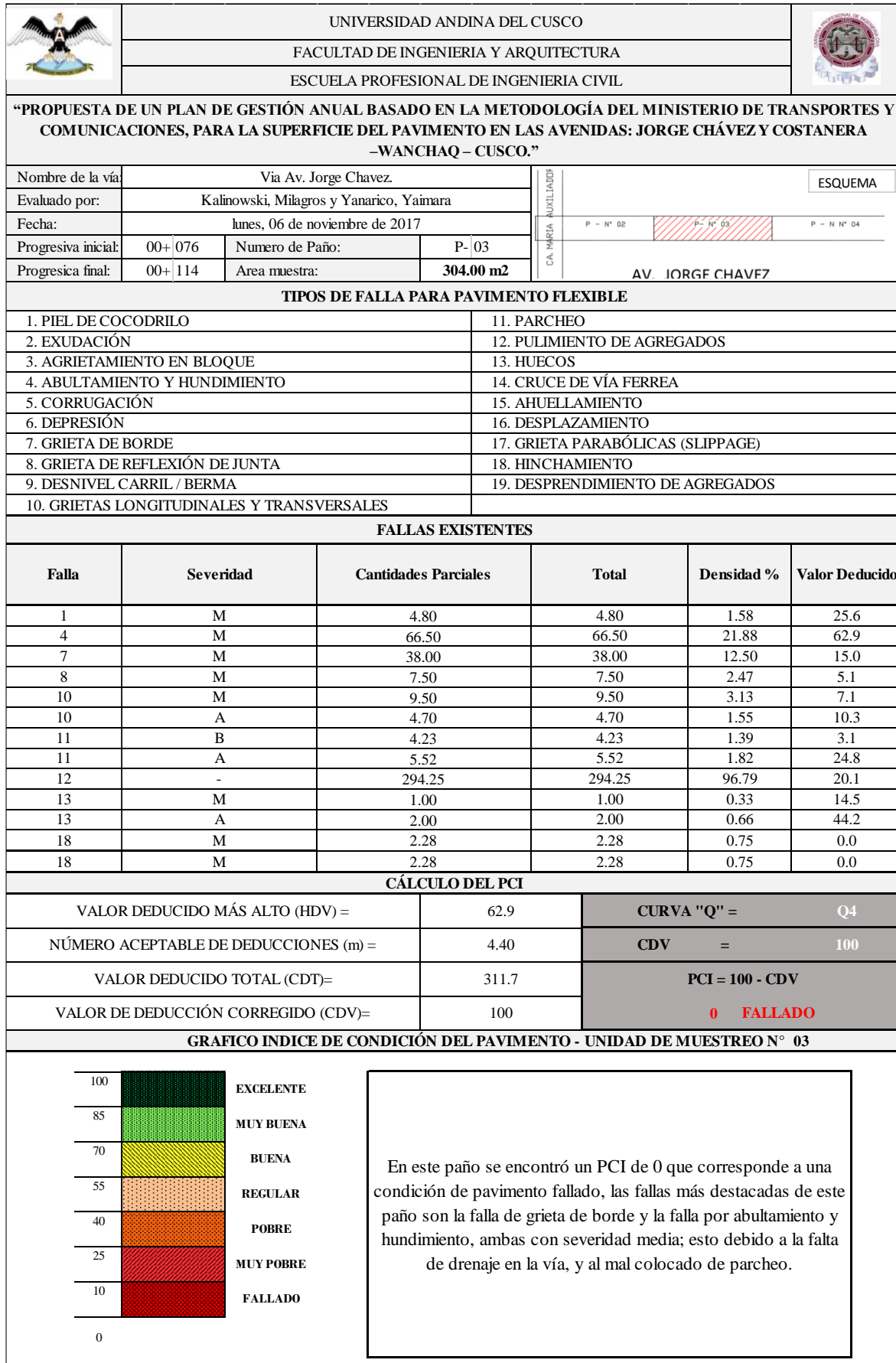


Figura 72: Procesamiento de datos y cálculo de PCI - Paño 3

Fuente: Elaboración Propia

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
<p align="center">“PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN ANUAL BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, PARA LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO EN LAS AVENIDAS: JORGE CHÁVEZ Y COSTANERA –WANCHAQ – CUSCO.”</p>						
Nombre de la vía:	Via Av. Jorge Chavez.				ESQUEMA	
Evaluado por:	Kalinowski, Milagros y Yanarico, Yaimara				P - N° 03	
Fecha:	lunes, 06 de noviembre de 2017				P - N° 04	
Progresiva inicial:	00+ 114	Numero de Paño:	P - 04		P - N° 05	
Progresiva final:	00+ 152	Area muestra:	304.00 m2		AV. JORGE CHAVEZ	
TIPOS DE FALLA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE						
1. PIEL DE COCODRILO			11. PARCHEO			
2. EXUDACIÓN			12. PULMIENTO DE AGREGADOS			
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			13. HUECOS			
4. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			14. CRUCE DE VÍA FERREA			
5. CORRUGACIÓN			15. AHUELLAMIENTO			
6. DEPRESIÓN			16. DESPLAZAMIENTO			
7. GRIETA DE BORDE			17. GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)			
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA			18. HINCHAMIENTO			
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA			19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES						
FALLAS EXISTENTES						
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	B	4.00	4.00	1.32	12.1	
1	M	8.04	8.04	2.64	31.0	
7	M	42.00	42.00	13.82	15.6	
8	A	4.90	4.90	1.61	9.8	
10	M	7.15	7.15	2.35	5.4	
10	A	2.35	2.35	0.77	6.6	
11	B	2.03	2.03	0.67	1.5	
11	M	49.76	49.76	16.37	37.6	
12	-	252.21	252.21	82.96	17.6	
13	M	12.00	12.00	3.95	61.7	
13	A	3.00	3.00	0.99	51.3	
19	B	19.80	19.80	6.51	3.9	
CÁLCULO DEL PCI						
VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO (HDV) =		61.7	CURVA "Q" =		Q5	
NÚMERO ACEPTABLE DE DEDUCCIONES (m) =		4.51	CDV =		100	
VALOR DEDUCIDO TOTAL (CDT)=		333.0	PCI = 100 - CDV 0 FALLADO			
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (CDV)=		100				
GRAFICO INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - UNIDAD DE MUESTREO N° 04						
	<p>EXCELENTE</p> <p>MUY BUENA</p> <p>BUENA</p> <p>REGULAR</p> <p>POBRE</p> <p>MUY POBRE</p> <p>FALLADO</p>	<p>En este paño se encontró un PCI de 0 que corresponde a una condición de pavimento fallado, la falla más destacada de este paño son la presencia de huecos, esto debido a que en la vía pavimentada no se realiza mantenimiento rutinarios lo que genera que las fallas tipo piel de cocodrilo de desprendan y generen los huecos.</p>				

Figura 73: Procesamiento de datos y cálculo de PCI - Paño 4

Fuente: Elaboración Propia

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
“PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN ANUAL BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, PARA LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO EN LAS AVENIDAS: JORGE CHÁVEZ Y COSTANERA –WANCHAQ – CUSCO.”						
Nombre de la vía:	Vía Av. Jorge Chavez.			ESQUEMA		
Evaluado por:	Kalinowski, Milagros y Yanarico, Yaimara			P - N° 04		P - N° 06
Fecha:	lunes, 06 de noviembre de 2017					
Progresiva inicial:	00+ 152	Numero de Paño:	P- 05	AV. JORGE CHAVEZ		
Progresiva final:	00+ 190	Area muestra:	304.00 m2			
TIPOS DE FALLA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE						
1. PIEL DE COCODRILO			11. PARCHEO			
2. EXUDACIÓN			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS			
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			13. HUECOS			
4. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			14. CRUCE DE VÍA FERREA			
5. CORRUGACIÓN			15. AHUELLAMIENTO			
6. DEPRESIÓN			16. DESPLAZAMIENTO			
7. GRIETA DE BORDE			17. GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)			
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA			18. HINCHAMIENTO			
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA			19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES						
FALLAS EXISTENTES						
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	14.02	14.02	4.61	37.1	
1	A	6.37	6.37	2.10	40.6	
4	M	9.05	9.05	2.98	21.8	
7	M	26.00	26.00	8.55	12.9	
8	A	4.50	4.50	1.48	9.4	
8	M	1.85	1.85	0.61	2.0	
10	M	11.50	11.50	3.78	8.7	
10	A	5.90	5.90	1.94	12.0	
11	B	9.20	9.20	3.03	6.6	
11	M	33.32	33.32	10.96	32.4	
12	-	261.48	261.48	86.01	18.2	
13	M	4.00	4.00	1.32	36.5	
13	A	2.00	2.00	0.66	44.2	
CÁLCULO DEL PCI						
VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO (HDV) =		44.2	CURVA "Q" =		Q6	
NÚMERO ACEPTABLE DE DEDUCCIONES (m) =		6.12	CDV =		100	
VALOR DEDUCIDO TOTAL (CDT)=		361.5	PCI = 100 - CDV 0 FALLADO			
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (CDV)=		100				
GRAFICO INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - UNIDAD DE MUESTREO N° 05						
100		EXCELENTE	<p>En este paño se encontró un PCI de 0 que corresponde a una condición de pavimento fallado, la falla más destacada de este paño son la presencia de huecos, esto debido a que en la vía pavimentada no se realiza mantenimientos rutinarios lo que genera que las fallas tipo piel de cocodrilo se desprendan y generen los huecos.</p>			
85		MUY BUENA				
70		BUENA				
55		REGULAR				
40		POBRE				
25		MUY POBRE				
10		FALLADO				
0						

Figura 74: Procesamiento de datos y cálculo de PCI - Paño 5

Fuente: Elaboración Propia

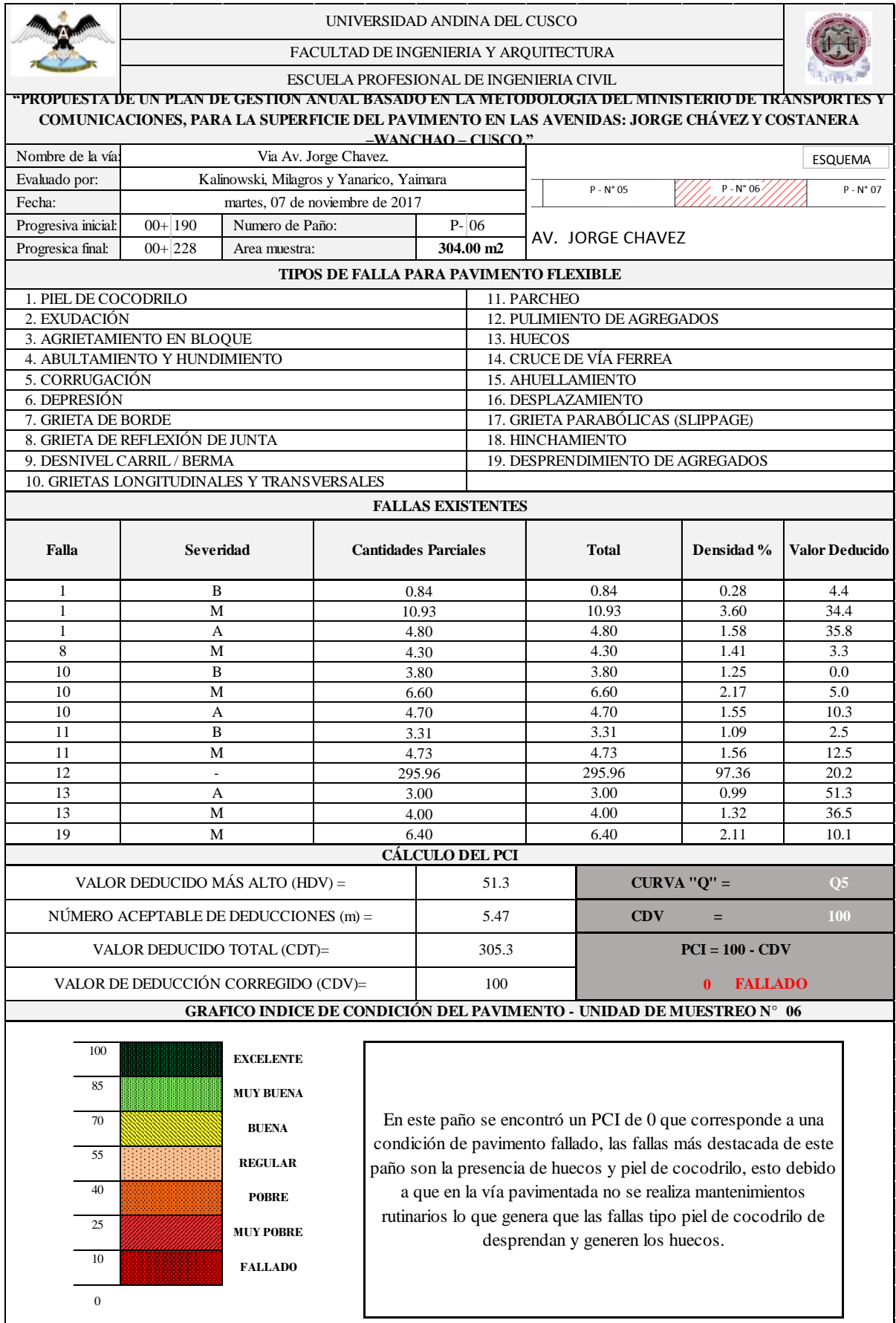


Figura 75: Procesamiento de datos y cálculo de PCI - Paño 6

Fuente: Elaboración Propia

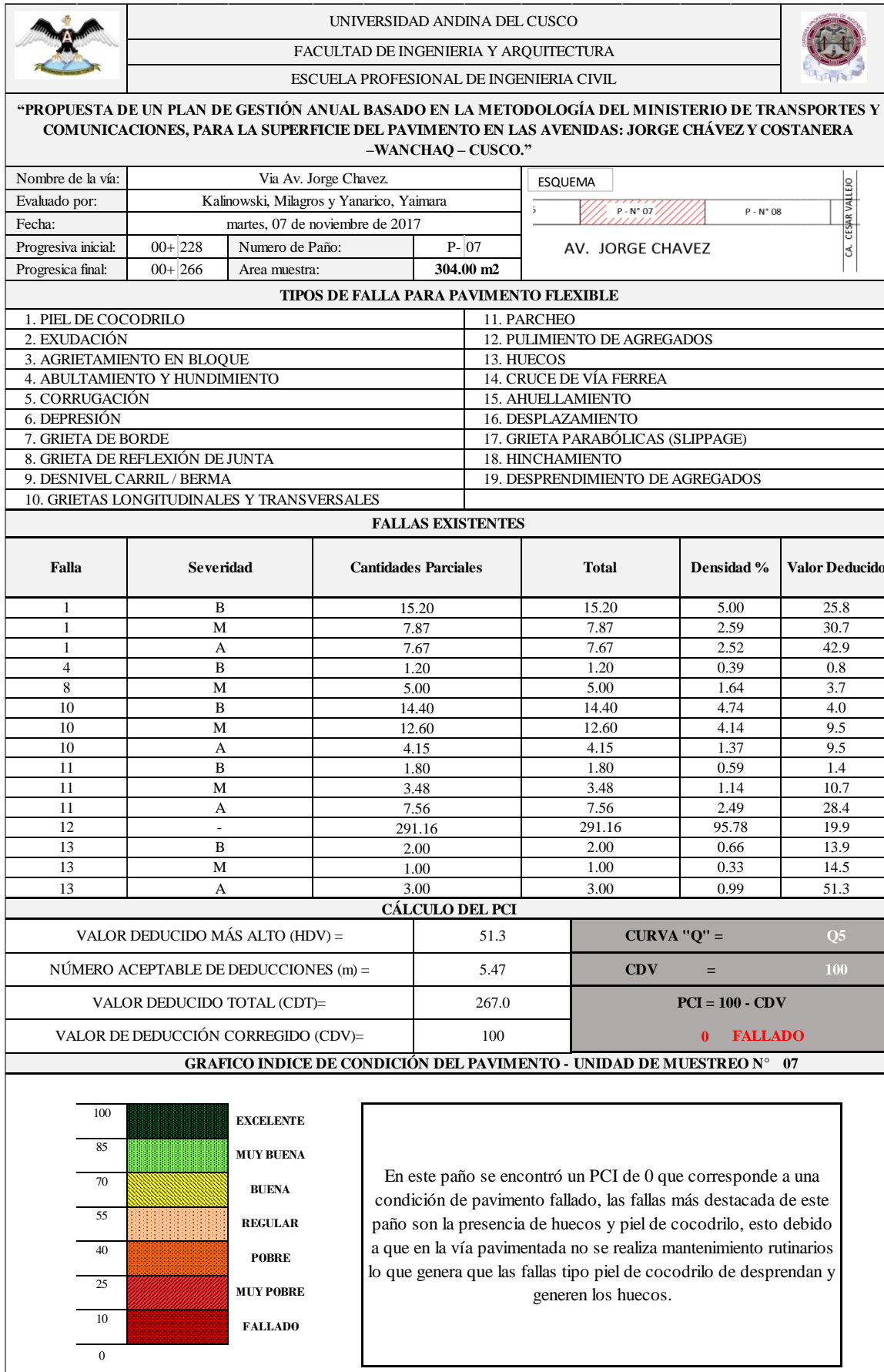


Figura 76: Procesamiento de datos y cálculo de PCI - Paño 7

Fuente: Elaboración Propia