

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA SEDE JAÉN

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN



**“EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE  
EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE  
JAÉN- CAJAMARCA”**

AUTOR:

**Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN**

ASESORA:

**Mcs. Ing. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ**

JAÉN – CAJAMARCA – PERÚ

2023

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Franklin Regalado Carrión  
**DNI:** 47490002  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Civil
- Asesor:** María Salomé De la Torre Ramírez  
**Facultad:** Facultad de Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
"EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN-CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 01/12/2023
- Software antiplagio:**  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 23%
- Código Documento:** 3117:291399454
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 01/12/2023



FIRMA DEL ASESOR

María Salomé De la Torre Ramírez

DNI: 26731541



Firmado digitalmente por:  
FERNANDEZ LEON Yvonne  
Katherine FAU 20148258001 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 02/12/2023 20:42:27-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

COPYRIGHT © 2023 by  
FRANKLIN REGALADO CARRIÓN  
Todos los derechos reservados

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por darme las fuerzas para lograr mis objetivos

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y todo su esfuerzo que han depositado en mi para cumplir mis logros.

A mi hija por darme esas fuerzas y el motivo para seguir adelante cumpliendo y logrando las metas propuestas.

A mi asesora, Ing. María Salomé de la Torre Ramírez por su paciencia, comprensión y la motivación para el desarrollo de la Investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico los frutos de este trabajo a Dios y toda mi familia. Sobre todo, a mis padres por apoyarme en los momentos malos y buenos. Por enseñarme a afrontar la adversidad para seguir adelante cumpliendo las metas propuestas.

Esta investigación va dedicada a los Ing. Docentes de la universidad donde me formé gracias a ellos obtuve el conocimiento para ser un profesional con ética, valores, perseverancia, voluntad de salir adelante y cumplir el sueño de mis padres para ser útil para la sociedad.

Dedico esta Investigación al cual le puse mucho empeño para que sea útil a los estudiantes y profesionales de la carrera de Ing. Civil y afines que quieran adquirir conocimientos sobre el estado actual de conservación de los pavimentos rígidos utilizando la metodología del PCI.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1    Selección del problema.....	2
1.1.2    Formulación del problema.....	2
1.1.3    Justificación de la investigación .....	3
1.1.4    Alcances o delimitaciones de la investigación .....	3
1.1.5    Limitaciones y restricciones de la investigación.....	3
1.2    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1    Objetivo general.....	4
1.2.2    Objetivos específicos .....	4

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	6
2.1.3 Antecedentes Locales.....	7
2.2 BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1 Topografía:.....	8
2.2.2 Clasificación de pavimentos:.....	11
2.2.3 TIPOS DE FALLAS EN LA SUPERFICIE DE CONCRETO RÍGIDO.....	13
2.2.4 Curvas para pavimentos de Concreto SEGÚN Pavement Condition Index (PCI). 64	
2.2.5 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento rígido por el método PCI.....	75
2.2.6 Índice de condición del pavimento (pci- pavement condition Index).....	83
2.2.7 Significado y uso.....	84
2.2.8 Definición de términos básicos.....	84
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	86
3.1 Hipótesis.....	86
3.2 Variables.....	86
3.2.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:.....	87
3.2.2 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	88

3.3	Ubicación geográfica.....	89
3.4	Metodología .....	93
3.4.1	Tipo de estudio .....	93
3.4.2	Diseño.....	93
3.5	Población, muestra y unidad de análisis.....	93
3.5.1	Población .....	93
3.5.2	Muestra.....	93
3.5.3	Unidad de análisis.....	93
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	94
3.6.1	Secuencia de las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos .....	94
3.7	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	97
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		98
4.1	Presentación de resultados .....	98
4.1.1	Resultados de conteo vehicular .....	98
4.1.2	Resultados del PCI para las unidades de muestreo .....	100
4.2	Análisis e interpretación y discusión de resultados.....	138
4.2.1	Análisis e interpretación .....	138
4.2.2	Discusión de resultados .....	142
4.3	Contrastación de hipótesis .....	143

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
Conclusiones .....	144
Recomendaciones .....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
APÉNDICE: .....	149
APÉNDICE 1: PLANOS .....	149
APÉNDICE 2: ESTUDIO DE TRÁFICO .....	167
APÉNDICE 3: PANEL FOTOGRÁFICO .....	174
APÉNDICE 4: PUNTOS TOPOGRÁFICOS .....	183
ANEXOS .....	196
ANEXO 1: TABLAS DE VALORES DEDUCIDOS SEGÚN EL MANUAL PCI ASTM D 6433.....	196
ANEXO 2: TIPO DE FALLAS Y MEDICIÓN SEGÚN MANUAL PCI ASTM D 6433..	215

## ÍNDICES DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Pagina</b>
Tabla 1	Tipos de los daños en la superficie de concreto rígido .....13
Tabla 2	Niveles de Severidad para Losa Dividida .....21
Tabla 3	Niveles de Severidad para los Desniveles entre Losas.....27
Tabla 4	Niveles de Severidad para Punzonamiento .....48
Tabla 5	Niveles de Severidad para los Descascaramientos de Esquina.....58
Tabla 6	Niveles de Severidad para los Descascaramientos de Junta.....61
Tabla 7	Hoja de registro de una inspección en pavimento Rígido Articulado .....75
Tabla 8	Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido.....82
Tabla 9	Rangos de clasificación del PCI .....83
Tabla 10	Operacionalización de variables.....87
Tabla 11	Matriz de consistencia.....88
Tabla 12	Coordenadas de ubicación del proyecto de estudio .....89
Tabla 13	Formato de recolección de datos de campo para el levantamiento topográfico .....94
Tabla 14	Formato de clasificación vehicular estudio de trafico .....95
Tabla 15	Cuadro de conteo semanal de vehículos que transitan por la calle zarumilla .....98
Tabla 16	Tráfico vehicular – IMD sin corrección.....98
Tabla 17	Desagregado de tráfico vehicular – IMD con factor de corrección.....99

Tabla 18	Unidades de muestreo en la calle zarumilla cuadra n°13 hasta la cuadra N°18 .....	100
Tabla 19	Registro de fallas en la unidad de muestreo N° 01 (UM-01).....	102
Tabla 20	23. losa dividida (divided slab) .....	105
Tabla 21 (UM-01)	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la unidad de muestreo N°01 .....	107
Tabla 22	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-01 .....	109
Tabla 23	Valores deducidos corregidos .....	111
	Ubicamos en la tabla 23 el rango y clasificación de la unidad de muestreo N°01 (UM-01).....	113
Tabla 24	Rangos de clasificación del PCI .....	113
Tabla 25	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-02.....	114
Tabla 26	Cálculo del índice de condición de pavimento PCI para la UM-02.....	115
Tabla 27	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-03.....	116
Tabla 28	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-03 .....	117
Tabla 29	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-04.....	118
Tabla 30	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-04 .....	119
Tabla 31	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-05.....	120
Tabla 32	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-05 .....	121
Tabla 33	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-06.....	122
Tabla 34	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-06 .....	123
Tabla 35	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-07.....	124

Tabla 36	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-07 .....	125
Tabla 37	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-08.....	126
Tabla 38	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-08 .....	127
Tabla 39	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-09.....	128
Tabla 40	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-09 .....	129
Tabla 41	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-10.....	130
Tabla 42	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-10 .....	131
Tabla 43	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-11 .....	132
Tabla 44	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-11 .....	133
Tabla 45	Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-12.....	134
Tabla 46	Cálculo del índice de condición de pavimento UM-12 .....	135
Tabla 47	Resumen de los resultados obtenidos por unidad de muestreo: .....	136
Tabla 48	Resumen de los resultados obtenidos por cuadradas que conforman el tramo: .....	137
Tabla 49	Conteo vehicular día lunes.....	167
Tabla 50	Conteo vehicular día martes.....	168
Tabla 51	Conteo vehicular día miércoles .....	169
Tabla 52	Conteo vehicular día jueves .....	170
Tabla 53	Conteo vehicular día viernes.....	171
Tabla 54	Conteo vehicular día sábado.....	172
Tabla 55	Conteo vehicular día domingo.....	173

Tabla 56	Puntos topográficos de la calle Zarumilla desde la cuadra N°13 hasta la N°18 .....	183
Tabla 57	21. Levantamiento/pandeo (blowup/buckling) .....	196
Tabla 58	22. Fisura de esquina (corner break).....	197
Tabla 59	23. losa dividida (divided slab) .....	198
Tabla 60	24. Fisura de durabilidad “d” (durability “d” cracking).....	199
Tabla 61	25. Escalonamiento (faulting) .....	200
Tabla 62	27. Desnivel carril-berma (lane-shoulder drop-off).....	201
Tabla 63	28. Fisuras lineales: longitudinales, transversales y diagonales (linear cracking) .....	202
Tabla 64	29. Parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios (área mayor a 0.5m2) (large patching and utility cuts).....	203
Tabla 65	30. Parches pequeños (área menor a 0.5m2) (small patching) .....	204
Tabla 66	31. Agregado pulido (polished aggregate).....	205
Tabla 67	32. Popouts.....	206
Tabla 68	33. Bombeo (pumping).....	207
Tabla 69	34. Punzonamiento (punchout) .....	208
Tabla 70	35. Cruce de vía férrea (railroad crossing) .....	209
Tabla 71	36. Descascaramiento, mapa de fisuras, craquelado (scaling, map cracking, and crazing) .....	210
Tabla 72	37. Fisuras de contracción (shrinkage cracks).....	211
Tabla 73	38. Descascaramiento de esquina (spalling, corner) .....	212

Tabla 74	39. Descasacamiento de junta (spalling, joint) .....213
Tabla 75	Tabla de Valores deducidos corregidos.....214
Tabla 76	Resumen de tipo de falla y sus rangos de medición.....215

## ÍNDICES DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pagina</b>
Figura 1	Sección transversal de pavimento hidráulico.....11
Figura 2	Levantamiento/Pandeo – Baja Severidad.....15
Figura 3	Levantamiento/Pandeo – Mediana Severidad .....16
Figura 4	Levantamiento/Pandeo – Alta Severidad.....16
Figura 5	Fractura de Esquina – Baja Severidad .....19
Figura 6	Fractura de Esquina – Mediana Severidad.....19
Figura 7	Fractura de Esquina – Alta Severidad .....20
Figura 8	Losa Dividida – Baja Severidad.....22
Figura 9	Losa Dividida – Mediana Severidad.....22
Figura 10	Losa Dividida – Alta Severidad.....23
Figura 11	Fisura de Durabilidad – Baja Severidad.....25
Figura 12	Fisura de Durabilidad – Mediana Severidad .....25
Figura 13	Fisura de Durabilidad – Alta Severidad.....26
Figura 14	Escalonamiento – Baja Severidad.....28
Figura 15	Escalonamiento – Mediana Severidad.....28
Figura 16	Escalonamiento – Mediana Severidad.....29
Figura 17	Daño en el Sello de la Junta – Baja Severidad.....31
Figura 18	Daño en el Sello de la Junta – Mediana Severidad.....31

Figura 19	Daño en el Sello de la Junta – Alta Severidad .....	32
Figura 20	Desnivel Carril-Berma – Baja Severidad .....	33
Figura 21	Desnivel Carril-Berma – Mediana Severidad .....	33
Figura 22	Desnivel Carril-Berma – Alta Severidad.....	34
Figura 23	Fisura Lineal – Baja Severidad .....	36
Figura 24	Fisura Lineal – Mediana Severidad .....	37
Figura 25	Fisura Lineal – Alta Severidad .....	37
Figura 26	Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos – Baja Severidad ....	39
Figura 27	Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos –Mediana Severidad .....	39
Figura 28	Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos –Alta Severidad .....	40
Figura 29	Parches Pequeños – Baja Severidad .....	41
Figura 30	Parches Pequeños – Mediana Severidad.....	42
Figura 31	Parches Pequeños – Alta Severidad .....	42
Figura 32	Agregado Pulido.....	43
Figura 33	Popouts.....	45
Figura 34	Bombeo.....	46
Figura 35	Bombeo.....	47
Figura 36	Punzonamiento – Baja Severidad.....	49
Figura 37	Punzonamiento – Mediana Severidad .....	49
Figura 38	Punzonamiento –Alta Severidad.....	50

Figura 39	Cruce de Vía Férrea – Baja Severidad .....	51
Figura 40	Cruce de Vía Férrea – Mediana Severidad.....	52
Figura 41	Cruce de Vía Férrea – Alta Severidad .....	52
Figura 42	Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Baja Severidad.....	54
Figura 43	Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Mediana Severidad ....	55
Figura 44	Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Alta Severidad.....	55
Figura 45	Fisuras de Contracción .....	56
Figura 46	Descascaramiento de Esquina – Baja Severidad .....	58
Figura 47	Descascaramiento de Esquina – Mediana Severidad .....	59
Figura 48	Descascaramiento de Esquina – Alta Severidad .....	59
Figura 49	Descascaramiento de Junta – Baja Severidad.....	62
Figura 50	Descascaramiento de Junta – Mediana Severidad .....	62
Figura 51	Descascaramiento de Junta – Alta Severidad .....	63
Figura 52	21 Levantamiento / Pandeo -Blowup / Buckling.....	64
Figura 53	22 Fisura de Esquina .....	64
Figura 54	23 Losa Dividida.....	65
Figura 55	24 Fisura de Durabilidad “D” .....	65
Figura 56	25 Escalonamiento.....	66
Figura 57	26 Sello de Junta .....	66
Figura 58	27 Desnivel Carril / Berma.....	67
Figura 59	28 Fisuras Lineales .....	67

Figura 60	29 Parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios.....	68
Figura 61	30 Parcheo pequeño .....	68
Figura 62	31 Agregado Pulido.....	69
Figura 63	32 Popouts.....	69
Figura 64	33 Bombeo.....	70
Figura 65	34 Punzonamiento .....	70
Figura 66	35 Cruce de Vía Férrea.....	71
Figura 67	36 Desconchamiento / Mapa de Fisuras / Craquelado .....	71
Figura 68	37 Fisuras de Contracción.....	72
Figura 69	38 Descascaramiento de Esquina .....	72
Figura 70	39 Descascaramiento de Junta .....	73
Figura 71	Corrección del Valor Deducido.....	74
Figura 72	Plano de Ubicación U-01.....	90
Figura 73	Plano de Ubicación U-02.....	91
Figura 74	Plano de Localización L-01 .....	92
Figura 75	23 Losa Dividida.....	104
Figura 76	Corrección del Valor Deducido.....	110
Figura 77	Porcentaje del IMD en la calle zarumilla.....	138
Figura 78	Gráfico del PCI por unidades de muestreo (UM) .....	140
Figura 79	Gráfico del PCI promedio por cuadra .....	141
Figura 80	Plano de ubicación U-01 .....	149

Figura 81	Plano de ubicación U-02 .....	150
Figura 82	Plano de localización U-01 .....	151
Figura 83	Plano topográfico .....	152
Figura 84	Planta general de ejes.....	153
Figura 85	Eje de unidad de muestreo cuadra N°13.....	154
Figura 86	Eje de unidad de muestreo cuadra N°14.....	155
Figura 87	Eje de unidad de muestreo cuadra N°15.....	156
Figura 88	Eje de unidad de muestreo cuadra N°16.....	157
Figura 89	Eje de unidad de muestreo cuadra N°17.....	158
Figura 90	Eje de unidad de muestreo cuadra N°18.....	159
Figura 91	Planta general de unidades de muestreo .....	160
Figura 92	Unidades e muestreo cuadra N°13.....	161
Figura 93	Unidades de muestreo cuadra N°14.....	162
Figura 94	Unidades de muestreo cuadra N°15.....	163
Figura 95	Unidades de muestreo cuadra N°16.....	164
Figura 96	Unidades de muestreo cuadra N°17.....	165
Figura 97	Unidades de muestreo cuadra N°18.....	166
Figura 98	Levantamiento topográfico cuadra N° 13 a la cuadra N°18 .....	174
Figura 99	Levantamiento topográfico cuadra N° 13 a la cuadra N°18 .....	174
Figura 100	Levantamiento topográfico cuadra N° 13 a la cuadra N°18 .....	175

Figura 101	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 01 de la cuadra N° 13 entre la progresiva 0+006.05 – 0+009.10.....	175
Figura 102	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 01 de la cuadra N° 13 entre la progresiva 0+023.10 – 0+028.80.....	176
Figura 103	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 02 de la cuadra N° 13 entre la progresiva 0+077.85 – 0+083.05.....	176
Figura 104	Inspección de la falla en la unidad de muestreo 03 de la cuadra N° 14 entre la progresiva 0+020.25 – 0+023.80.....	177
Figura 105	Inspección de la falla en la unidad de muestreo 04 de la cuadra N° 14 entre la progresiva 0+037.65 – 0+041.10.....	177
Figura 106	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 05 de la cuadra N° 15 entre la progresiva 0+000 – 0+003.60.....	178
Figura 107	Inspección de la falla en la unidad de muestreo 06 de la cuadra N° 16 entre la progresiva 0+016.00 – 0+019.20.....	178
Figura 108	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 07 de la cuadra N° 16 entre la progresiva 0+035.20 – 0+038.40.....	179
Figura 109	Inspección de la falla en la unidad de muestreo 08 de la cuadra N° 16 entre la progresiva 0+070.40 – 0+073.60.....	179
Figura 110	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 09 de la cuadra N° 17 entre la progresiva 0+008.35 – 0+013.60.....	180
Figura 111	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 09 de la cuadra N° 17 entre la progresiva 0+033.95 – 0+039.05.....	180

Figura 112	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 10 de la cuadra N° 17 entre la progresiva 0+074.60 – 0+079.70.....	181
Figura 113	Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 11 de la cuadra N° 18 entre la progresiva 0+014.50 – 0+019.70.....	181
Figura 114	Inspección de las fallas losa dividida de severidad alta en la unidad de muestreo 12 de la cuadra N° 18 entre la progresiva 0+053.55 – 0+058.75.....	182
Figura 115	Inspección de la falla losa dividida de severidad alta en la unidad de muestreo 12 de la cuadra N° 18 entre la progresiva 0+053.55 – 0+058.75.....	182

## RESUMEN

En la actualidad las calles de la ciudad de Jaén no se encuentran en las mejores condiciones viales, debido a que presentan diferentes tipos de fallas en la capa de rodadura estas deficiencias originan caos en el flujo vehicular y malestar de los peatones, razón por la cual se realizó esta investigación cuyo objetivo principal fue evaluar el estado actual del pavimento rígido por el método PCI en la calle Zarumilla entre las cuadras N° 13 y 18 de la ciudad de Jaén. El procedimiento para determinar el estado actual, se inició con la inspección visual del área de estudio para definir las características de las unidades de muestreo a considerar según el manual del PCI, luego se realizó el levantamiento topográfico del tramo de estudio. Realizado los planos topográficos y definidas las unidades de muestreo se recolectaron los datos en el formato de Hoja de registro de una inspección con tabla 7 para cada una de las unidades de muestreo, en total se evaluaron 12 unidades de muestreo con un total de 225 paños, en esta investigación se concluye que el tramo evaluado tiene un PCI ponderado de 51.56, que corresponde a un pavimento regular y las cuadras que conforman el área de estudio con menor clasificación son la N° 17 y 18 con pavimentos muy malos y las que se encuentran en mejores condiciones son la N° 14 y 16 con un excelente estado de conservación; así mismo se identificó los tipos de fallas con mayor representatividad y se plantearon alternativas de solución para mejorar la serviciabilidad de la vía.

**Palabras clave:** Índice de condición del pavimento (PCI), grado de la condición del pavimento.

## ABSTRACT

Currently, the streets of the city of Jaén are not in the best road conditions, because they present different types of failures in the road surface, these deficiencies cause chaos in the vehicular flow and discomfort of pedestrians, which is why This research was carried out whose main objective was to evaluate the current state of the rigid pavement by the PCI method on Zarumilla Street between blocks No. 13 and 18 of the city of Jaén. The procedure to determine the current state began with the visual inspection of the study area to define the characteristics of the sampling units to be considered according to the PCI manual, then the topographic survey of the study section was carried out. Once the topographic plans were made and the sampling units were defined, the data was collected in the format of an inspection record sheet with table 7 for each of the sampling units, in total 12 sampling units were evaluated with a total of 225 cloths. , in this investigation it is concluded that the evaluated section has a weighted PCI of 51.56, which corresponds to a regular pavement and the blocks that make up the study area with the lowest classification are No. 17 and 18 with very bad pavements and those that are found in better conditions are No. 14 and 16 with an excellent state of conservation; Likewise, the most representative types of failures were identified and alternative solutions were proposed to improve the serviceability of the road.

**Keywords:** Pavement Condition Index (PCI), pavement condition grade.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El incremento de la población y el comercio desde el siglo XI, tuvo como consecuencia mayor tránsito. Por lo que las vías tienden a sufrir mucho más rápido los daños en la superficie, esto también se debe a que no son tratados a tiempo, lo cual disminuye progresivamente la calidad de las características mecánicas y funcionales de los materiales que lo constituyen.

En Cajamarca los investigadores Camarena K. et al. (2019) indican que es de gran importancia poseer datos sobre las patologías de los pavimentos, para de esta manera poder evaluar alternativas de mantenimiento y rehabilitación con mejor planificación. Por lo que en la mayoría de casos, se realiza el mantenimiento o reparación del pavimento cuando las fallas generan niveles altos de insatisfacción para los usuarios de las vías, lo que conlleva a un mayor gasto de los recursos económicos debido a que no se realizaron estos trabajos de manera preventiva (p.6).

Actualmente en el Perú en la ciudad de Jaén región de Cajamarca la mayoría de calles y avenidas presentan problemas de congestión vehicular, debido al aumento de tráfico y deterioro de sus vías, generando desgaste de vehículos, accidentes, molestias en los conductores y peatones.

La vía calle Zarumilla presenta esta problemática, por lo cual en este estudio se evaluó y se determinó las condiciones del estado real, utilizando el método del PCI (Pavement Condition Index).

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 Selección del problema**

En la actualidad en la ciudad de Jaén, las calles pavimentadas no se encuentran en las mejores condiciones viales, debido a que no han recibido ningún tipo de mantenimiento por lo que se ha generado fallas como: agrietamientos, hundimiento, fisuras transversales y desgastes a lo largo de la superficie de rodadura, los cuales son notorias apreciarlos, estas deficiencias vienen ocasionando caos en el flujo vehicular y malestar de los peatones.

Estas fallas ocasionadas a la vía debido al aumento del flujo vehicular causan malestar en los conductores y peatones debido al desgaste de sus vehículos y agua almacenadas en la superficie del pavimento, así mismo los conductores tienen que pasar al carril contrario para evadir fallas lo cual generan inseguridad en los peatones y vehículos que transitan. Todo ello da origen a la siguiente pregunta del problema.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el estado actual del pavimento rígido en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén, de acuerdo al índice de condición del pavimento?

### **1.1.3 Justificación de la investigación**

El motivo de la presente investigación, fue realizar la evaluación del estado actual del pavimento rígido debido a que se encuentra en un estado de deterioro toda la superficie, para ello se utilizó el método del PCI y luego se propuso una alternativa de solución el cual beneficiará a reducir las fallas presentes en la superficie y así evitar el descongestionamiento, accidentes y molestias en los conductores y transeúntes.

### **1.1.4 Alcances o delimitaciones de la investigación**

La presente investigación se realizó mediante un inventario manual e inspección visual a través de grado de afectación del pavimento, considerando el nivel de severidad que tiene las fallas sobre la condición del pavimento, lo que permitió en la toma de alternativas para su rehabilitación.

La evaluación del pavimento rígido por el método del PCI (Índice de Condición de Pavimento) se realizó en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén desde la cuadra N°13 hasta la cuadra N° 18 con una longitud evaluada de 455.09 ml, este estudio se llevó a cabo en el año 2023 en un periodo de 7 meses desde febrero hasta el mes de agosto.

### **1.1.5 Limitaciones y restricciones de la investigación**

No existen limitaciones para la presente investigación.

## 1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1 *Objetivo general*

- Evaluar el estado actual del pavimento rígido por el método PCI en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén.

### 1.2.2 *Objetivos específicos*

- Realizar el levantamiento topográfico.
- Elaborar el estudio de tránsito.
- Precisar los daños superficiales existentes en el pavimento.
- Determinar el PCI de las secciones que corresponde al pavimento rígido.
- Considerar alternativas de solución técnica en las fallas encontradas.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

#### 2.1.1 *Antecedentes Internacionales*

**Fuertes, L. Mora, M. (2021).** En su investigación titulada "Evaluación funcional del pavimento de la diagonal 8 y la avenida el peñón desde la calle 40 hasta la calle 48 del Municipio de Girardot, mediante la metodología PCI " [Tesis de pregrado]. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá. En la que planteo como objetivo general evaluar la condición del pavimento asfáltico existente en el tramo vial de la Diagonal 8 y la avenida el Peñón hasta la calle 48 del Municipio de Girardot obteniendo resultados promedios por el método del PCI para el pavimento flexible es de 51.84 (PCI entre 40 – 55) según los rangos de la metodología PCI este tramo de vía se encuentra en estado regular. El PCI promedio para el pavimento rígido es de 52.81 (PCI entre 40 – 55) según los rangos de la metodología PCI este tramo de vía se encuentra en estado Regular.

**Puga, C. (2018).** Su investigación tiene como finalidad la "*Evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca)*" [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca, cuyo objetivo general es Realizar una evaluación funcional del pavimento rígido, ubicado en la avenida Loja tramo avenida de las Américas – avenida 10 de agosto, mediante el método del PCI, para su evaluación se dividió en 3 tramos el cual obtuvo como resultados:

El tramo 1 tiene un PCI total de 86 con una calificación "Excelente", por lo que se puede recomendar un mantenimiento preventivo en general. Para el tramo 2 se tiene un PCI

total de 46 con una calificación “Regular”, se puede realizar un mantenimiento mayor junto con la reconstrucción de losas que no cumplen con un correcto desempeño debido a que es el tramo con mayor número de calificaciones bajas. Finalmente, para el tramo 3 se tiene un PCI total de 62 con una calificación “Bueno” se recomienda un mantenimiento menor.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

**Urrunaga, E. (2020).** Cuya investigación titulada "*Evaluación superficial del pavimento rígido de las vías de acceso vehicular por el método PCI de la localidad de Ichocán – Provincia de San Marcos - Departamento de Cajamarca*"[Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Tiene por objetivo general Evaluar y determinar la condición superficial del pavimento rígido por el método PCI, obteniendo como resultados promedio de 36.75 calificándolo como pavimento existente Malo según el manual PCI.

**Chuquimango, J. (2019).** En su investigación titulada "*Método del índice de condición del pavimento para el análisis superficial del estado actual del pavimento rígido en la avenida la paz de la cuadra 05 a la cuadra 11 de la provincia de Cajamarca*"[Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Cuyo objetivo general es Aplicar el método del índice de condición del pavimento para el análisis superficial del estado actual del pavimento rígido en la avenida la paz de la cuadra 05 a la cuadra 11 de la provincia de Cajamarca en el 2019, el cual obtuvo como resultado promedio de 51.42% que corresponde a un pavimento en estado Regular, para ello propone realizar intervenciones de rehabilitación en tramo de la Av. La Paz desde la cuadra N°05 hasta la cuadra N° 11.

### 2.1.3 Antecedentes Locales

**Mondragón, J. (2018).** cuya investigación se basó en la "*Evaluación del Índice de condición del pavimento rígido en la calle Mariscal Ureta cuadras 12, 13, y 14 de la ciudad de Jaén- Cajamarca*" [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. El cual tiene por objetivo general determinar el índice de condición del pavimento y el nivel operacional de la superficie de las cuadras 12,13 y 14 de la calle Mariscal Ureta, aplicando el método del ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI), obteniendo como resultado el ponderado de Índice de condición del pavimento de 38.58%, catalogándose a la fecha como Malo.

**Solano, B. (2014).** Elabora la investigación titulada "*Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el jirón Junín de la ciudad de Jaén- Cajamarca* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Cuyo objetivo fue evaluar el estado actual del pavimento rígido dando por resultados promedio del PCI de las 11 unidades de muestreo presentes en las 5 cuadras del jirón Junín de 56.90% clasificándose como un pavimento Bueno.

**Quinde, J. (2013).** En su investigación titulada: "*Evaluación del estado actual del pavimento rígido de la calle las begonias de la urbanización las flores de la ciudad de Jaén*". [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca ". Tiene por objetivo Evaluar las principales deficiencias de la estructura actual del pavimento rígido de la calle las Begonias de la Urbanización las Flores de la ciudad de Jaén, el cual obtuvo resultados del promedio ponderado de Índice de Condición del pavimento de 46.36% catalogándose a la fecha como Regular.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Topografía:

Es una ciencia aplicada que trata de la obtención de información física y su procesamiento numérico, para lograr la representación geométrica, ya sea en forma gráfica o analítica, del espacio físico que nos rodea. (Manuel, 2010, p.5).

#### 2.2.1.1 División de topografía

- ✓ **La planimetría:** Esta metodología comprende la determinación de coordenadas de campo en los ejes cartesianos X y Y, que nos permitan proyectar sobre un plano horizontal la forma del terreno, así como los detalles naturales o debidos a la mano del hombre. (Manuel, 2010, p.6).
- ✓ **La altimetría:** Determina la altura de los distintos puntos del terreno con respecto a un plano de comparación, que generalmente es msnm. (Manuel, 2010, p.6).

#### 2.2.1.2 Levantamiento Topográfico:

Se realiza con el fin de determinar el relieve, la ubicación de la superficie terrestre y la configuración de los elementos artificiales.

En el levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para luego ser procesados y representados de forma gráfica. (Wesley, 2014, p.6).

➤ **En cuanto a su extensión los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos:**

- **Levantamiento Topográfico.** - Cuando abarca una extensión reducida (menor de 30 Km.) dentro de los cuales se considera despreciable la influencia de la curvatura terrestre. (Manuel, 2010, p.6).
- **Levantamiento Geodésico.** - Cuando abarca una gran extensión de terreno (más de 30 Km.) en ellos se considera el efecto de la curvatura terrestre. (Manuel, 2010, p.6).

➤ **Sistema de unidades empleado para el tramo de estudio:**

- Unidad de longitud: La unidad empleada para las coordenadas es el metro. (Manuel, 2010, p.7).
- Unidades angulares: La unidad de medida es el grado sexagesimal. (Manuel, 2010, p.7).

➤ **Coordenadas UTM:**

Conjunto de valores que permiten definir de manera precisa la ubicación de un punto en el espacio, sobre los ejes X y Y. Estas coordenadas están en función de la zona y el datum.

**2.2.1.3 Dentro de la metodología de planimetría utilizamos para el levantamiento topográfico el método de radiación simple:**

El método de levantamiento topográfico utilizado para la investigación consiste en un barrio horizontal utilizando la estación total, para medir todos los puntos que componen el tramo de estudio. Este método requiere visibilidad desde la estación hacia todos los puntos que definen el área a levantar.

#### 2.2.1.4 Procedimiento del levantamiento topográfico:

- ✓ El método del PCI define la metodología del levantamiento topográfico, por lo tanto, para este estudio, se obtuvieron los datos en el plano horizontal, para este método se consideró las características geométricas de las cuadras y los paños que conforman el pavimento.
- ✓ Para el levantamiento topográfico se usó la estación total y se inició con el reconocimiento del terreno, para la ubicación de las estaciones en puntos estratégicos para el mayor barrido de puntos.
- ✓ De acuerdo al reconocimiento del área de estudio en total se ubicaron 7 (siete) estaciones y 1 (una) referencia para el inicio de la toma de datos.
- ✓ Luego del reconocimiento se ubica el punto para la estación y referencia N° 1 y luego se obtiene con la ayuda del GPS las coordenadas UTM en el sistema geodésico WGS84 del punto de referencia y de la primera estación.
- ✓ Una vez instalado la estación total en el punto N°01 se configura el equipo para el ingreso de las coordenadas de los dos puntos iniciales.
- ✓ Terminado el procedimiento de instalación, configuración e ingreso de datos se procede a visar el punto de referencia ya que será el punto de partida de la primera estación.
- ✓ Luego se procedió a ser el barrido de los puntos teniendo en cuenta la distribución de los paños y las características geométricas de la vía.
- ✓ Realizado el barrido de puntos de la primera estación se divisa el nuevo punto de cambio donde se coloca la estación N°02 para la toma de puntos de las cuadras siguientes, quedando como punto de referencia la estación N°01
- ✓ Luego se estaciona el equipo en el punto N°2 tomando como referencia la estación N° 01 para amarrar los puntos radiados de la estación N° 1 con la N°2 y se sigue el mismo proceso para las cuadras siguientes.

✓ Realizado el levantamiento topográfico se procesa en gabinete los datos en el programa Civil 3D y AutoCAD para la obtención del plano planimétrico considerando los datos: Zona: 17M, Datum: WGS84, hemisferio: Sur.

## **2.2.2 Clasificación de pavimentos:**

Los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semi – rígidos o semi – flexibles, pavimentos rígidos y articulados.

### **2.2.2.1 Pavimentos rígidos.**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido (ver fig. 1). Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, el comportamiento de un pavimento rígido es satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante.

La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (Alfonso, 2002, p.5).

**Figura 1** *Sección transversal de pavimento hidráulico*



Fuente: Cámara de comercio del cemento,2014.

### **2.2.2.1.1 Funciones de las capas de un pavimento rígido:**

#### ➤ **La subbase:**

La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.

- ✓ Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- ✓ Facilitar los trabajos de pavimentación.
- ✓ Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- ✓ Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.
- ✓ Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

#### ➤ **Losa de concreto:**

La función es de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

### 2.2.3 TIPOS DE FALLAS EN LA SUPERFICIE DE CONCRETO RÍGIDO.

**Tabla 1** Tipos de los daños en la superficie de concreto rígido

N°	DAÑOS
21	Blowup / Buckling
22	Grieta de Esquina
23	Losa Dividida
24	Grieta de Durabilidad "D"
25	Escala
26	Sello de Junta
27	Desnivel Carril / Berma
28	Grietas Lineales
29	Parqueo grande
30	Parqueo pequeño
31	Pulimento de Agregados
32	Popouts
33	Bombeo
34	Punzonamiento
35	Cruce de Vía Férrea
36	Desconchamiento
37	Retracción
38	Descascaramiento de Esquina
39	Descascaramiento de Junta

La tabla muestra los daños con su respectivo número de orden de acuerdo al método del PCI.

Nota. Adaptado de Pavement Condition Index PCI (p.81), por L. Ricardo,2002

**2.2.3.1 SEGÚN EL: MANUAL PCI ASTM D 6433 DESCRIBE CADA TIPO DE DAÑO QUE SE PRESENTA EN LA SUPERFICIE PAVIMENTO RÍGIDO DE LOS CUALES SE MENCIONAN A CONTINUACIÓN:**

**LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)**

**Descripción:**

En las regiones con climas cálidos, ocurren levantamientos o pandeos, por lo general en las grietas o las juntas transversales que no tienen un ancho adecuado para permitir la expansión del concreto o las losas. Cuando el ancho de la junta es insuficiente, generalmente se debe a la infiltración de materiales que no se pueden comprimir en las juntas.

Si la presión no puede ser aliviada adecuadamente durante el proceso de expansión, pueden ocurrir dos eventos: un movimiento ascendente local de los bordes de la losa o la fragmentación del hormigón alrededor de la junta.

**Niveles de Severidad:**

- **L:** Cuando el pandeo o la fragmentación producen una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. 2).
- **M:** Cuando el pandeo o la fragmentación producen una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. 3).

- **H:** Cuando el pandeo o la fragmentación producen una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. 4).

**Como Contar:**

En el caso de una fisura, se registra la presencia de un pandeo en una losa. Aunque el pandeo se produce en una junta y afecta a dos losas, es necesario registrar la falla en ambas. Si un pandeo hace que un pavimento sea inaccesible, se debe reparar de manera inmediata.

**Figura 2** *Levantamiento/Pandeo – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 3** *Levantamiento/Pandeo – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 4** *Levantamiento/Pandeo – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## FISURA DE ESQUINA (Corner Break)

### Descripción:

Una fisura de esquina se refiere a una grieta que atraviesa las juntas a una distancia igual o inferior a la mitad de la longitud de la losa en cada lado, medida desde el punto donde se encuentran las esquinas de la losa. A modo de ejemplo, consideremos una losa con dimensiones de 3.5 x 6.0m (11.5 x 20 pies) que presenta una fisura a una distancia de 1.5m (5 pies) de un lado y a 3.5m (11.5 pies) del otro lado. Es importante destacar que esta fisura no se trata de una fisura de esquina, sino más bien de una fisura diagonal. No obstante, si una fisura cruza la junta a una distancia de 0.5m (4 pies) de un lado y a 2.5m (8 pies) del otro lado, se considera una fisura de esquina. Existe una distinción entre una fisura de esquina y un descascaramiento de esquina: la fisura se extiende perpendicularmente a través del espesor de la losa, mientras que el descascaramiento de esquina intersecta la junta en un ángulo específico. Las grietas en las esquinas se producen debido a la combinación de cargas repetitivas, la pérdida de soporte y las tensiones de deformación.

### Niveles de Severidad:

- **L** – La fractura se define como una fisura de baja severidad. Una fisura de baja severidad tiene un ancho menor a 13mm (1/2 pulgada), o puede ser cualquier fisura rellenada en forma eficiente; sin deterioro. El área entre la fractura y las juntas no está fisurada o puede estar ligeramente fisurada (Fig. 5).
- **M** – La fractura se define como una fisura de mediana severidad, o el área entre la fractura y las juntas presentan fisuras de mediana severidad. Una fisura de mediana severidad es: una fisura sin relleno de ancho mayor a 13mm y menor a 50mm (>1/2

pulgada y < 2 pulgadas), una fisura sin relleno de ancho menor a 50mm (2 pulgadas) con deterioro menor a 10mm (3/8 pulgada), o cualquier fisura con relleno y con deterioro menor a 10mm (3/8) (Fig. 6).

- **H** – La fractura se define como una fisura de alta severidad, o el área entre la fractura y las juntas esta severamente fisurada. Una fisura de alta severidad es: una fisura sin relleno de ancho mayor a 50mm (2 pulgadas), o cualquier fisura con o sin relleno don deterioro mayor a 10mm (3/8 pulgada) (Fig.7).

**Como Contar – La losa con falla es registrada como una sola losa sí:**

- Tiene sólo una fractura de esquina.
- Más de una fractura de una severidad particular.
- Dos o más fracturas de distinta severidad. Cuando existan dos o más fracturas, se deberá registrar el mayor nivel de severidad.

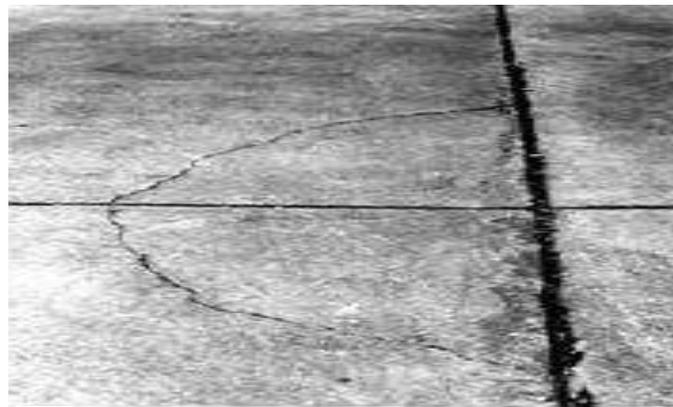
Para ilustrar, si una losa presenta fracturas en las esquinas de una severidad moderada o leve, se deberá registrar como una losa con fisuras en las esquinas de una severidad mediana.

**Figura 5** *Fractura de Esquina – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 6** *Fractura de Esquina – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 7** *Fractura de Esquina – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)**

#### **Descripción:**

La losa está fragmentada en cuatro o más secciones a causa de fisuras causadas por una carga excesiva, apoyo inapropiado o una combinación de ambos factores. En caso de que todas las partes o grietas se encuentren dentro de la grieta de la esquina, el daño debe ser considerado como una grieta de esquina de seriedad elevada.

### Niveles de Severidad:

La Tabla 2 indica los niveles de severidad para losas divididas. Los ejemplos se observan en las Figs. 8 – 10.

### Como Contar:

Si la losa dividida tiene la gravedad media o alta, ninguna otra falla debe ser registrada en la losa.

**Tabla 2 Niveles de Severidad para Losa Dividida**

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

La tabla 2 muestra los niveles de severidad según MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 8** *Losa Dividida – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 9** *Losa Dividida – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 10** *Losa Dividida – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **FISURA DE DURABILIDAD “D” (Durability “D” Cracking)**

#### **Descripción:**

Las grietas tipo D se producen debido a la dilatación de grandes agregados durante el proceso de congelación y deshielo, lo que resulta en una fisuración progresiva del concreto a lo largo del tiempo. Este tipo de daño se manifiesta comúnmente como una serie de grietas que se forman paralelas y cercanas a la junta, o en forma de una sola grieta lineal. Las pequeñas grietas "D" suelen estar rodeadas de depósitos oscuros debido a la saturación del concreto cerca de las juntas y las grietas. Hay que tener en cuenta que este tipo de falla tiene el potencial de ocasionar la desintegración total de la losa en algún momento.

**Niveles de Severidad:**

- **L** – Cuando las fisuras “D” cubren menos del 15 % del área de la losa. La mayoría de grietas están cerradas, pero algunas piezas pueden estar flojas y/o desprendidas (Fig. 11).
- **M** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. 12): las fisuras “D” cubren menos del 15% del área y la mayoría de sus piezas esta floja o y/o desprendidas, o las fisuras “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las fisuras son cerradas, pero algunas piezas pueden estar flojas y/o desprendidas.
- **H** – Las fisuras “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de sus piezas se han desprendido o podrían ser removidas fácilmente (Fig. 13).

**Como Contar:**

Cuando se identifica y clasifica una falla en un nivel de gravedad, debe ser considerada como una losa. En caso de que existan múltiples niveles de severidad, se debe registrar la losa con la falla de mayor nivel de severidad. Por ejemplo, en una misma losa hay fisuras tanto de severidad baja como de severidad media. Como resultado, solo se clasifica a la losa como una grieta de severidad media.

**Figura 11** *Fisura de Durabilidad – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 12** *Fisura de Durabilidad – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 13** *Fisura de Durabilidad – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **ESCALONAMIENTO (Faulting)**

**Descripción:**

- El escalonamiento es la diferencia de niveles a través de la junta. Algunas causas comunes del escalonamiento son:
  - ✓ Hundimiento por suelo blando.
  - ✓ Bombeo o erosión de materiales debajo de la losa.
  - ✓ Deformación de los bordes de la placa debido a fluctuaciones de temperatura y humedad.

### Niveles de Severidad:

Los niveles de severidad se definen por la diferencia de niveles a través de la junta como se indica en la Tabla 3. Las Figs. 14 – 16 muestran ejemplos de los diferentes niveles de severidad.

### Como Contar:

El desnivel entre losas es contabilizado como una losa. Sólo deben contarse las losas afectadas. Se deben considerar únicamente las losas que se han visto afectadas. No se cuentan los desniveles a través de una fisura como fallas, pero se tienen en cuenta para determinar la gravedad de la fisura.

**Tabla 3** Niveles de Severidad para los Desniveles entre Losas

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

La tabla 3 muestra los niveles de severidad según MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 14** *Escalonamiento – Baja Severidad*



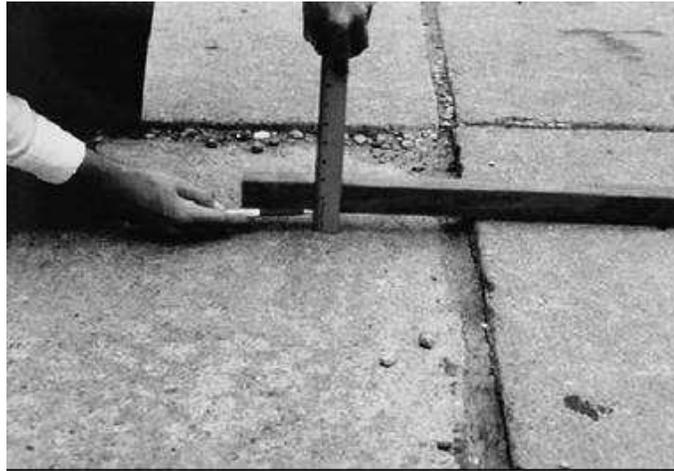
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 15** *Escalonamiento – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 16** Escalonamiento – Mediana Severidad



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)**

#### **Descripción:**

La falla del sellado ocurre cuando se acumulan materiales de suelo o roca en las juntas o cuando grandes cantidades de agua ingresan. La acumulación de material incompresible en las juntas produce un obstáculo para la expansión de las losas, lo cual puede ocasionar su astillamiento, levantamiento o ruptura. El daño al sello se clasifica de la siguiente manera:

- Desprendimiento del sellante de junta.
- Derrame o flujo del sellante.
- Crecimiento de vegetación en la junta.
- Endurecimiento del material de relleno (oxidación).

- Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
- Carencia o ausencia de sellante en la junta.

#### **Niveles de Severidad:**

- **L** – Cuando el sellante de la junta generalmente se encuentra en buena condición a través de la sección (Fig. 17). El sellante muestra buen comportamiento, sólo con daños menores. Son de baja severidad si sólo los sellantes de unas pocas juntas muestran poca adherencia, pero aún siguen en contacto con los bordes de las juntas.
- **M** –Es de mediana severidad si unas pocas juntas cumplen con alguna de las siguientes condiciones (Fig. 18): el sellante se encuentra en su lugar, pero la filtración de agua es posible a través de pequeñas aberturas visibles de ancho menor a 3mm (1/8 pulgada), si una hoja de cuchillo no puede ser insertada fácilmente entre el sellante y la cara de la junta, el daño no se considera como de severidad media.
- **H** – Cuando el sellante de junta generalmente se encuentra en pobre condición en toda la sección, con uno o más de los daños presentes en forma moderada. El sellante necesita ser reemplazado inmediatamente (Fig. 19). El daño en el sello de la junta presenta un nivel de severidad alto si 10% o más del sellante cumple con las condiciones mencionadas en el punto anterior, o si 10% o más del sellante se ha desprendido.

#### **Como Contar:**

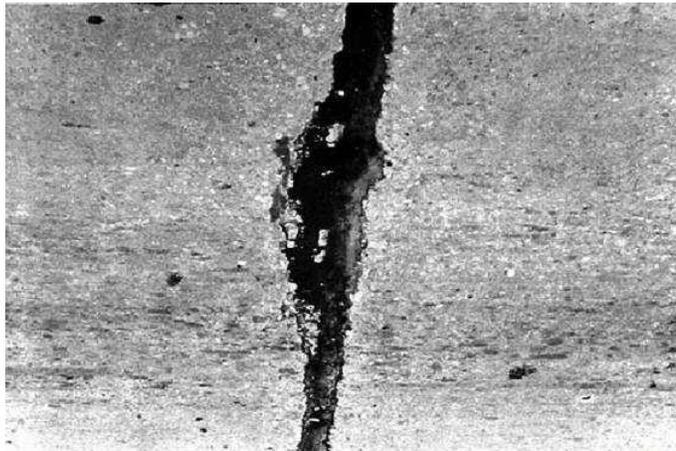
Los daños en el sello de las juntas no son contados losa por losa, pero son calificados en base a su condición en conjunto dentro del área total examinada.

**Figura 17** *Daño en el Sello de la Junta – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 18** *Daño en el Sello de la Junta – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 19** *Daño en el Sello de la Junta – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)**

#### **Descripción:**

La diferencia de altura entre la berma y el borde del carril del pavimento se conoce como desnivel carril-berma. La existencia de esta disparidad de alturas puede tener consecuencias peligrosas tanto para la seguridad de la carretera como para la posibilidad de que se produzcan infiltraciones de agua significativas.

#### **Niveles de Severidad:**

- **L** – La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es  $>25$  y  $\leq 50$ mm ( $>1$  y  $\leq 2$  pulgadas) (Fig. 20).
- **M** – La diferencia en elevación es  $>50$  y  $\leq 100$ mm ( $>2$  y  $\leq 4$  pulgadas) (Fig. 21).
- **H** – La diferencia en elevación es  $>100$ mm ( $>4$  pulgadas) (Fig. 22).

**Como Contar:**

Obtenemos el valor medio del desnivel carril-berma al promediar el máximo y el mínimo desnivel a lo largo de la losa. Se mide y se contabiliza individualmente cada losa que presenta esta falla, asignándole su nivel de severidad correspondiente.

**Figura 20** *Desnivel Carril-Berma – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 21** *Desnivel Carril-Berma – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 22** *Desnivel Carril-Berma – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES,  
TRANSVERSALES Y DIAGONALES**

**(Linear Cracking)**

**Descripción:**

Las fisuras que aparecen en la losa son causadas comúnmente por la combinación de varias razones. Estas incluyen las cargas repetidas de tráfico, el alabeo debido a cambios de temperatura y las cargas repetidas de humedad. Si una losa está dividida en 4 o más piezas, se considera una losa dividida. Las fisuras que tienen el grosor de un cabello, son de corta longitud y no se extienden a través de toda la losa, son consideradas fisuras por contracción.

### **Niveles de Severidad (Losas sin refuerzo):**

- **L** – Las fisuras sin relleno o sello, que tengan un ancho de hasta 13mm (equivalente a 1/2 pulgada) o las fisuras rellenadas con cualquier ancho utilizando material de relleno en buen estado. No hay diferencias de altura (Fig. 23).
- **M** – Si se cumple alguna de las siguientes condiciones: cuando las fisuras sin relleno tienen un ancho mayor a 13mm y menor o igual a 50mm (1/2 a 2 pulgadas); cuando las fisuras sin relleno tienen un ancho menor o igual a 50mm (2 pulgadas) y presentan algún desnivel menor a 10mm (3/8 pulgada); o cuando las fisuras con relleno tienen cualquier ancho y presentan algún desnivel menor a 10mm (3/8 pulgada). (Fig. 24).
- **H** – Si se cumple alguna de estas condiciones, se considera que hay fisuras: fisuras sin relleno de ancho mayor a 50 mm (2 pulgadas), o fisuras con o sin relleno de cualquier ancho con algún desnivel mayor a 10 mm (3/8 pulgada). (Fig. 25).

### **Niveles de Severidad (Losas con refuerzo):**

- **L** – Las fisuras sin relleno o sello de ancho  $\geq 3$  y  $< 25$ mm ( $\geq 1/8$  y  $< 1$  pulgada); fisuras con relleno de cualquier ancho con material de relleno en condiciones satisfactorias. No existen desniveles.
- **M** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho  $\geq 25$  y  $< 75$ mm ( $\geq 1$  y  $< 3$  pulgadas) y sin desniveles; fisuras sin relleno de cualquier ancho  $\leq 75$ mm (3 pulgadas) con algún desnivel  $\leq 10$ mm (3/8 pulgada), o fisuras con relleno de cualquier ancho con algún desnivel  $> 10$ mm (3/8 pulgada).
- **H** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho  $> 75$ mm (3 pulgadas); o fisuras con o sin relleno de cualquier ancho con algún desnivel  $> 10$ mm (3/8 pulgada).

**Como Contar:**

Después de determinar la gravedad de la fisura, se registra la falla como una losa. Cuando se observan dos fisuras de nivel medio en una misma losa, se asume que la losa tiene una sola fisura de severidad alta. Si una losa está dividida en cuatro o más partes, se considera como una losa dividida. En el caso de las losas con refuerzo, las fisuras cuyo ancho sea menor a 3 mm (1/8 pulgada) se consideran fisuras de contracción. Las losas que tienen una longitud mayor a 9 metros (29.5 pies) son separadas en losas imaginarias de longitudes aproximadamente iguales. Además, estas losas imaginarias tienen juntas imaginarias que se supone que están en perfectas condiciones.

**Figura 23** *Fisura Lineal – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 24** *Fisura Lineal – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 25** *Fisura Lineal – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES

### UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m<sup>2</sup> o 5.5 pie<sup>2</sup>)

#### (Large Patching and Utility

#### Cuts)

#### **Descripción:**

Un parche se refiere a una sección donde se ha quitado el pavimento original y se ha sustituido por un nuevo material de relleno. Un parche de corte utilitario se realiza con el fin de facilitar la instalación o mantenimiento de servicios públicos que se encuentran en el subsuelo. Los niveles de severidad de un corte utilitario se asignan siguiendo el mismo criterio usado para los parches grandes.

#### **Niveles de Severidad (Losas sin refuerzo):**

- **L** – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro (Fig. 26).
- **M** – Cuando el parche está moderadamente deteriorado, o se aprecia descascaramiento moderado alrededor de los bordes, o ambos. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche (Fig. 27).
- **H** – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo (Fig. 28).

**Como Contar:**

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se considera que la losa contiene esa falla. En caso de que una losa tenga múltiples niveles de severidad, se contabilizará como una sola losa tomando en consideración su nivel de severidad más elevado.

**Figura 26** *Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 27** *Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos –Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 28** *Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos –Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m<sup>2</sup> o 5.5  
pie<sup>2</sup>) (Small Patching)**

**Descripción:**

Un parche es un sector donde se ha retirado el pavimento original y se ha sustituido por nuevo material de relleno.

**Niveles de Severidad:**

- **L** – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro (Fig. 29).
- **M** – Cuando el parche está moderadamente deteriorado. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche (Fig. 30).
- **H** – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo (Fig. 31).

**Como Contar:**

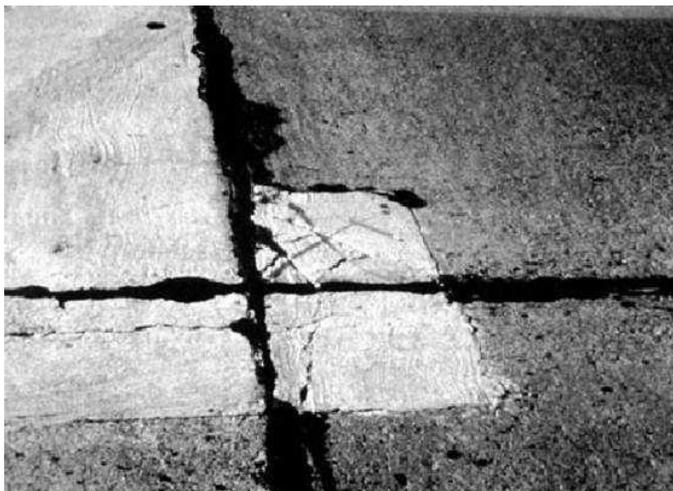
Si una losa tiene uno o más parches que presentan el mismo grado de gravedad, se considera que dicha losa contiene esa falla. Si una losa tiene múltiples niveles de severidad, se considera como una losa tomando en cuenta su nivel de severidad más alto.

**Figura 29** Parches Pequeños – Baja Severidad



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 30** *Parches Pequeños – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 31** *Parches Pequeños – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)

### Descripción:

La repetida carga de tráfico es la causa de esta falla. La determinación del agregado pulido ocurre cuando un análisis detallado del pavimento muestra que la cantidad de agregado expuesto en la superficie es mínima o no hay aspereza ni partículas angulares que brinden resistencia al deslizamiento.

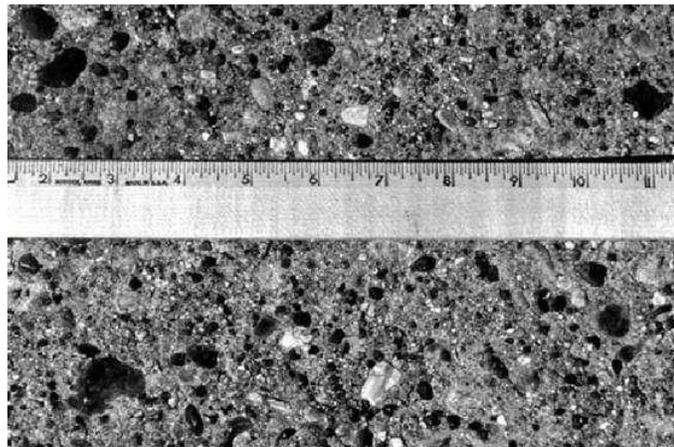
### Niveles de Severidad:

No existen niveles de gravedad claros; no obstante, el nivel de pulido debe ser evidente con claridad antes de que se considere como una falla durante la inspección. (Fig. 32).

### Como Contar:

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

**Figura 32** *Agregado Pulido*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## POPOUTS

### **Descripción:**

El término "un popout" hace referencia a un trozo pequeño de pavimento que se rompe y se desprende de la superficie debido a la combinación de congelación y deshielo, junto con la presencia de materiales que se expanden. Normalmente, los Popouts se encuentran en tamaños que varían de 25 a 100 mm (1 a 4 pulgadas) de diámetro y tienen una profundidad que oscila entre 13 y 50 mm (1/2 a 2 pulgadas).

### **Niveles de Severidad:**

No existen niveles de gravedad específicos para los Popouts; sin embargo, deben ser extensos antes de ser considerados como una falla. Es necesario que la densidad promedio de los Popouts sea de al menos 3 popouts por metro cuadrado en el área de una losa completa (Fig. 33).

### **Como Contar:**

Para obtener una estimación de la densidad de la falla, es necesario realizar un análisis exhaustivo. Si existe alguna incertidumbre sobre si la densidad promedio es mayor a 3 popouts/m<sup>2</sup>, se debe llevar a cabo una inspección en tres áreas de 1m<sup>2</sup> seleccionadas al azar. Debemos contabilizar la losa cuando el promedio supere la densidad especificada.

**Figura 33** *Popouts*

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **BOMBEO (Pumping)**

#### **Descripción:**

El bombeo ocurre cuando el material de la fundación de la losa es expulsado a través de las juntas o fisuras. La causa de esto es la deflexión de la losa debido a las cargas de tránsito. Al atravesar la junta entre las losas, una carga empuja inicialmente agua debajo de la losa frontal y posteriormente fuerza esa misma agua de nuevo bajo la losa trasera. Esta acción causa la erosión y, con el tiempo, elimina partículas del suelo, lo que conlleva a una pérdida gradual en el apoyo del pavimento. Para detectar el bombeo, se pueden observar manchas en la superficie y evidencia del material de base o subrasante cerca de las juntas o fisuras. El bombeo cerca de las juntas es ocasionado por la existencia de un sellante deficiente, lo cual señala una disminución de la firmeza en el pavimento. A medida que las

cargas se repiten de forma continua, se generarán fisuras eventualmente. Además, es posible que se produzca bombeo a lo largo del perímetro de la losa, lo cual puede dar lugar a una pérdida de soporte.

#### **Niveles de Severidad:**

No hay grados de severidad definidos. Es suficiente indicar que existe bombeo (Fig. 34 y Fig. 35).

#### **Como Contar:**

Si se encuentran juntas con bombeo entre dos losas, se considerarán como dos losas separadas. Pero si las otras juntas alrededor de la losa también tienen bombeo, se añadirá una losa adicional por cada junta con bombeo presente.

**Figura 34** *Bombeo*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 35 Bombeo**

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **PUNZONAMIENTO (Punchout)**

#### **Descripción:**

Esta falla se refiere a una sección de la losa que se ha fracturado en varias piezas. Existen varias formas en las que el punzonamiento puede manifestarse, sin embargo, comúnmente se caracteriza por la presencia de una junta y una fisura. La distancia entre la junta y la fisura, o dos fisuras cercanas, no supera los 1.5m (5 pies) de ancho. Esta falla puede ser atribuida a varios factores, como la repetición de cargas pesadas, el uso de una losa con espesor inadecuado, la pérdida de soporte en la fundación o incluso una deficiencia en la colocación del concreto.

### Niveles de Severidad:

En la Tabla 4 se indican los niveles de severidad para punzonamiento, y en las Figs. 36 – 38 se muestran algunos ejemplos.

### Como Contar:

Si una losa tiene más de un punzonamiento o un punzonamiento y una fisura, se considera como fracturada.

**Tabla 4** Niveles de Severidad para Punzonamiento

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

La tabla 4 muestra los niveles de severidad según MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 36** *Punzonamiento – Baja Severidad*



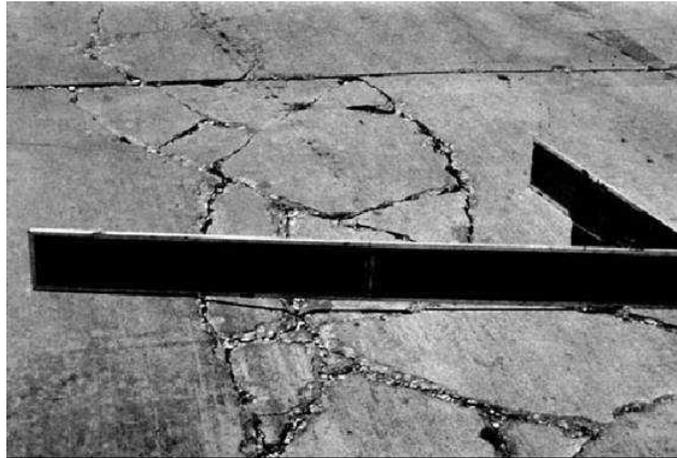
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 37** *Punzonamiento – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 38** *Punzonamiento –Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### **CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)**

#### **Descripción:**

La presencia de depresiones o abultamientos alrededor de los rieles es una característica común de los deterioros causados por los cruces de vía férrea.

#### **Niveles de Severidad:**

- **L** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. 39).

- **M** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. 40).
- **H** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. 41).

#### **Como Medir:**

La vía férrea cuenta el número de losas que cruzan. Si los rieles presentan un abultamiento grande, este deberá ser considerado como parte del cruce.

**Figura 39** *Cruce de Vía Férrea – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 40** *Cruce de Vía Férrea – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 41** *Cruce de Vía Férrea – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## **DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Crazing)**

### **Descripción:**

Un mapa de fisuras o craquelado hace referencia a una red de fisuras superficiales, ya sean finas o del grosor de un cabello, que se distribuyen exclusivamente en la capa superficial del concreto. Las fisuras suelen cruzarse formando ángulos de 120°. El mapa de fisuras o craquelado se produce principalmente debido al exceso de manipulación en el acabado, lo cual puede provocar descascaramiento. Esto ocurre cuando la superficie de la losa se fractura a una profundidad aproximada de 6 a 13 mm (1/4 a 1/2 pulgada).

También se puede ocasionar descascaramiento por la acción de sales descongelantes, deficiencias en el proceso de construcción, ciclos de congelación y descongelación, así como la existencia de agregados de mala calidad. El tipo de descascaramiento que se define aquí no es provocado por fisuras "D". Si el descascaramiento se debe a fisuras "D", solo deberá ser contado en la categoría de fisuras "D".

### **Niveles de Severidad:**

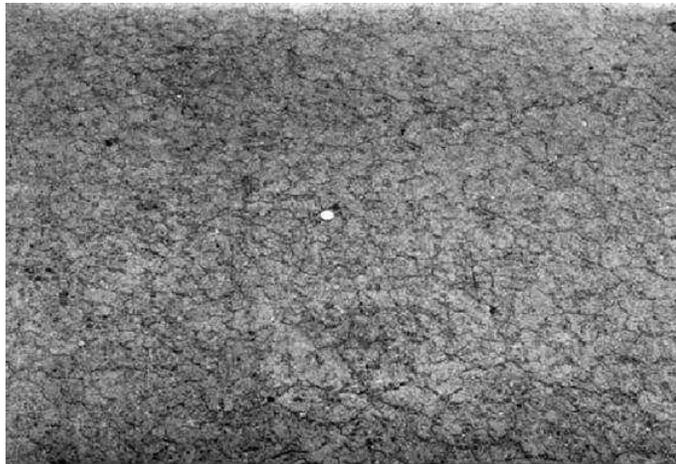
- **L** – Cuando el mapa de fisuras o craquelado existe sobre la mayoría del área de la losa; la superficie se encuentra en buenas condiciones, con presencia de descascaramientos menores (Fig. 42).
- **M** – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área menor al 15% del total (Fig. 43).

- **H** – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área mayor al 15% del total (Fig. 44).

**Como Medir:**

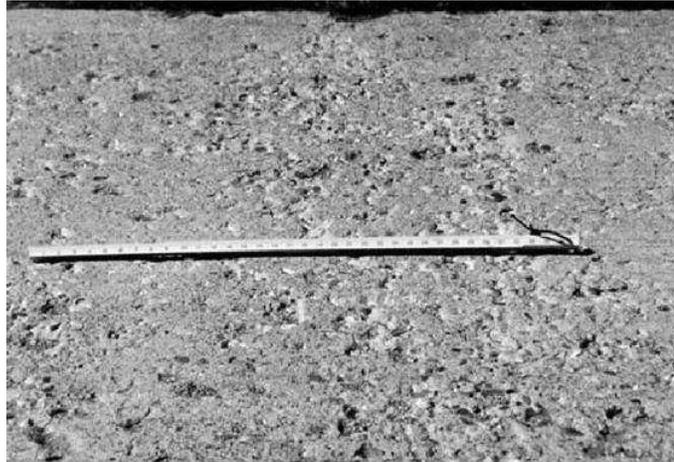
Contabilizamos una losa descascarada como una unidad indivisible. Solamente se debe considerar un craquelado de baja severidad si se detecta la posibilidad de un descascamiento inminente o si unas pocas pequeñas piezas se han desprendido.

**Figura 42**      *Descascamiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Baja Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 43** *Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 44** *Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)

### Descripción:

Las fisuras de contracción son pequeñas grietas delgadas como un cabello que suelen tener una longitud inferior a 2 metros y no atraviesan completamente la losa. Las fisuras se producen durante el proceso de colocación y fraguado del concreto, pero por lo general no se extienden por todo el grosor de la losa.

### Niveles de Severidad:

No existen niveles de severidad definidos. Es suficiente indicar que existen fisuras de contracción (Fig. 45).

### Como Contar:

En el caso de que se detecten fisuras de contracción en una losa específica, se considerará que dicha losa tiene fisuras de contracción.

**Figura 45** *Fisuras de Contracción*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)

### **Descripción:**

Se trata de una fractura que ocurre en la losa, a una distancia aproximada de 0.5m (1.5 pies) desde la esquina. Existe una distinción entre un descascaramiento de esquina y una fractura de esquina. El descascaramiento se extiende en forma de ángulo hasta llegar a la junta, mientras que la fractura de esquina se extiende verticalmente a través de la losa. No se deben tener en cuenta los descascaramientos que se encuentren a menos de 130mm (5 pulgadas) desde la esquina hasta la fisura en ambos lados.

### **Niveles de Severidad:**

La información contenida en la Tabla 5 muestra los diferentes niveles de gravedad que pueden presentarse en descascaramientos de esquina. Las Figs. 46 al 48 son ejemplos de la falla. Se deben excluir los descascaramientos que sean menores a 650cm<sup>2</sup> (10 pulgada<sup>2</sup>) en área, desde la fisura hasta la esquina por ambos lados.

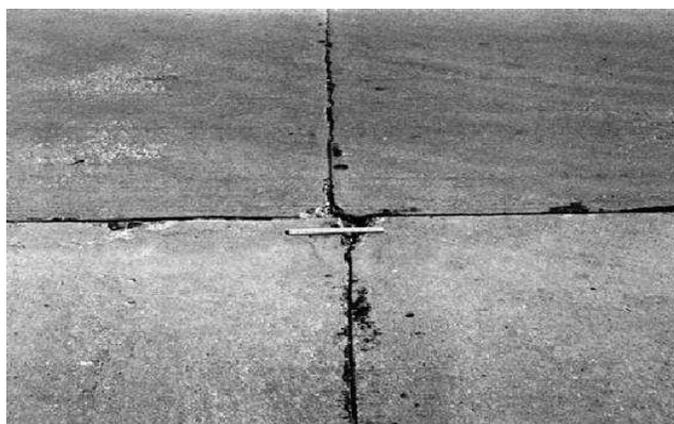
### **Como Contar:**

En caso de que se produzcan uno o más desprendimientos de esquina en una misma losa con el mismo grado de gravedad, se considerará como una sola losa con desprendimiento de esquina. Si se produce más de un nivel de severidad en la losa, se considerará como una losa con el nivel de severidad más alto presente.

**Tabla 5** Niveles de Severidad para los Descascaramientos de Esquina

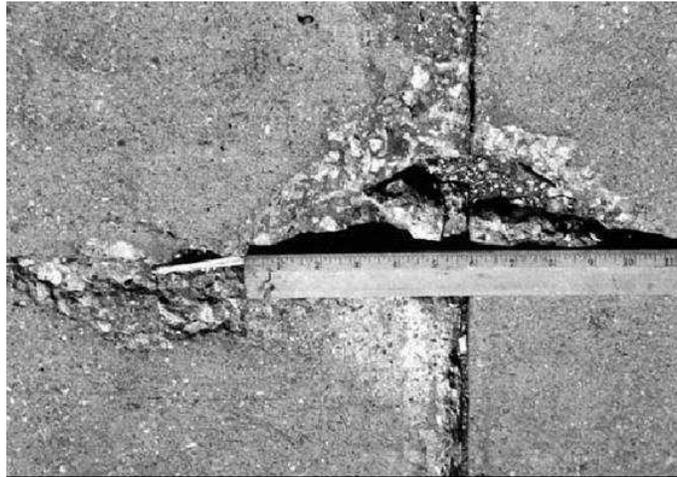
PROFUNDIDAD DE DESCASCARAMIENTO	DIMENSION DE LOS LADOS DEL DESCASCARAMIENTO	
	130X130mm A 300X300mm (5X5 pulgadas) a (12x12	300x300mm (>12x12pulgada)
<25mm (1 pulgada)	L	L
>25 a 50mm (1 a 2 pulgadas)	L	M
>50mm (2 pulgadas)	M	H

La tabla 5 muestra los niveles de severidad según MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 46** Descascaramiento de Esquina – Baja Severidad

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 47** Descascaramiento de Esquina – Mediana Severidad



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 48** Descascaramiento de Esquina – Alta Severidad



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

## DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)

### Descripción:

La fractura de los bordes de la losa, conocida como descascaramiento de junta, ocurre cerca de 0.5m (1.5 pies) de la esquina. En general, el descascaramiento de una junta no se extiende de forma vertical a lo largo de la losa, sino que la intercepta en un ángulo específico. La aparición del descascaramiento de la junta puede ser el resultado de:

- Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tráfico ó por infiltración de materiales incompresibles en la junta.
- Concreto débil en la junta debido a una excesiva manipulación en el acabado.
- Acumulación de agua en la junta y la acción de ciclos de congelamiento y derretimiento.

### Niveles de Severidad:

La Tabla 6 y las Figs. 49 – 51 muestran los niveles de severidad para descascaramientos de junta. Una junta erosionada donde el concreto ha sido removido a lo largo de toda la junta es calificada como de baja severidad.

### Como Contar:

Si hay descascaramiento en varios bordes de la misma losa, se considerará el borde con mayor nivel de severidad y se registrará como si fuera una sola losa. Es posible que también se presente el desprendimiento de la junta a lo largo de los límites de dos losas contiguas. En caso de que esta situación se presente, cada losa será considerada como una losa con descascaramiento de junta.

**Tabla 6** Niveles de Severidad para los Descascaramientos de Junta

PIEZAS DEL DESCASCARAMIENTO	ANCHO DEL DESCASCARAMIENTO	LONGITUD DEL DESCASCARAMIENTO	
		<0.5m (1.5 pies)	>0.5m (1.5 pies)
Apretadas – No pueden ser removidas fácilmente (de repente algunas piezas perdidas)	<100mm (4 pulg.)	L	L
	>100mm	L	L
Sueltas – Pueden ser removidas y algunas piezas se han salido; si la mayoría ó todas las piezas se salieron, el descascaramiento es superficial, menor a 25mm (1 pulgada).	<100mm	L	M
	>100mm	M	M
Perdidas – La mayoría ó todas las piezas han sido removidas	<100mm	L	M
	>100mm	M	H

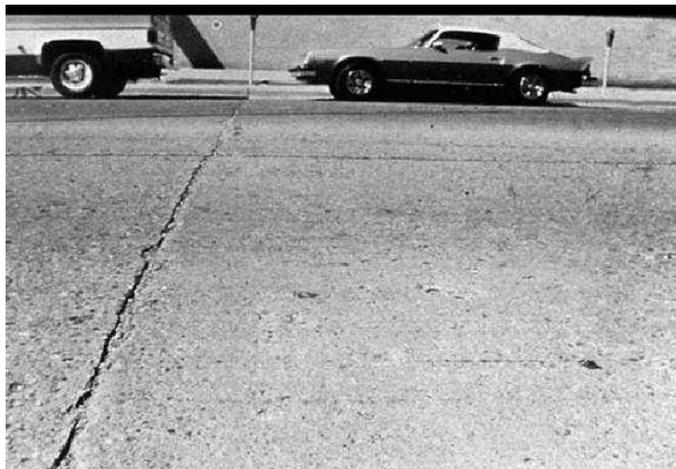
La tabla 6 muestra los niveles de severidad según MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 49** *Descascaramiento de Junta – Baja Severidad*



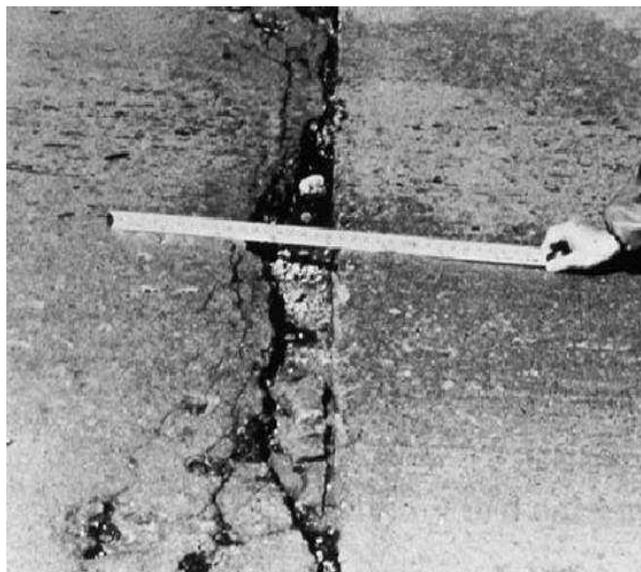
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 50** *Descascaramiento de Junta – Mediana Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

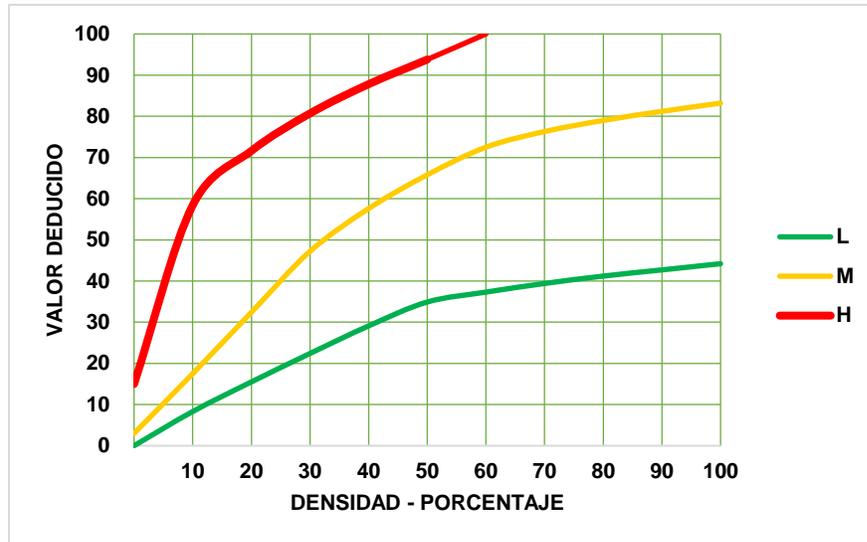
**Figura 51** *Descascaramiento de Junta – Alta Severidad*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

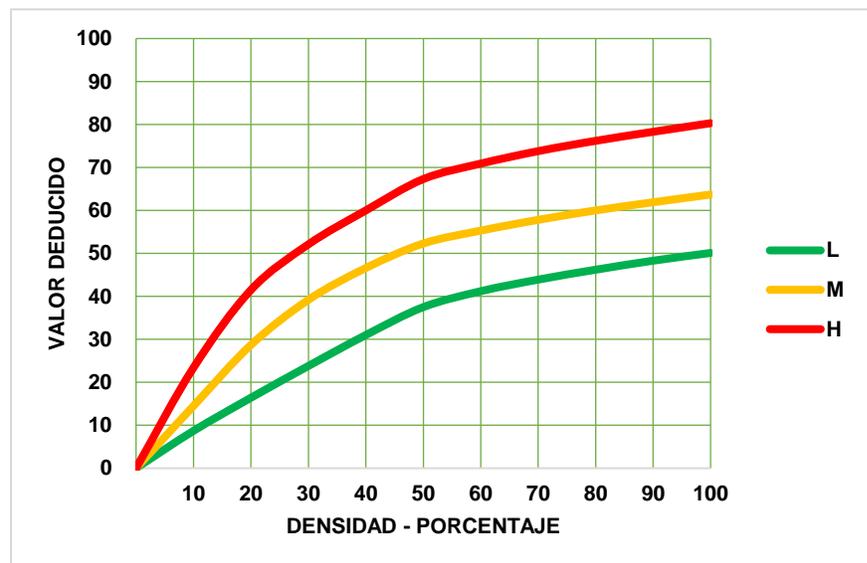
## 2.2.4 Curvas para pavimentos de Concreto SEGÚN Pavement Condition Index (PCI).

Figura 52 21 Levantamiento / Pandeo -Blowup / Buckling



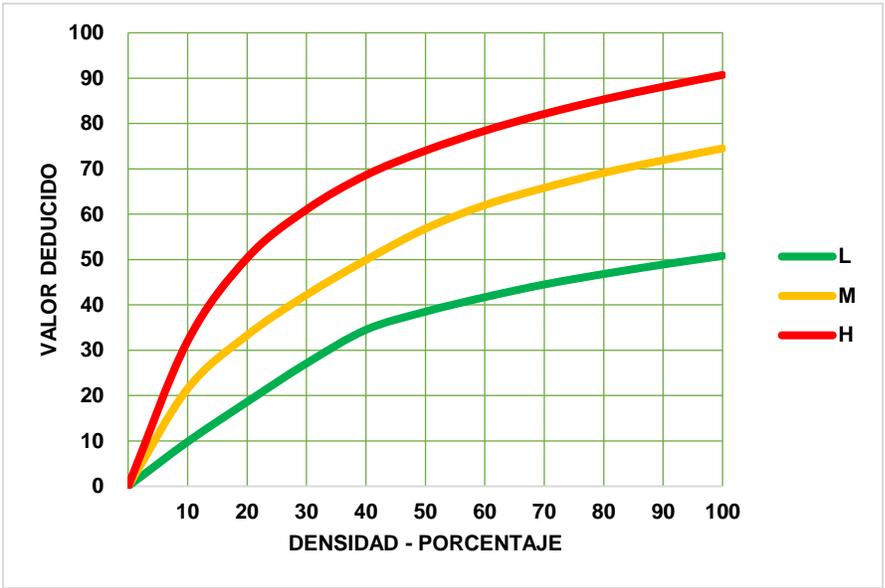
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 53 22 Fisura de Esquina



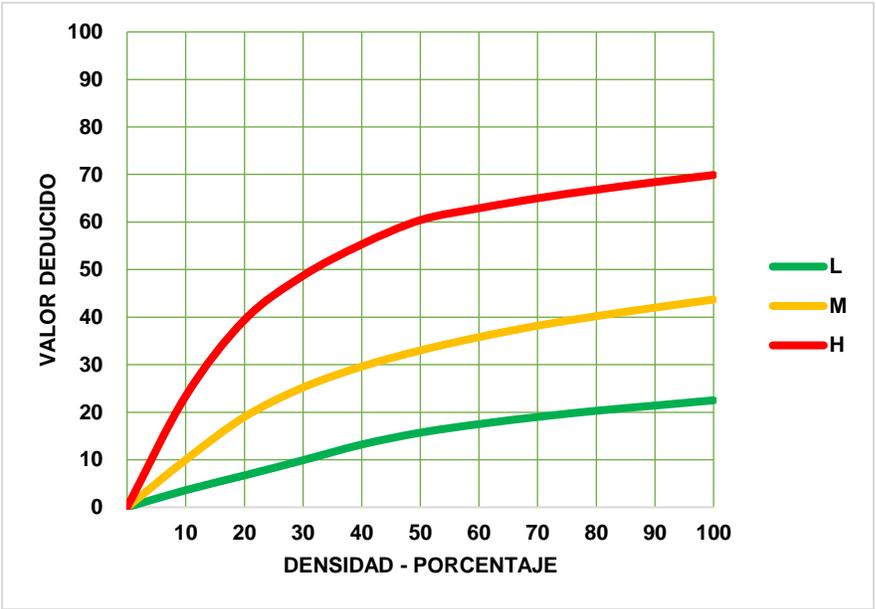
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 54 23 Losa Dividida



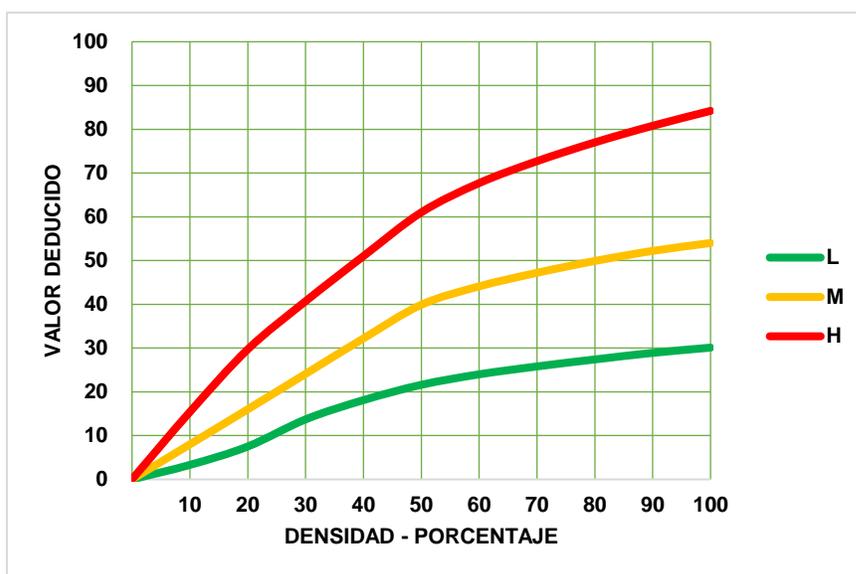
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 55 24 Fisura de Durabilidad "D"



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 56 25 Escalonamiento**



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 57 26 Sello de Junta**

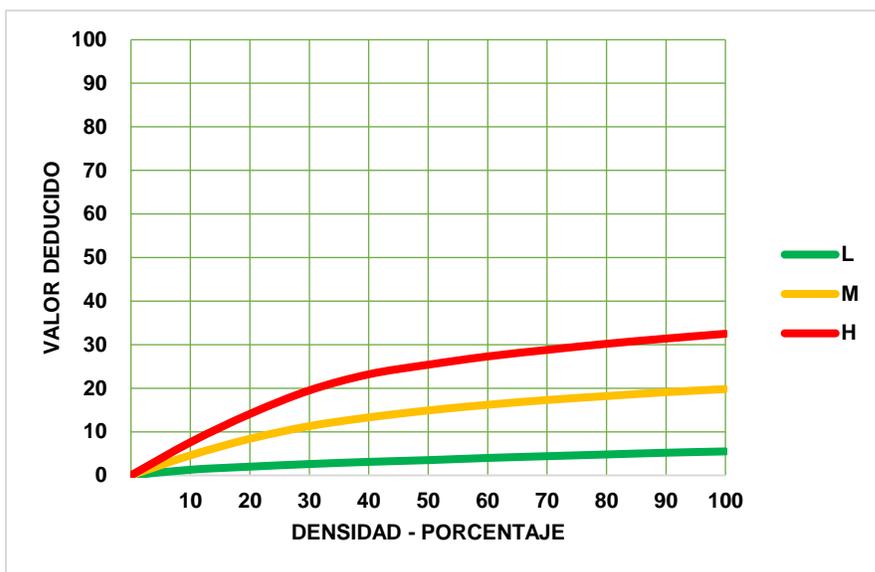
El daño al sello de la junta no está clasificado por densidad. La gravedad del deterioro está determinada por el estado general del sellador para una unidad de muestra en particular.

Los valores de deducción para los tres niveles de severidad son:

Bajo:	2 puntos
Medio:	4 puntos
Alto:	8 puntos

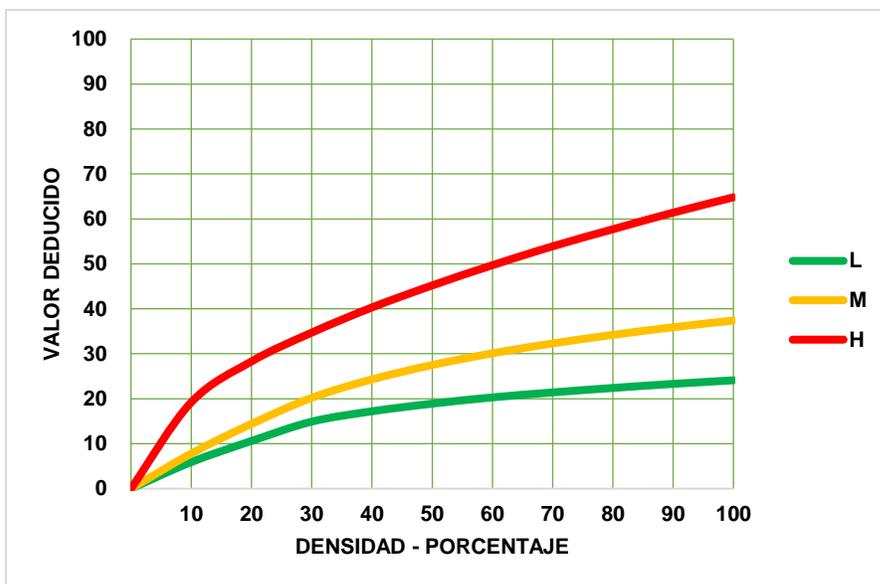
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 58 27** *Desnivel Carril / Berma*



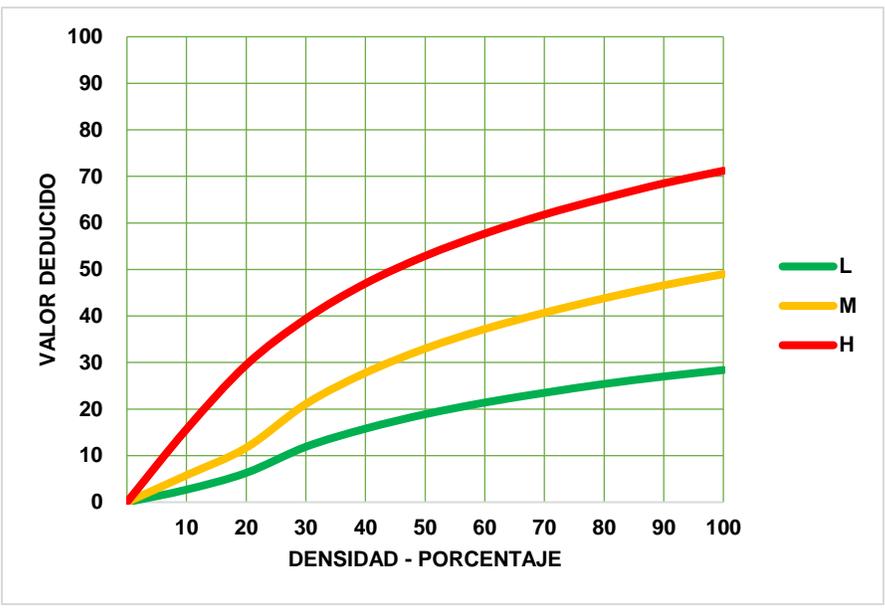
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 59 28** *Fisuras Lineales*



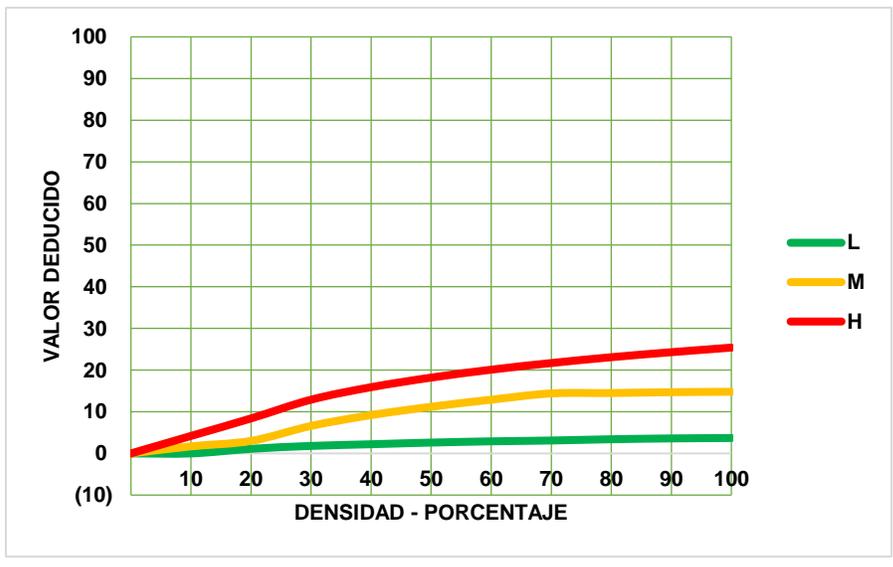
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 60 29 Parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios



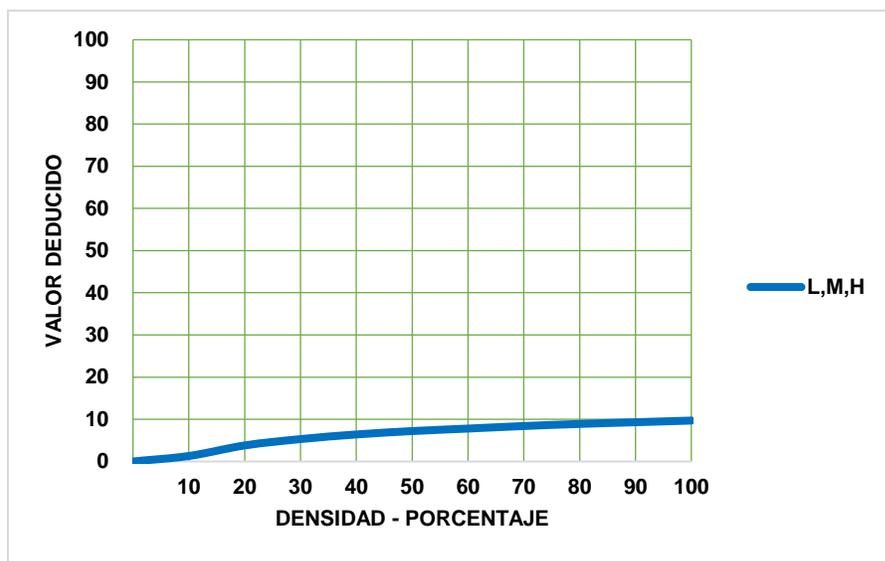
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 61 30 Parcheo pequeño



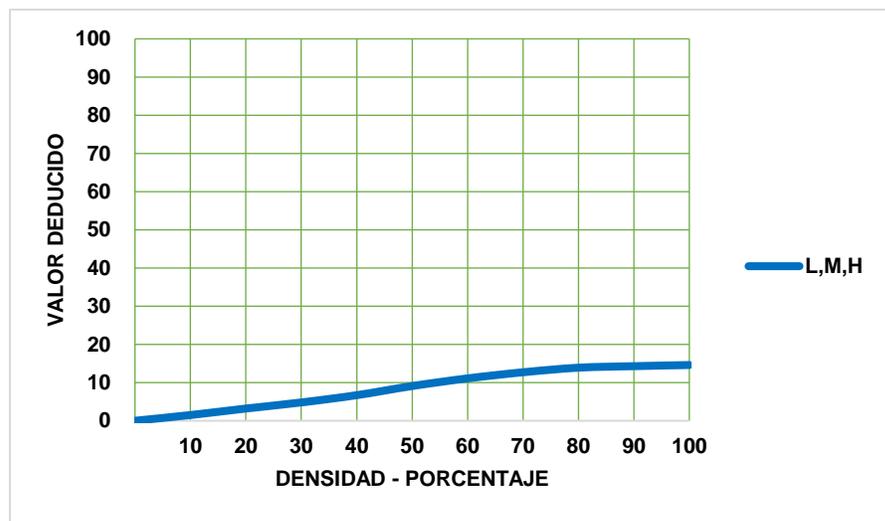
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 62 31** Agregado Pulido



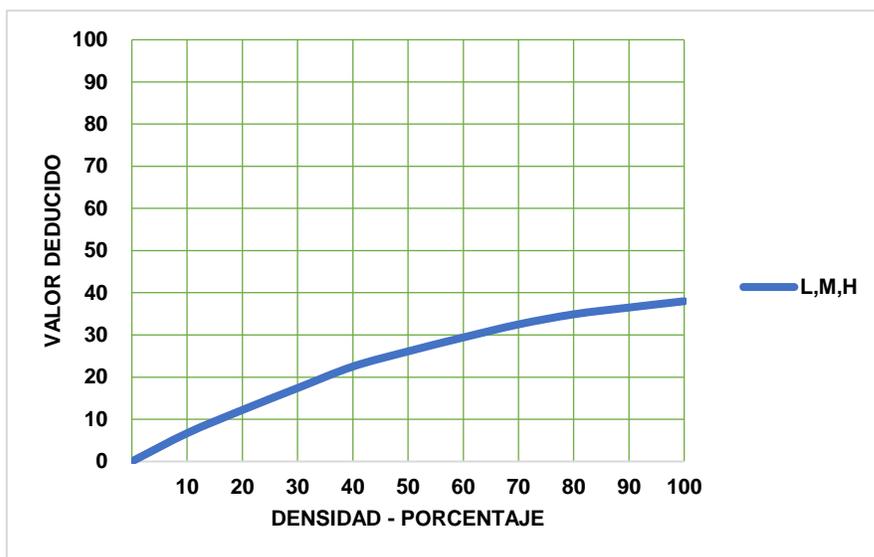
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 63 32** Popouts



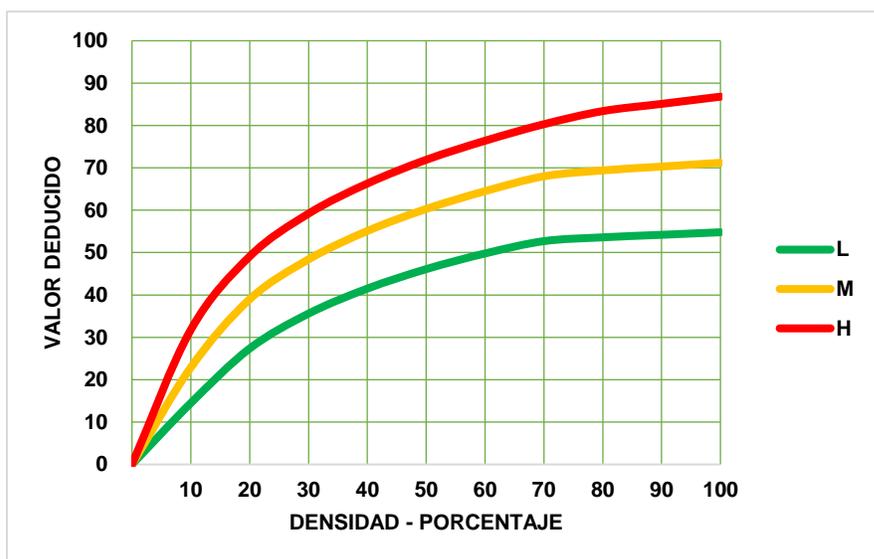
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 64 33** *Bombeo*



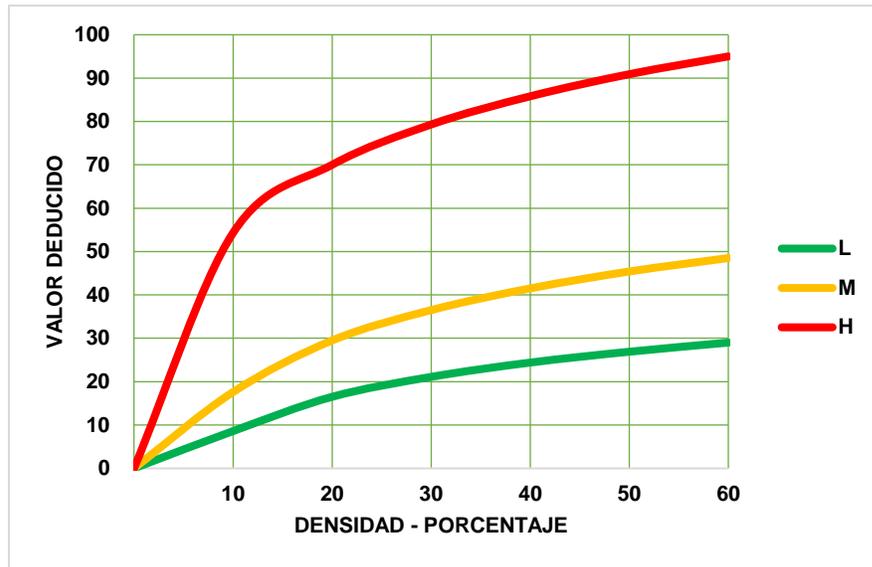
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 65 34** *Punzonamiento*



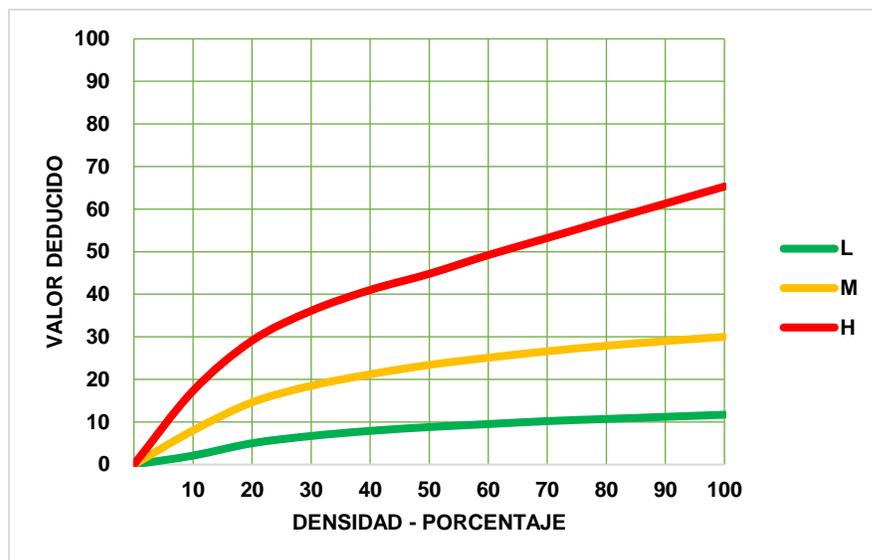
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 66 35** Cruce de Vía Férrea



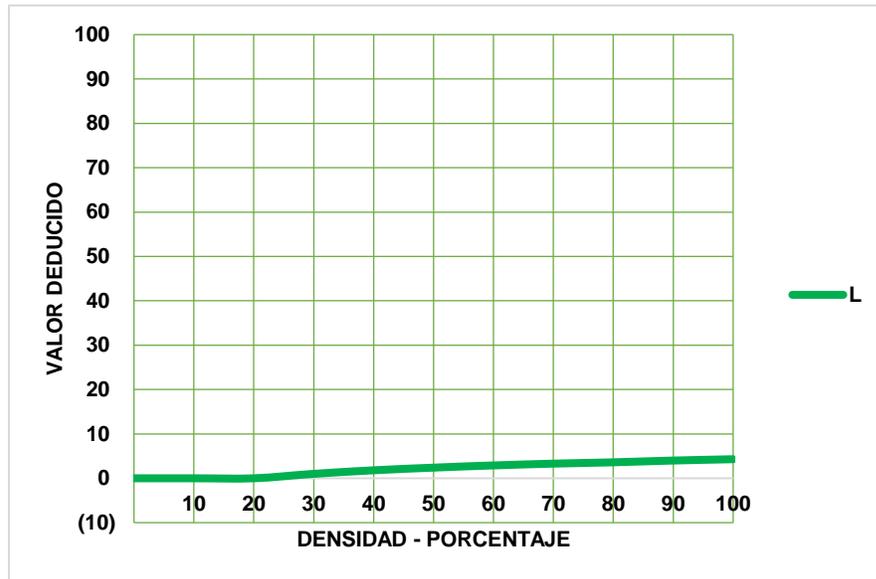
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 67 36** Desconchamiento / Mapa de Fisuras / Craquelado



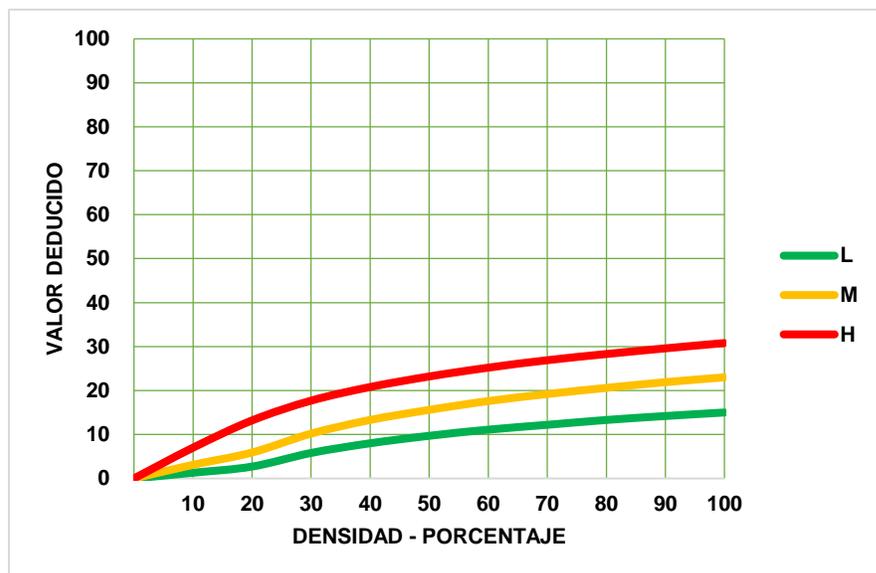
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 68 37** *Fisuras de Contracción*



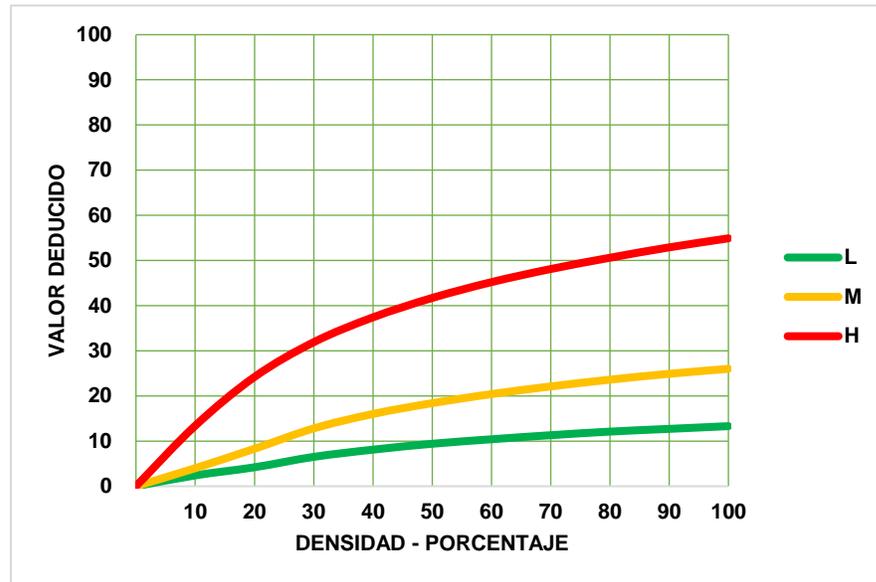
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Figura 69 38** *Descascaramiento de Esquina*



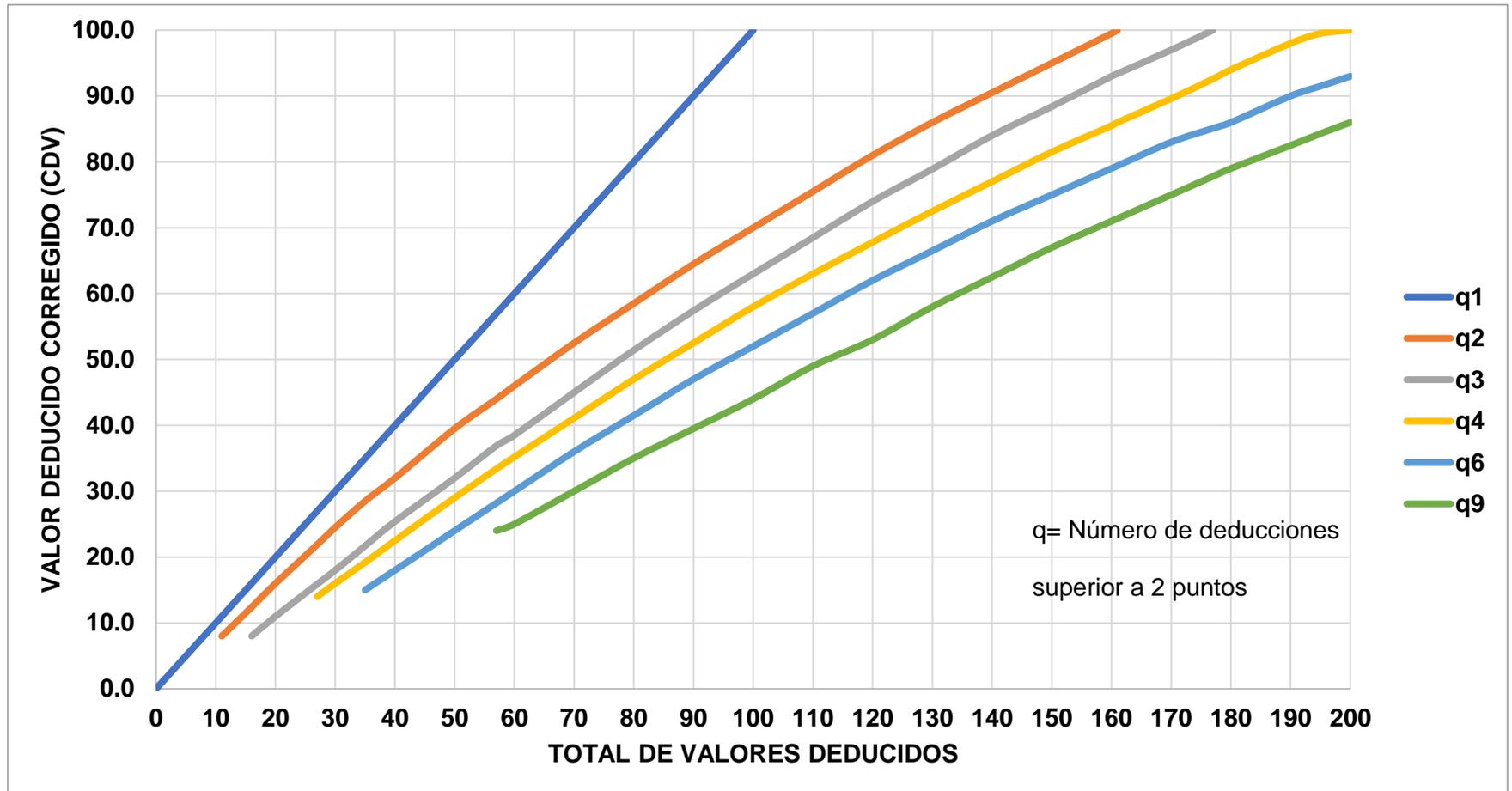
Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 70 39 Descascaramiento de Junta



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Figura 71 Corrección del Valor Deducido



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

### 2.2.5 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento rígido por el método PCI.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. La Tabla 7 ilustra el formato para la inspección de pavimentos de concreto, La tabla es ilustrativa y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente (Luis, 2002, p.2).

**Tabla 7** Hoja de registro de una inspección en pavimento Rígido Articulado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA						
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO						
ENCUESTADO POR :			FECHA:			
UNIDAD MUESTRAL :		PROG. INICIAL:				
N° DE LOSAS DE MUESTREO :		PROG. FINAL :				
TIPO DE DAÑO						
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)			BOSQUEJO:	
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32. POPOUTS				
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33. BOMBEO (Pumping)				
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34. PUNZONAMIENTO (Punchout)				
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)		35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)				
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36. DESCASCAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)				
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)				
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38. DESCASCAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)				
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39. DESCASCAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)				
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)						
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO		
						n
						...
						...
						2
						1
					1	2

Fuente: tomado del Manual PCI ASTM D 6433.

## 1. Unidades de Muestreo:

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura (Luis, 2002, p.3).

## 2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

- ✓ **En la “Evaluación De Una Red” vial** puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo (Luis, 2002, p.4).
  
- ✓ **En la “Evaluación de un Proyecto”** se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95% (Luis, 2002, p.4).

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

**Donde:**

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento. e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $\sigma$ ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35).

En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

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

**3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:**

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

- a. El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$i = N/n \quad \text{Ecuación 2}$$

**Donde:**

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ .

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación(rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas (Luis, 2002, p.5).

#### 4. Evaluación de la condición:

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable (Luis, 2002, p.6).

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

##### a. Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

##### b. Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u *“hoja de información de exploración de la condición”* para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

##### c. El equipo de inspección.

Deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

## 5. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “*Valores Deducidos*” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas (Luis, 2002, p.6)

### **Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento**

#### **Pórtland:**

#### **Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos.**

1. **a.** Contabilice el número de losas en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato (Tabla 7).
1. **b.** Calculamos la Densidad (%) para cada tipo de daño y severidad dividiendo el número de losas contabilizado entre el número total de losas de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje (%).
1. **c.** Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “**Valor Deducido de Daño**”

**Etapa 2.** Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos ( $m$ )

**2. a.** Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV para determinar el PCI. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2c.

**2. b.** Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

**2. c.** Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” ( $m$ ), utilizando la Ecuación 3.

$$m_i = 1 + (9/98) (100 - HDV_i) < 10 \quad \text{Ecuación 3}$$

**Donde:**

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ . (debe ser menor a diez).

HDV $_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

**2. d.** El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan.

**Etapas 3.** Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

**3. a.** Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.

**3. b.** Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

**3. c.** Determine el CDV con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

**3. d.** Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 hasta que  $q$  sea igual a 1 y repetir el procedimiento de las etapas 3.b. a 3.c.

**3. e.** El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

**Tabla 8** Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV

Formato para las iteraciones del cálculo del CDV tomado Pavement Condition Index PCI (p.8), por L. Ricardo, 2002.

**Etapla 4.** Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV:

$$\text{PCI} = 100 - \text{MAX. CDV} \quad \text{Ecuación 4}$$

### **2.2.6 Índice de condición del pavimento (pci- pavement condition Index)**

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 siguiente tabla 9 se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento.

**Tabla 9** Rangos de clasificación del PCI

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

La tabla 9 muestra los rangos de clasificación del PCI

Nota. Adaptado de Pavement Condition Index PCI (p.2), por L. Ricardo,2002

### **2.2.7 Significado y uso**

El PCI proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en la superficie del pavimento, que también indican la integridad estructural y condición operacional de la superficie (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad.

Proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación y sus prioridades.

### **2.2.8 Definición de términos básicos**

- Pavimento: El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (Manual de carreteras 2013).
- Capa de rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es de sostener directamente el tránsito. ((Manual de carreteras 2013).
- Falla superficial: Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas. (Manual PCI ASTM D 6433).
- Índice de condición del pavimento (PCI): Es un grado numérico de la condición de pavimento de 0 a 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor condición posible. (Manual PCI ASTM D 6433).

- Grado de la condición del pavimento: Es una descripción verbal de la condición del pavimento como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”. (Manual PCI ASTM D 6433).
- Unidad de muestra del pavimento: Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de: 20 losas contiguas (+/-8 losas). (Manual PCI ASTM D 6433).

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Hipótesis

El estado actual del pavimento rígido en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén, es malo, según el método PCI.

### 3.2 Variables

➤ **Variable independiente:**

Índice de Condición del Pavimento.

➤ **Variable dependiente:**

Estado actual del pavimento.

### 3.2.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

**Tabla 10** Operacionalización de variables

Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Fuente
El estado actual del pavimento rígido en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén, es malo, según el método PCI.	<b>Variable independiente:</b> Índice de condición del Pavimento.	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.	Valor de irregularidad de la superficie del pavimento	Rango del 0 al 100. (100 – 85), (85 - 70), (70 - 55), (55 - 40), (40 - 25), (25 -10), (10 - 0)	Manual PCI ASTM D 6433
	<b>Variable dependiente:</b> Estado actual del pavimento	Son las condiciones de serviciabilidad en que se encuentra la vía.	Nivel de serviciabilidad	Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo, Muy malo, Fallado.	Manual PCI ASTM D 6433

### 3.2.2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 11** Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Métodos	Técnicas e Instrumentos	Método de análisis
Cuál es el estado actual del pavimento rígido en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén, de acuerdo al índice de condición del pavimento	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar el estado actual del pavimento rígido por el método PCI en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén.</p> <p><b>Objetivo específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar el levantamiento topográfico.</li> <li>✓ Elaborar el estudio de tránsito.</li> <li>✓ Precisar los daños superficiales existentes en el pavimento.</li> <li>✓ Determinar el PCI de las secciones que corresponde al pavimento rígido.</li> <li>✓ Considerar alternativas de solución técnica en las fallas encontradas.</li> </ul>	El estado actual del pavimento rígido en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén, es malo, según el método PCI.	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Índice de condición del Pavimento</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Estado actual del pavimento</p>	<p><b>Tipo de estudio:</b></p> <p>Tipo: Aplicativa: tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico.</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental: Es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos.</p> <p><b>Población:</b> Toda la calle zarumilla pavimentada con concreto rígido.</p> <p><b>Muestra:</b> Es un tramo de la calle Zarumilla desde la cuadra N° 13 hasta la cuadra N° 18 con una longitud evaluada de 455.09 ml, la muestra se determinó por el tipo no probabilístico por conveniencia.</p> <p><b>Unidad de análisis:</b> Estado actual vial</p>	<p><b>Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reunir información Bibliográfica</li> <li>✓ Reconocimiento del Área de investigación.</li> <li>✓ Levantamiento Topográfico</li> <li>✓ Conteo vehicular.</li> <li>✓ Unidades de Muestreo</li> <li>✓ Identificación de fallas en el pavimento:</li> </ul> <p><b>Instrumentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Formato de recolección de datos de campo para el levantamiento topográfico.</li> <li>✓ Formato de conteo vehicular.</li> <li>✓ formatos de registro de fallas.</li> </ul>	El método de análisis para el PCI es cuantitativo

### 3.3 Ubicación geográfica

Este estudio se realizó en la calle Zarumilla de la ciudad de Jaén desde la cuadra N° 13 hasta la cuadra N° 18 con una longitud evaluada de 455.09 m.

**Tabla 12** *Coordenadas de ubicación del proyecto de estudio*

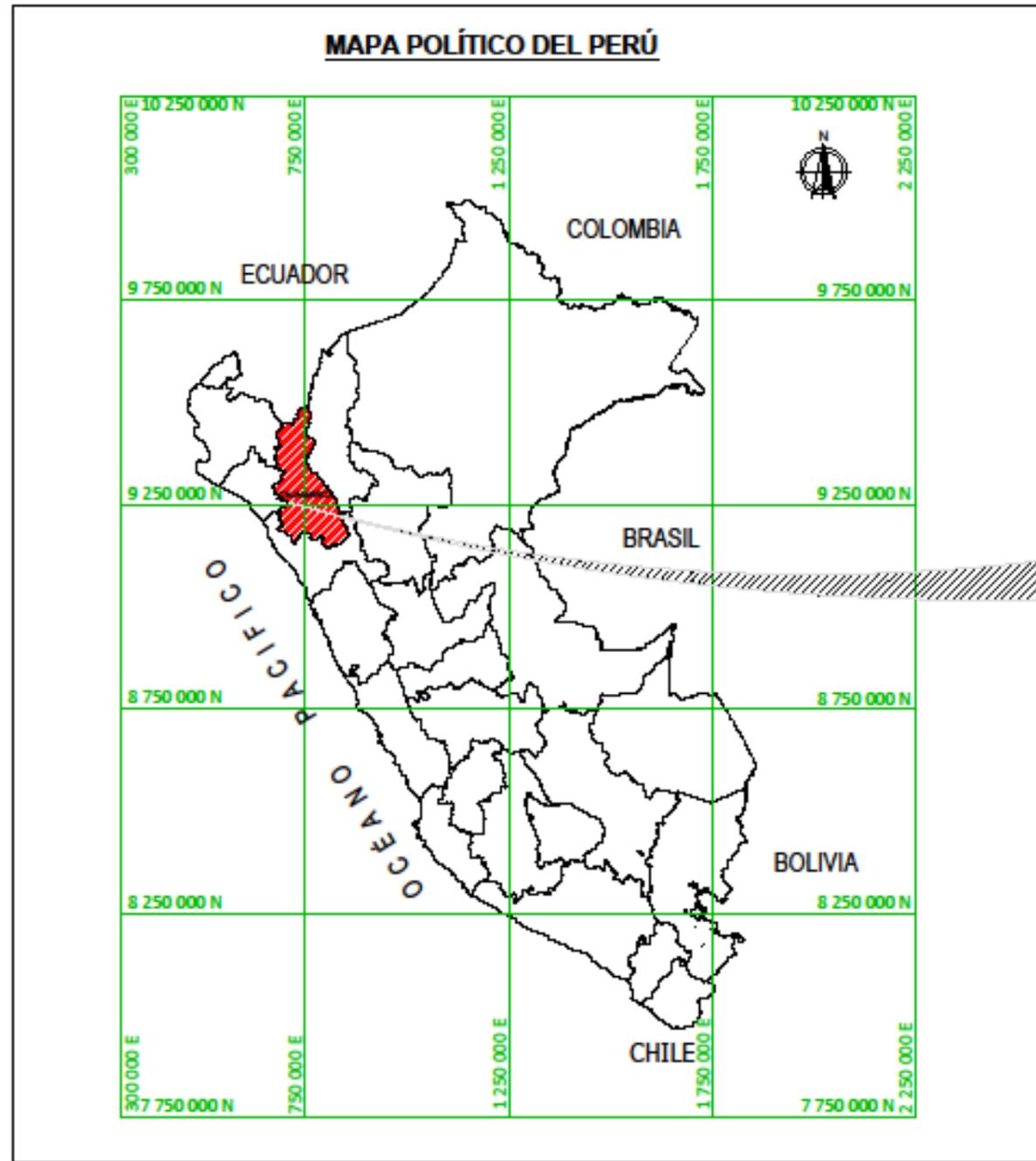
N° CUADRA	PUNTO	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		NORTE (m)	ESTE (m)	LATITUD	LONGITUD
C-13	INICIAL	9368833.01	742772.44	5°42'21.59 S	78°48'28.81 W
C-18	FINAL	9368802.75	742261.74	5°42'22.64 S	78°48'45.40 W

SISTEMA GEODÉSICO: WGS84

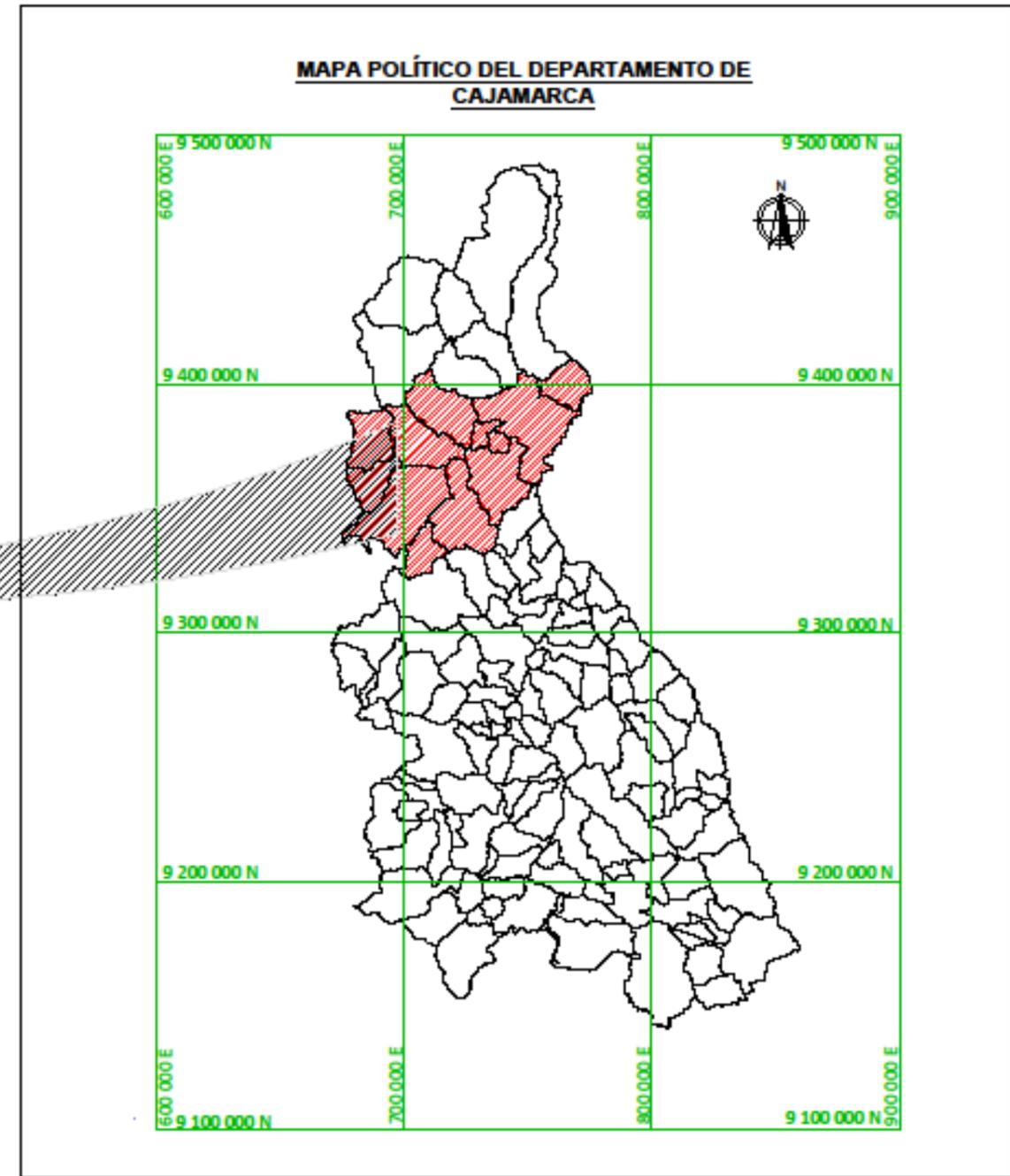
ZONA: 17 M

Figura 72

Plano de Ubicación U-01



ESCALA GRÁFICA:  
 0 150000 300000 m  
  
 1:1500000



ESCALA GRÁFICA:  
 0 25000 50000 m  
  
 1:250000



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
 MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
 DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

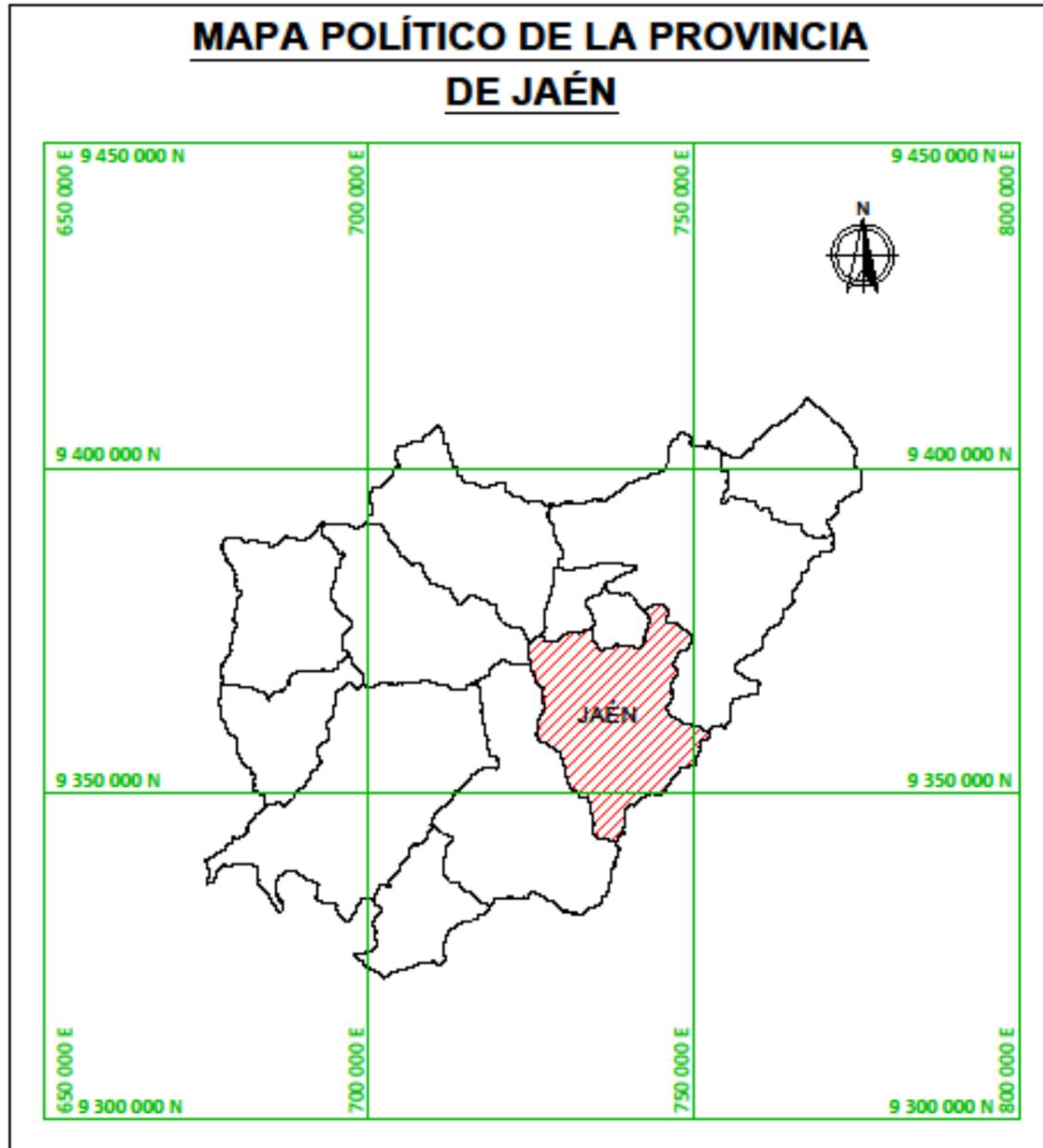
ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 UBICACIÓN  
 ESCALA:  
 INDICADA  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

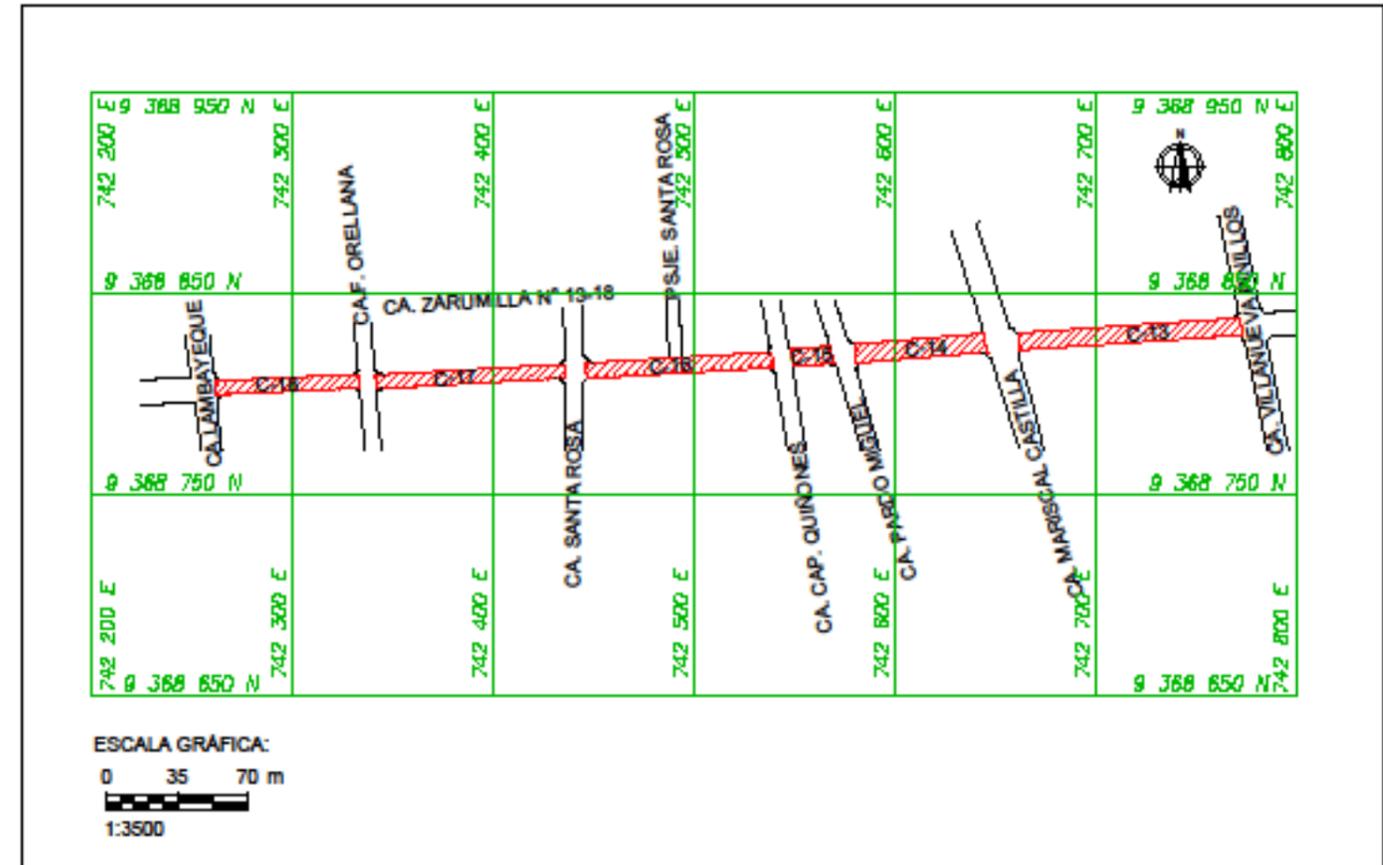
LAMINA Nº  
 U-01

Figura 73

Plano de Ubicación U-02



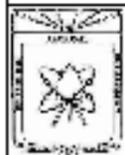
ESCALA GRÁFICA:  
 0 10000 20000 m  
 1:1000000



ESCALA GRÁFICA:  
 0 35 70 m  
 1:3500

N° CUADRA	PUNTO	COORDENADAS UTM SISTEMA GEODÉSICO: WGS84 ZONA: 17 M		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		NORTE (m)	ESTE (m)	LATITUD	LONGITUD
C13	INICIAL	9368833.01	742772.44	5°42'21.59"S	78°48'28.81"W
C18	FINAL	9368802.75	742261.74	5°42'22.64"S	78°48'45.40"W

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VÍAS
	ÁREA DE ESTUDIO



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

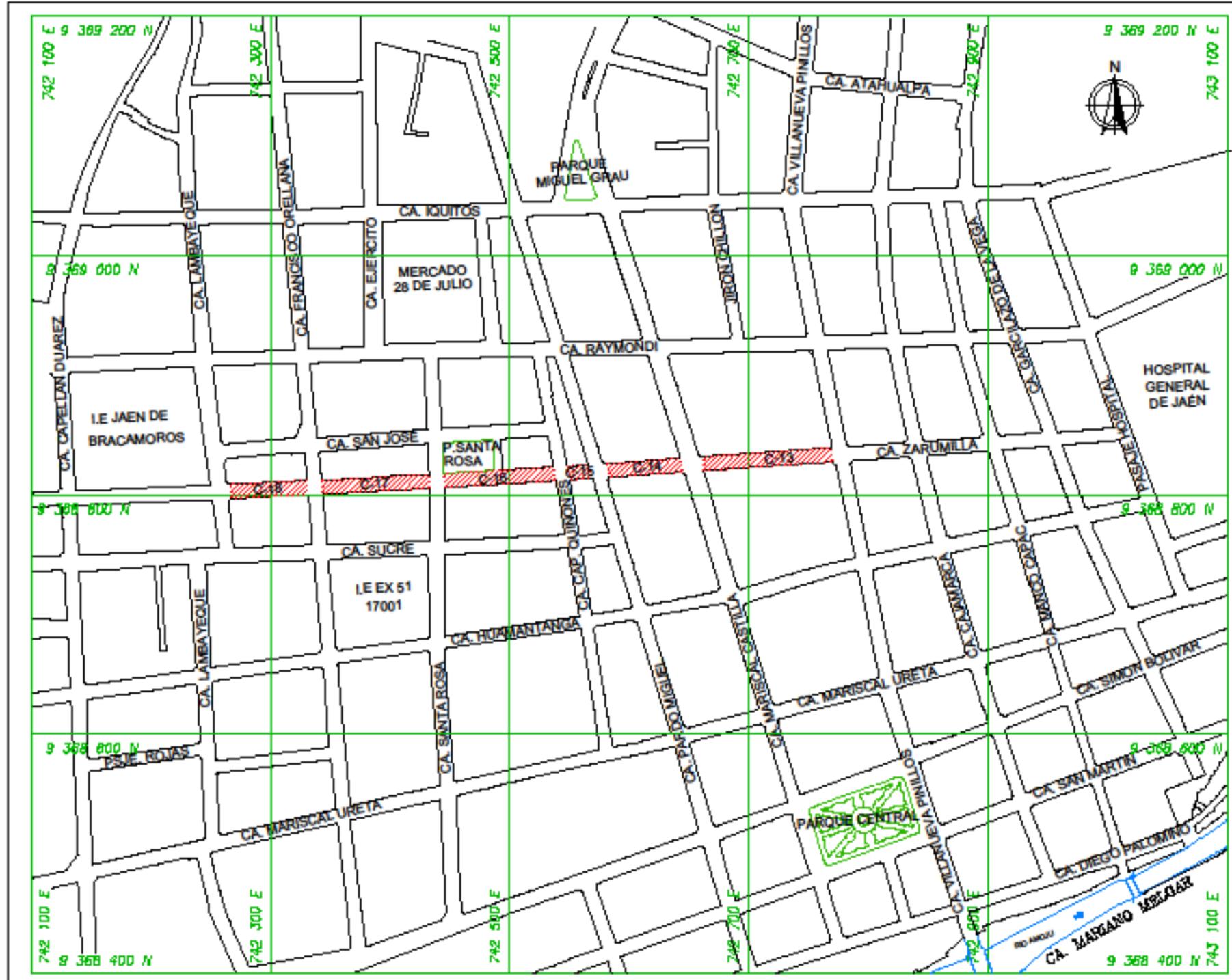
ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 UBICACIÓN  
 ESCALA:  
 INDICADA  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
 U-02

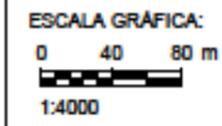
Figura 74

Plano de Localización L-01



N° CUADRA	PUNTO	COORDENADAS UTM SISTEMA GEODÉSICO: WGS84 ZONA:17 M		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		NORTE (m)	ESTE (m)	LATITUD	LONGITUD
C13	INICIAL	9368833.01	742772.44	5°42'21.59"S	78°48'28.81"W
C18	FINAL	9368802.75	742261.74	5°42'22.64"S	78°48'45.40"W

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VÍAS
	ÁREA DE ESTUDIO



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 LOCALIZACIÓN  
 ESCALA:  
 1/4000  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
 L-01

## **3.4 Metodología**

### **3.4.1 Tipo de estudio**

**Tipo:** Aplicativa: tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico.

### **3.4.2 Diseño**

**Diseño:** No experimental: Es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos.

## **3.5 Población, muestra y unidad de análisis**

### **3.5.1 Población**

Toda la calle Zarumilla pavimentada con concreto rígido.

### **3.5.2 Muestra**

La muestra es un tramo de la calle Zarumilla desde la cuadra N° 13 hasta la cuadra N° 18 con una longitud evaluada de 455.09 ml, la muestra se determinó por el tipo no probabilístico por conveniencia.

### **3.5.3 Unidad de análisis**

Estado actual vial

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1 Secuencia de las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos:

**Etapas 1:** Reunir información Bibliográfica:

En esta etapa se reunió información descrita por diferentes autores de Investigaciones afines.

**Etapas 2:** Reconocimiento del Área de investigación:

En esta etapa se realizó un recorrido de toda su longitud de la vía para tener un mayor conocimiento sobre sus características y estado existente.

**Etapas 3:** Levantamiento Topográfico:

En esta etapa se realizó un levantamiento topográfico planimétrico del tramo en estudio, ya que el método aplicado para este tipo de pavimento se basa en evaluar los tipos de fallas presentes en los paños. Para ello se utilizó el siguiente formato como instrumento de recolección de datos de campo.

**Tabla 13** *Formato de recolección de datos de campo para el levantamiento topográfico*

PUNTO	COORDENADAS (m)		DESCRIPCIÓN
	X:	Y:	
	ESTE	NORTE	
1			
2			
3			
...			

**Etapa 4:** Conteo vehicular:

Esta etapa comprende el conteo de vehículos que transitan por la vía, para ello cual se utilizó el formato de la tabla 14 como instrumento de clasificación de tráfico proporcionadas por el MTC.

**Tabla 14***Formato de clasificación vehicular estudio de trafico*

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

**Ubicación:****Calle:****Sentido****sube (n):****baja (s):****Estación****Código de la Estación****Día y fecha**

hora	turno	sentido	Vehículos ligeros						
			moto lineal	mototaxi	auto	Station wagon	camionetas		
							pick up	panel	rural combi
									
<b>total</b>									

**Etapa 5:** Unidades de Muestreo:

En esta etapa la longitud de la vía se dividió en unidades de muestreo, el cual nos permitió tener datos más exactos de cada sección de pavimento.

**Etapa 6:** Identificación de fallas en el pavimento:

En esta etapa se identificaron las fallas que presentan los paños por cada unidad de muestreo, donde se utilizaron los formatos de registro de fallas proporcionados por las Normas ASTM D-6433.

**MATERIALES Y EQUIPOS:** utilizados en las técnicas e instrumentos de recolección de datos:

➤ **MATERIALES:**

Wincha de mano de 8m

Odometro

Regla de aluminio

Útiles de escritorio (Lápiz, Lapicero, Tablero Acrílico, Regla)

➤ **EQUIPOS:**

Estación Total, GPS.

Computadora e Impresora

Cámara digital

### 3.7 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

#### ➤ Levantamiento topográfico:

Los datos obtenidos del levantamiento se procesaron en el programa de AUTOCAD y CIVIL 3D para la obtención de planos planimétricos del tramo de estudio.

#### ➤ Estudio de tráfico:

Luego de haber obtenido los resultados del conteo vehicular se procedió a calcular el IMDA y el IMDS mediante el programa de Excel.

#### **Fórmulas para el cálculo de la intensidad media diaria IMD:**

- ✓ Cálculo de la intensidad media diaria semanal (IMDS):

$$\text{IMDS} = \frac{\text{Total de vehiculos por tipo}}{\text{Cantidad de dias por una semana}}$$

- ✓ Cálculo de la intensidad media diaria (IMD):

$$\text{IMD} = \sum \text{IMDS por tipo de vehiculo}$$

- ✓ Cálculo del IMD corregido:

$$\text{IMD} = \text{IMDS} \times F_c$$

$F_c$ : Factor de corrección de Vehículos Ligeros

- ✓ Cálculo del IMDA corregido:

$$\text{IMDA} = \text{IMD} \times 365$$

#### ➤ Procesamiento y análisis de datos:

De haber realizado el análisis para la obtención de datos de campo en los formatos proporcionados por la Normas ASTM D-6433, se evaluaron los datos mediante tablas de Excel y ábacos de acuerdo a la metodología del PCI.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Presentación de resultados

#### 4.1.1 Resultados de conteo vehicular

**Tabla 15** Cuadro de conteo semanal de vehículos que transitan por la calle zarumilla

DIA	VEHICULOS LIGEROS						TOTAL
	MOTO LINEAL	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS PICK UP	RURAL COMBI	
							
LUNES	4403	5209	128	8	122	3	9873
MARTES	4154	4905	118	4	109	4	9294
MIERCOLES	4065	4888	110	2	102	2	9169
JUEVES	4014	4997	108	4	104	1	9228
VIERNES	4303	5077	118	2	126	3	9629
SABADO	4568	5483	156	0	140	6	10353
DOMINGO	4012	4876	119	3	126	5	9141
TOTAL	29519	35435	857	23	829	24	66687
IMDS	4217	5062	122	3	118	3	9527
%	44.26%	53.14%	1.29%	0.03%	1.24%	0.04%	100.00%

**Tabla 16** Tráfico vehicular – IMD sin corrección

Tipo de Vehículos	IMDS	Distribución. %
MOTO LINEAL	4,217	44.26%
MOTOTAXI	5,062	53.14%
AUTO	122	1.29%
STATION WAGON	3	0.03%
PICK UP	118	1.24%
RURAL COMBI	3	0.04%
TOTAL, IMD	9,527	100.0%

**Tabla 17** Desagregado de tráfico vehicular – IMD con factor de corrección

Tipo de Vehículos	IMD	Distribución. %
MOTO LINEAL	4,932	44.26%
MOTOTAXI	5,921	53.14%
AUTO	143	1.29%
STATION WAGON	4	0.03%
PICK UP RURAL	139	1.24%
COMBI	4	0.04%
<b>TOTAL, IMD</b>	<b>11,143</b>	<b>100.00%</b>

Resultados del IMD y IMDA

$$Fc \text{ Veh.Ligeros} = 1.169597$$

$$IMD = 11,143 \text{ veh/ día}$$

$$IMDA = 4,067,195 \text{ veh.x año}$$

#### 4.1.2 Resultados del PCI para las unidades de muestreo

##### 4.1.2.1 Cálculo de Unidades de muestreo

Para pavimentos de cemento Portland Las unidades de muestreo deben estar en el rango de  $20 \pm 8$  losas.

Para las unidades de muestreo previamente se realizó un reconocimiento de campo para que cuenten con paños semejantes en cuanto a sus características físicas que presentan en la capa de rodadura, por lo que en total obtuvimos 12 unidades de muestreo desde la cuadra N°13 hasta la cuadra N°18 de la calle zarumilla.

**Tabla 18** Unidades de muestreo en la calle zarumilla cuadra n°13 hasta la cuadra N°18

N°	CUADRA N°	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA (m)	N° DE PAÑOS
1	13	UM-01	0+000.00 - 0+053.50	24
2	13	UM-02	0+0053.50 - 0+110.85	25
3	14	UM-03	0+000.00 - 0+034.20	20
4	14	UM-04	0+034.20 - 0+065.40	18
5	15	UM-05	0+000.00 - 0+019.95	12
6	16	UM-06	0+000.00 - 0+032.00	20
7	16	UM-07	0+032.00 - 0+064.00	20
8	16	UM-08	0+064.00 - 0+092.80	18
9	17	UM-09	0+000.00 - 0+048.00	20
10	17	UM-10	0+048.00 - 0+094.48	18
11	18	UM-11	0+000.00 - 0+040.30	16
12	18	UM-12	0+040.30 - 0+071.61	14

#### **4.1.2.2 Determinación de las unidades de muestreo a evaluar:**

Para esta investigación fueron evaluadas las 12 unidades de muestreo

#### **4.1.2.3 Selección de las unidades de muestreo para inspección:**

Se selecciono las 12 unidades de muestreo para su inspección.

#### **4.1.2.4 Evaluación de la condición:**

El cálculo con el método PCI para cada unidad de muestreo es el mismo procedimiento y para su evaluación seleccionamos como muestra la unidad de muestreo UM-01.

Mediante la tabla 19 se realizó el bosquejo y la recolección de fallas que presenta la unidad de muestreo UM-01, donde se llena los datos de código de daño, severidad y numero de losas.

**Tabla 19** Registro de fallas en la unidad de muestreo N° 01 (UM-01)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA								
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO								
ENCUESTADO POR :		FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA: 02/05/2023				
UNIDAD MUESTRAL :		UM-01		PROG. INICIAL: 0+000.00				
N° DE LOSAS DE MUESTREO :		24		PROG. FINAL : 0+053.50				
TIPO DE DAÑO					BOSQUEJO:			
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31.AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)						
22.FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32.POPOUTS						
23.LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33.BOMBEO (Pumping)						
24.FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34.PUNZONAMIENTO (Punchout)						
25.ESCALONAMIENTO (Faulting)		35.CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)						
26.DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36.DESCASCAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)						
27.DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37.FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)						
28.FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38.DESCASCAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)						
29.PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39.DESCASCAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)						
30.PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)								
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO				
22	L	1			23H	22L 26 28M 36L	12	
22	M	2			26 29H 34H	23H	11	
23	M	1			23M	26 28M 31	10	
23	H	4			23H	26 28H 31	9	
26		15			26 29H 31	26 29H 31	8	
28	M	2			22M 26 29M	23H	7	
28	H	2			26 29M 31	26 31	6	
29	M	5			26 29M 31	26 36L	5	
29	H	3			26 29M 31	26 28H 31	4	
31		11			26 29M 31	26 22M 31	3	
34	H	1			36L	36L	2	
36	L	6			36L	36L	1	
					1	2		

#### 4.1.2.5 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Para el cálculo del PCI se dividió en cuatro etapas:

Continuando con la unidad de muestreo seleccionado UM-01 procedemos al cálculo de cada una de las etapas.

##### **Etapas 1: Cálculo de valores deducidos:**

Para el cálculo del valor deducido se halla el porcentaje de densidad, luego se obtiene el valor deducido mediante interpolación lineal o ábacos proporcionado por el Manual PCI ASTM D 6433.

De la unidad de muestreo seleccionada Como ejemplo hallamos el valor deducido para el código de daño 23 con severidad alta H.

cálculo de la densidad (%):

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de losas}}{\text{Total de losas por UM}} \times 100$$

Datos:

Tipo de falla y severidad: 23 H

Nº de losas con falla de este tipo: 4

Nº de losas de la unidad de Muestreo UM-01: 24

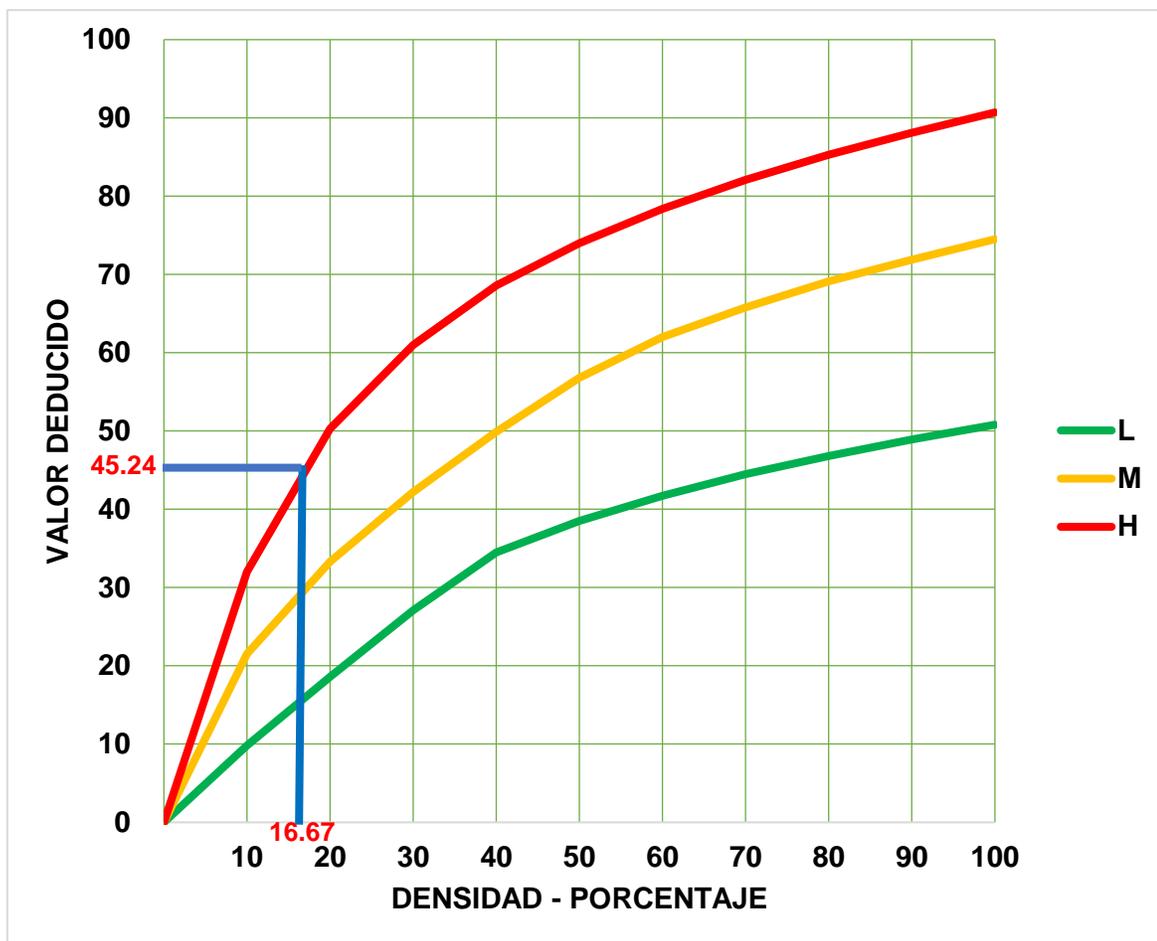
$$\text{Densidad (\%)} = \frac{4}{24} \times 100$$

$$\text{Densidad} = 16.67\%$$

- Aplicando los ábacos o interpolación lineal proporcionado por el Manual PCI ASTM D 6433 calculamos el valor deducido para el código de daño 23 con severidad alta H.

- Aplicamos los ábacos proporcionados por el Manual PCI ASTM D 6433 para el cálculo del valor deducido para el código de daño 23 con severidad alta H

**Figura 75 23** *Losa Dividida*



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Para el código de daño 23 con severidad alta H y densidad porcentual de 16.67 se obtiene un valor deducido de 45.24.

Aplicamos interpolación lineal proporcionado por el Manual PCI ASTM D 6433 para el cálculo del valor deducido para el código de daño 23 con severidad alta H

**Tabla 20** 23. losa dividida (divided slab)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5	5.10	10.70	17.00
10	9.80	21.50	32.00
15	14.20	28.20	42.70
20	18.60	33.30	50.30
25	22.90	37.90	56.20
30	27.10	42.20	61.00
35	31.00	46.10	65.10
40	34.50	49.90	68.60
45	36.60	53.40	71.80
50	38.50	56.80	74.00
55	40.20	59.80	76.30
60	41.70	62.00	78.40
65	43.10	64.00	80.30
70	44.50	65.80	82.10
75	45.70	67.50	83.70
80	46.80	69.10	85.30
85	47.90	70.50	86.80
90	48.90	71.90	88.10
95	49.90	73.30	89.40
100	50.80	74.50	90.70

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO		
		L	M	H
LIM INFERIOR	<b>15</b>	14.20	28.20	<b>42.70</b>
LIMITE SUPERIOR	<b>20</b>	18.60	33.30	<b>50.30</b>
VALOR	<b>16.67</b>	15.67	29.90	<b>X</b>

$$X = 42.70 + \frac{(16.67 - 15)}{(20 - 15)} (50.30 - 42.70) = 45.24$$

Según la tabla 20 para el código de daño 23 con severidad alta H y densidad porcentual de 16.67 se obtiene mediante la interpolación lineal un valor deducido de 45.24.

**Tabla 21** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la unidad de muestreo N°01  
(UM-01)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA							
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO							
ENCUESTADO POR :	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA: 02/05/2023				
UNIDAD MUESTRAL :	UM-01	PROG. INICIAL:	0+000.00				
N° DE LOSAS DE MUESTREO :	24	PROG. FINAL :	0+053.50				
TIPO DE DAÑO					BOSQUEJO:		
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)					
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32. POPOUTS					
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33. BOMBEO (Pumping)					
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34. PUNZONAMIENTO (Punchout)					
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)		35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)					
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36. DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)					
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)					
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)					
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)					
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)							
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO			
22	L	1	4.17	2.63	23H	22L 26 28M 36L	12
22	M	2	8.33	12.06	26 29H 34H	23H	11
23	M	1	4.17	8.91	23M	26 28M 31	10
23	H	4	16.67	45.24	23H	26 28H 31	9
26		15	62.50	4	26 29H 31	26 29H 31	8
28	M	2	8.33	6.53	22M 26 29M	23H	7
28	H	2	8.33	15.99	26 29M 31	26 31	6
29	M	5	20.83	12.56	26 29M 31	26 36L	5
29	H	3	12.50	19.45	26 29M 31	26 28H 31	4
31		11	45.83	6.87	26 29M 31	26 22M 31	3
34	H	1	4.17	12.91	36L	36L	2
36	L	6	25.00	5.9	36L	36L	1
					1	2	

**Etapla 2: Cálculo de número admisible máximo deducido para la UM-01:**

$$m_i = 1 + (9/98) (100 - HDV_i) < 10$$

Para el cálculo del número admisible máximo deducido tomamos el valor deducido mayor de la tabla 21.

- ✓ Valor deducido más alto (HDVi): 45.24

$$m_i = 1 + (9/98) (100 - 45.24)$$

$$m_i = 6.03$$

- ✓ Número máximo admisible de valores deducidos ( $m_i$ ): 6.03
- ✓ Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos ( $m_i$ ):  
6.00
- ✓ La parte fraccionaria se considera como valor deducido si  $>2(q)$ :

Para el cálculo de la parte fraccionaria se resta el número máximo admisible de valores menos el número máximo admisible de valores deducidos redondeado, luego se le multiplica por el valor deducido que esta en el puesto ( $q$  redondeado+1) ordenado de mayor a menor:

$$(q - q \text{ redondeado}) \times (\text{valor deducido en el puesto: } q \text{ redondeado} + 1)$$

$$(6.03 - 6) \times 8.91 = 0.26$$

$0.26 < 2$  Por lo tanto la parte fraccionaria no se considera como valor deducido ya que es menor que dos (2)

- ✓ Número de Valores deducidos  $>2(q)$ : 6.00

### Etapa 3: Cálculo del máximo valor deducido corregido CDV:

Mediante la tabla 22 ordenada de mayor a menor obtenemos el valor deducido corregido CDV para cada número de valores deducidos aplicando el ábaco o la interpolación lineal proporcionado por el Manual PCI ASTM D 6433.

**Tabla 22**

*Cálculo del índice de condición de pavimento UM-01*

ITEM	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	45.24	19.45	15.99	12.91	12.56	12.06	0.26	118.47	6	60.47
2	45.24	19.45	15.99	12.91	12.56	2.00	0.26	108.41	5	58.2
3	45.24	19.45	15.99	12.91	2.00	2.00	0.26	97.85	4	55.64
4	45.24	19.45	15.99	2.00	2.00	2.00	0.26	86.94	3	53.73
5	45.24	19.45	2.00	2.00	2.00	2.00	0.26	72.95	2	52.5
6	45.24	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.26	55.50	1	51.00

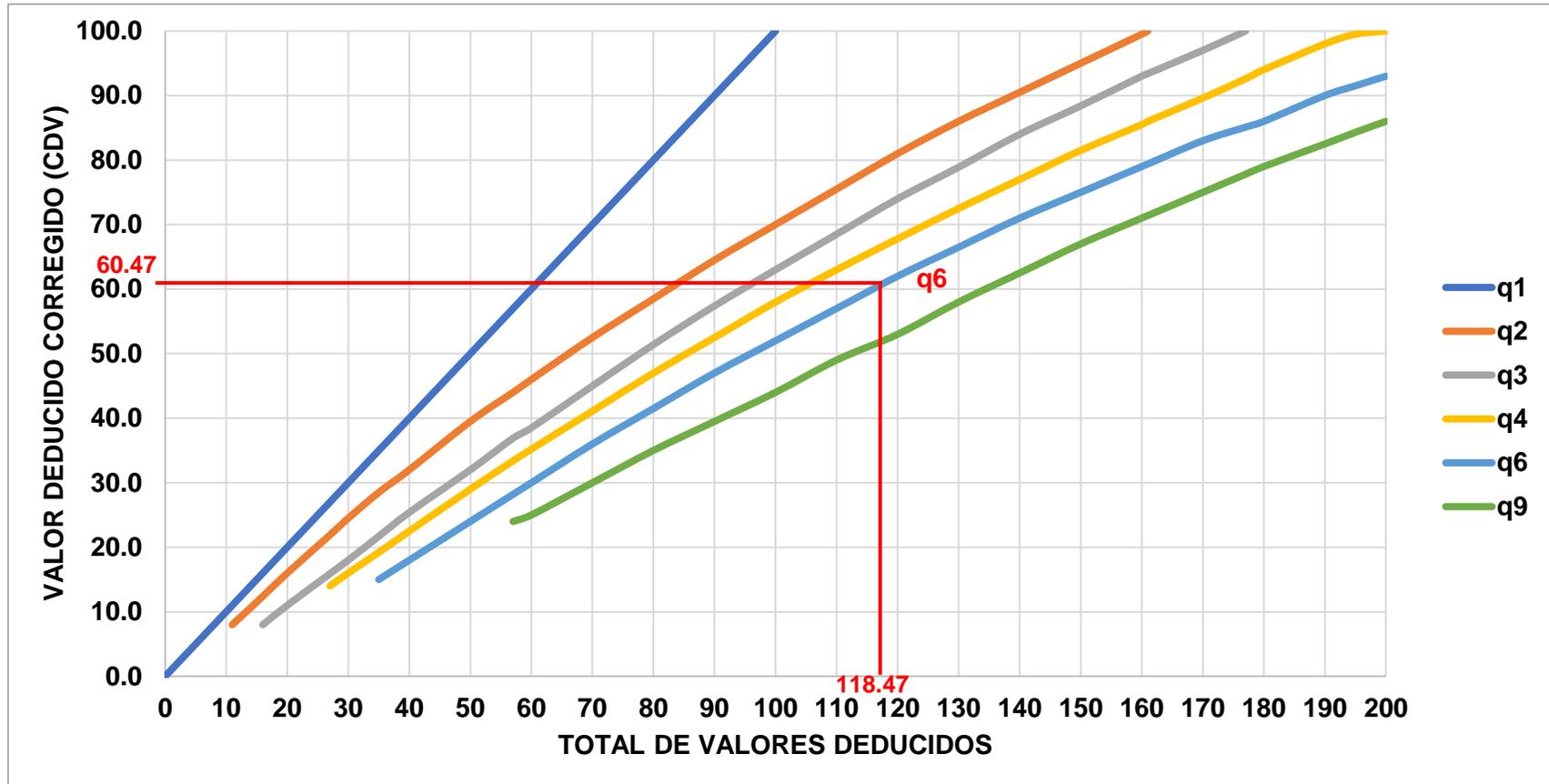
Como ejemplo calculamos para el ITEM 1 el valor deducido corregido utilizando la figura 76 ábaco del valor deducido corregido o interpolación lineal mediante la tabla 23 de valores deducidos corregidos proporcionado por el Manual PCI ASTM D 6433.

Datos:

$$q = 6$$

Total, de valores deducidos = 118.47

Figura 76 Corrección del Valor Deducido



Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Según la figura se tiene un total de valores deducidos de 118.47 y para el número q6 de valores deducidos se obtiene mediante el ábaco un **CDV=60.47**

**Tabla 23** Valores deducidos corregidos

TOTAL, DE VALORES DEDUCIDOS	VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS					
	q1	q2	q3	q4	q6	q9
0	0.0					
10	10.0					
11	11.0	8.0				
16	16.0	12.4	8			
20	20.0	16.0	11			
27	27.0	21.9	15.9	14		
30	30.0	24.5	18	16		
35	35.0	28.5	21.7	19.2	15	
40	40.0	32.0	25.4	22.5	18	
50	50.0	39.5	32	29	24	
57	57.0	44.0	36.9	33.4	28.2	24
60	60.0	46.0	38.5	35.2	30	25
70	70.0	52.5	45	41.1	36	30
80	80.0	58.5	51.4	47	41.5	35
90	90.0	64.5	57.4	52.5	47	39.5
100	100.0	70.0	63	58	52	44
110		75.5	68.5	63	57	49
120		81.0	74	67.8	62	53
130		86.0	78.9	72.5	66.5	58
140		90.5	84	77	71	62.5
150		95.0	88.4	81.5	75	67
160		99.5	93	85.5	79	71
161		100.0	93.4	86	79.4	71.4
170			97	89.6	83	75
177			100	92.6	85.1	77.8
180				94	86	79
190				98	90	82.5
195				99.5	91.5	84.3
200				100	93	86

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Interpolamos para hallar el valor deducido corregido

	VALOR. DEDUCIDOS	q6
LIM INFERIOR	115	57.00
LIMITE SUPERIOR	120	62.00
<b>VALOR</b>	<b>118.47</b>	<b>X</b>

$$X = 57 + \frac{(118.47 - 115)}{(120 - 115)}(62 - 57) = 60.47$$

Según la tabla 23 se tiene un total de valores deducidos de 118.47 y para el número q6 de valores deducidos se obtiene mediante la interpolación un **CDV=60.47**

**Etapá 4: Cálculo del PCI para la unidad muestral N°01 (UM-01):**

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

Datos:

Max.CDV: 60.47 según la tabla 19

$$PCI = 100 - 60.47$$

$$PCI = 39.53$$

Ubicamos en la tabla 24 el rango y clasificación de la unidad de muestreo N°01 (UM-01)

**Tabla 24** Rangos de clasificación del PCI

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

Rangos de clasificación del PCI

Nota. Adaptado de Pavement Condition Index PCI (p.2), por L. Ricardo,2002

**El PCI calculado para la unidad de muestreo N° 01 (UM-01) es de 39.53 y según la tabla 24 se encuentra en el rango de 25 – 40 clasificándolo como: MALO**

### 4.1.2.5.1 Resultados del PCI de las UM-02 hasta la UM-12

**Tabla 25** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-02

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA								
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO								
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN			FECHA :	02/05/2023			
UNIDAD MUESTRAL :	UM-02			PROG. INICIAL:	0+053.50			
N° DE LOSAS DE MUESTREO :	25			PROG. FINAL :	0+110.85			
TIPO DE DAÑO								
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)				31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)				
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)				32. POPOUTS				
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)				33. BOMBEO (Pumping)				
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)				34. PUNZONAMIENTO (Punchout)				
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)				35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)				
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)				36. DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)				
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)				37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)				
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)				38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)				
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)				39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)				
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)								
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	BOSQUEJO:			
					26	26	26	
					36L		36L	12
					36L			
22	H	1	4.00	9.84				
23	L	3	12.00	11.56	23H	23H		11
23	M	8	32.00	43.76	23M	23H		10
23	H	7	28.00	59.08	23L	23H		9
					26			
					28M			
26		10	40.00	4	23L	23M		8
					26			
					28M			
28	M	4	16.00	12.08	23L	23M		7
					26			
					29M	23H		6
					31			
28	H	1	4.00	7.68				
29	M	3	12.00	7.00	26	23M		5
					28M			
					29M			
					31			
31		3	12.00	1.90	23M	23M		4
34	L	1	4.00	5.86				
					23M	23M		3
36	L	4	16.00	4.04				
					23H	23H		2
					26	26		1
					29M	22H		
					31	28H		
					34L	36L		
					1	2		

**Tabla 26***Cálculo del índice de condición de pavimento PCI para la UM-02*

<b>Valor deducido más alto (HDVi)</b>	<b>:</b>	<b>59.08</b>	
<b>Número máximo admisible de valores deducidos (mi)</b>	<b>:</b>	<b>4.76</b>	
<b>Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)</b>	<b>:</b>	<b>4.00</b>	<b>mi=1+ (9/98) (100-HDVi)</b>
<b>La parte fraccionaria se considera como valor deducido si &gt;2(q)</b>	<b>:</b>	<b>7.46</b>	
<b>Número de Valores deducidos &gt;2(q)</b>	<b>:</b>	<b>5.00</b>	

**CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

<b>ITEM</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>TOTAL</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	59.08	43.76	12.08	11.56	7.46	133.94	5	70.50	
2	59.08	43.76	12.08	43.76	2.00	160.68	4	85.57	
3	59.08	43.76	12.08	2.00	2.00	118.92	3	72.81	
4	59.08	43.76	2.00	2.00	2.00	108.84	2	74.22	
5	59.08	2.00	2.00	2.00	2.00	67.08	1	64.16	

**Max. CDV: 85.57****PCI= 100- Max.CDV****PCI = 14.43****CLASIFICACIÓN: MUY MALO**

**Tabla 27** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-03

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO									
ENCUESTADO POR :		FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA : 02/05/2023					
UNIDAD MUESTRAL :		UM-03		PROG. INICIAL:				0+000.00	
N° DE LOSAS DE MUESTREO :		20		PROG. FINAL :		0+034.20			
TIPO DE DAÑO									
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)			31.AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)						
22.FISURA DE ESQUINA (Corner Break)			32.POPOUTS						
23.LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)			33.BOMBEO (Pumping)						
24.FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)			34.PUNZONAMIENTO (Punchout)						
25.ESCALONAMIENTO (Faulting)			35.CRUCES DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)						
26.DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)			36.DESCASCAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)						
27.DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)			37.FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)						
28.FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)			38.DESCASCAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)						
29.PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)			39.DESCASCAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)						
30.PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	BOSQUEJO:				
26		20	100	2.00	26 36L	26 36L	10		
36	L	20	100	11.70	26 36L	26 36L	9		
					26 36L	26 36L	8		
					26 36L	26 36L	7		
					26 36L	26 36L	6		
					26 36L	26 36L	5		
					26 36L	26 36L	4		
					26 36L	26 36L	3		
					26 36L	26 36L	2		
					26 36L	26 36L	1		
					1	2			

**Tabla 28***Cálculo del índice de condición de pavimento UM-03*

Valor deducido más alto (HDVi)	:	11.70	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)	:	9.11	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	:	9.00	mi=1+ (9/98) (100-HDVi)
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si >2(q)	:	0.22	
Número de Valores deducidos >2(q)	:	1.00	

**CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

ITEM	VALORES DEDUCIDOS		TOTAL	q	CDV
1	11.70	2.00	13.70	1	13.70

Max. CDV : 13.70

PCI= 100 - Max.CDV

PCI = 86.30

**CLASIFICACIÓN: EXCELENTE**

**Tabla 29** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-04

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO									
ENCUESTADO POR :	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN			FECHA :				02/05/2023	
UNIDAD MUESTRAL :	UM-04	PROG. INICIAL:	0+034.20						
N° DE LOSAS DE MUESTREO :	18	PROG. FINAL :	0+065.40						
TIPO DE DAÑO									
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31.AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)							
22.FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32.POPOUTS							
23.LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33.BOMBEO (Pumping)							
24.FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34.PUNZONAMIENTO (Punchout)							
25.ESCALONAMIENTO (Faulting)		35.CRUCES DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)							
26.DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36.DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)							
27.DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37.FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)							
28.FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38.DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)							
29.PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39.DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)							
30.PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	BOSQUEJO:				
26		18	100.00	2.00	26 31 36L	26 31 36L	9		
31		6	33.33	5.70	26 31 36L	26 31 36L	8		
36	L	18	100.00	11.70	26 31 36L	26 31 36L	7		
					26 36L	26 36L	6		
					26 36L	26 36L	5		
					26 36L	26 36L	4		
					26 36L	26 36L	3		
					26 36L	26 36L	2		
					26 36L	26 36L	1		
					1	2			

Tabla 30

Cálculo del índice de condición de pavimento UM-04

Valor deducido más alto (HDVi)	:	11.70	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)	:	9.11	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	:	9.00	mi=1+ (9/98) (100-HDVi)
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si >2(q)	:	0.22	
Número de Valores deducidos >2(q)	:	2.00	

## CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

ITEM	VALORES DEDUCIDOS		TOTAL	q	CDV	
1	11.70	5.70	2.00	19.40	2	15.04
2	11.70	2.00		13.70	1	10.74

Max. CDV : 15.04

PCI= 100- Max.CDV

PCI = 84.96

CLASIFICACIÓN: MUY BUENO

**Tabla 31** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-05

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO									
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN			FECHA : 02/05/2023					
UNIDAD MUESTRAL :	UM-05	PROG. INICIAL :	0+000.00						
N° DE LOSAS DE MUESTREO :	12	PROG. FINAL :	0+019.95						
TIPO DE DAÑO									
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)							
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32. POPOUTS							
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33. BOMBEO (Pumping)							
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34. PUNZONAMIENTO (Punchout)							
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)		35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)							
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36. DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)							
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)							
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)							
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)							
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
26		12	100	2.00	26 31 36L	26 31 36L	6		
31		12	100	9.70	26 31 36L	26 31 36L	5		
36	L	12	100	11.70	26 31 36L	26 31 36L	4		
					26 31 36L	26 31 36L	3		
					26 31 36L	26 31 36L	2		
					26 31 36L	26 31 36L	1		
					1	2			



**Tabla 33** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-06

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO									
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN			FECHA :				02/05/2023	
UNIDAD MUESTRAL :	UM-06	PROG. INICIAL:	0+000.00						
N° DE LOSAS DE MUESTREO :	20	PROG. FINAL :	0+032.00						
TIPO DE DAÑO					BOSQUEJO:				
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)							
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32. POPOUTS							
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33. BOMBEO (Pumping)							
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34. PUNZONAMIENTO (Punchout)							
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)		35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)							
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36. DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)							
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)							
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)							
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)							
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
36	L	20	100	11.70	36L	36L	10		
					36L	36L	9		
					36L	36L	8		
					36L	36L	7		
					36L	36L	6		
					36L	36L	5		
					36L	36L	4		
					36L	36L	3		
					36L	36L	2		
					36L	36L	1		
					1	2			

**Tabla 34***Cálculo del índice de condición de pavimento UM-06*

<b>Valor deducido más alto (HDVi)</b>	<b>:</b>	<b>11.70</b>	
<b>Número máximo admisible de valores deducidos (mi)</b>	<b>:</b>	<b>9.11</b>	
<b>Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)</b>	<b>:</b>	<b>9.00</b>	<b>mi=1+ (9/98) (100-HDVi)</b>
<b>La parte fraccionaria se considera como valor deducido si &gt;2(q)</b>	<b>:</b>	<b>0.00</b>	
<b>Número de Valores deducidos &gt;2(q)</b>	<b>:</b>	<b>1.00</b>	

**CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

<b>ITEM</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	11.70	11.70	1	11.70

**Max. CDV : 11.70****PCI= 100- Max.CDV****PCI = 88.30****CLASIFICACIÓN: EXCELENTE**

**Tabla 35** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-07

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA								
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PCI PARA SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO								
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA :	02/05/2023				
UNIDAD MUESTRAL :	UM-07		PROG. INICIAL:	0+032.00				
Nº DE LOSAS DE MUESTREO :	20		PROG. FINAL :	0+064.00				
TIPO DE DAÑO					BOSQUEJO:			
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31.AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)						
22.FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32.POPOUTS						
23.LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33.BOMBEO (Pumping)						
24.FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34.PUNZONAMIENTO (Punchout)						
25.ESCALONAMIENTO (Faulting)		35.CRUCO DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)						
26.DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36.DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)						
27.DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37.FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)						
28.FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38.DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)						
29.PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39.DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)						
30.PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)								
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	Nº LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO				
36	L	20	100	11.7	36L	36L	10	
					36L	36L	9	
					36L	36L	8	
					36L	36L	7	
					36L	36L	6	
					36L	36L	5	
					36L	36L	4	
					36L	36L	3	
					36L	36L	2	
					36L	36L	1	
					1	2		

Tabla 36

Cálculo del índice de condición de pavimento UM-07

Valor deducido más alto (HDVi)	:	11.70	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)	:	9.11	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	:	9.00	$mi=1+ (9/98) (100-HDVi)$
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si $>2(q)$	:	0.00	
Número de Valores deducidos $>2(q)$	:	1.00	

## CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

ITEM	VALORES DEDUCIDOS	TOTAL	q	CDV
1	11.70	11.70	1	11.70

Max. CDV: 11.70

PCI= 100- Max.CDV

PCI = 88.30

CLASIFICACIÓN: EXCELENTE

**Tabla 37** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-08

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE DATOS DEL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO									
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA	: 02/05/2023					
UNIDAD MUESTRAL	UM-08		PROG. INICIAL	: 0+064.00					
N° DE LOSAS DE MUESTREO	18		PROG. FINAL	: 0+092.80					
TIPO DE DAÑO					BOSQUEJO:				
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)			31.AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)						
22.FISURA DE ESQUINA (Corner Break)			32.POPOUTS						
23.LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)			33.BOMBEO (Pumping)						
24.FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)			34.PUNZONAMIENTO (Punchout)						
25.ESCALONAMIENTO (Faulting)			35.CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)						
26.DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)			36.DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)						
27.DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)			37.FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)						
28.FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)			38.DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)						
29.PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)			39.DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)						
30.PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
26		4	22.22	2.00	26 36L	26 36L	9		
36	L	18	100	11.70	26 36L	26 36L	8		
					36L	36L	7		
					36L	36L	6		
					36L	36L	5		
					36L	36L	4		
					36L	36L	3		
					36L	36L	2		
					36L	36L	1		
					1	2			

**Tabla 38***Cálculo del índice de condición de pavimento UM-08*

<b>Valor deducido más alto (HDVi)</b>	<b>:</b>	<b>11.70</b>	
<b>Número máximo admisible de valores deducidos (mi)</b>	<b>:</b>	<b>9.11</b>	
<b>Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)</b>	<b>:</b>	<b>9.00</b>	<b>mi=1+ (9/98) (100-HDVi)</b>
<b>La parte fraccionaria se considera como valor deducido si &gt;2(q)</b>	<b>:</b>	<b>0.00</b>	
<b>Número de Valores deducidos &gt;2(q)</b>	<b>:</b>	<b>1.00</b>	

**CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

<b>ITEM</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>		<b>TOTAL</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	11.70	2.00	13.70	1	13.70

**Max. CDV: 13.70****PCI= 100- Max.CDV****PCI= 86.30****CLASIFICACIÓN: EXCELENTE**



Tabla 40

Cálculo del índice de condición de pavimento UM-09

Valor deducido más alto (HDVi)	:	65.10	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)	:	4.21	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	:	4.00	mi=1+ (9/98) (100-HDVi)
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si >2(q)	:	3.16	
Número de Valores deducidos >2(q)	:	5.00	

## CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

ITEM	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CDV
1	65.10	41.70	41.00	31.80	3.16	182.76	5	92.00
2	65.10	41.70	41.00	31.80	2.00	181.60	4	94.00
3	65.10	41.70	41.00	2.00	2.00	151.80	3	88.40
4	65.10	41.70	2.00	2.00	2.00	112.80	2	75.50
5	65.10	2.00	2.00	2.00	2.00	73.10	1	70.00

Max. CDV: 94.00

PCI= 100 - Max.CDV

PCI = 6.00

CLASIFICACIÓN: FALLADO

**Tabla 41** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE DATOS DEL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO									
ENCUESTADO POR:		FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA : 02/05/2023					
UNIDAD MUESTRAL :		UM-10		PROG. INICIAL: 0+048.00					
N° DE LOSAS DE MUESTREO :		18		PROG. FINAL : 0+094.48					
TIPO DE DAÑO									
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)			31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)						
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)			32. POPOUTS						
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)			33. BOMBEO (Pumping)						
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)			34. PUNZONAMIENTO (Punchout)						
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)			35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)						
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)			36. DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)						
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)			37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)						
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)			38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)						
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)			39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)						
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
22	M	1	5.56	8.02	23H	26 29M 31	9		
23	M	1	5.56	11.91	26 28M 29M 31	26 28L 29M 31	8		
23	H	4	22.22	52.92	26 29M 31	26 28M 29M 31	7		
26		13	72.22	8	26 29M 31 34L	26 29L 31	6		
28	L	1	5.56	3.5	23M	26 29L 31	5		
28	M	3	16.67	12.47	26 29M 31 34L	26 29L 31	4		
29	L	3	16.67	4.97	26 29M 31 34H	22M 34H 26 28M	3		
29	M	9	50.00	33.00	23H	23H	2		
31		13	72.22	8.49	26 29M 31 34H	23H	1		
34	L	2	11.11	16.08		1	2		
34	H	3	16.67	44.3					

**Tabla 42***Cálculo del índice de condición de pavimento UM-10*

Valor deducido más alto (HDVi)	:	52.92	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)	:	5.32	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	:	5.00	mi=1+ (9/98) (100-HDVi)
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si >2(q)	:	3.85	
Número de Valores deducidos >2(q)	:	6.00	

**CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

ITEM	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV
1	52.92	44.30	33.00	16.08	12.47	3.85	162.62	6	79.21
2	52.92	44.30	33.00	16.08	12.47	2.00	160.77	5	83.60
3	52.92	44.30	33.00	16.08	2.00	2.00	150.30	4	81.50
4	52.92	44.30	33.00	2.00	2.00	2.00	136.22	3	80.14
5	52.92	44.30	2.00	2.00	2.00	2.00	105.22	2	70.24
6	52.92	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	62.92	1	60.00

**Max. CDV: 83.60****PCI= 100- Max.CDV****PCI= 16.40****CLASIFICACIÓN: MUY MALO**

**Tabla 43** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-11

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE DATOS DEL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO									
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN		FECHA	: 02/05/2023					
UNIDAD MUESTRAL :	UM-11	PROG. INICIAL:	0+000.00						
Nº DE LOSAS DE MUESTREO :	16	PROG. FINAL :	0+040.30						
TIPO DE DAÑO									
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)			31.AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)						
22.FISURA DE ESQUINA (Corner Break)			32.POPOUTS						
23.LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)			33.BOMBEO (Pumping)						
24.FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)			34.PUNZONAMIENTO (Punchout)						
25.ESCALONAMIENTO (Faulting)			35.CRUCES DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)						
26.DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)			36.DESCASCAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)						
27.DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)			37.FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)						
28.FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)			38.DESCASCAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)						
29.PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)			39.DESCASCAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)						
30.PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	Nº LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
23	L	1	6.25	6.28	26 28H 29M 31	26 28H 29M 31	8		
23	H	3	18.75	48.4	26 28H 29M 31	26 28H 29M 31	7		
26		13	81.25	8	26 28H 29M 31	26 28M 29M 31	6		
28	M	7	43.75	25.58	23L 26 28M 29M	31 26 28M 29M 31	5		
28	H	5	31.25	35.43	26 34M 28M 29M	23H	4		
29	M	13	81.25	44.15	23H	26 28M 29M 31	3		
31		13	81.25	8.95	23H	26 28M 29M 31	2		
34	M	1	6.25	14.43	26 29M 31 34H	26 28M 29M 31	1		
34	H	1	6.25	19.65	1	2			

**Tabla 44***Cálculo del índice de condición de pavimento UM-11*

Valor deducido más alto (HDVi)	:	<b>48.40</b>	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)	:	<b>5.74</b>	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	:	<b>5.00</b>	<b>mi=1+ (9/98) (100-HDVi)</b>
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si >2(q)	:	<b>10.66</b>	
Número de Valores deducidos >2(q)	:	<b>6.00</b>	

**CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

ITEM	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV
1	48.40	44.15	35.43	25.58	19.65	10.66	183.87	6	86.00
2	48.40	44.15	35.43	25.58	19.65	2.00	175.21	5	88.20
3	48.40	44.15	35.43	25.58	2.00	2.00	157.56	4	83.55
4	48.40	44.15	35.43	2.00	2.00	2.00	133.98	3	78.90
5	48.40	44.15	2.00	2.00	2.00	2.00	100.55	2	70.00
6	48.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	58.40	1	56.80

**Max. CDV: 88.20****PCI= 100- Max.CDV****PCI= 11.80****CLASIFICACIÓN: MUY MALO**

**Tabla 45** Registro de fallas y cálculo del valor deducido en la UM-12

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
HOJA DE DATOS DEL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO									
ENCUESTADO POR:	FRANKLIN REGALADO CARRIÓN			FECHA :				02/05/2023	
UNIDAD MUESTRAL :	UM-12	PROG. INICIAL:	0+040.30						
N° DE LOSAS DE MUESTREO :	14	PROG. FINAL :	0+071.61						
TIPO DE DAÑO									
21. LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)		31. AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)							
22. FISURA DE ESQUINA (Corner Break)		32. POPOUTS							
23. LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)		33. BOMBEO (Pumping)							
24. FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)		34. PUNZONAMIENTO (Punchout)							
25. ESCALONAMIENTO (Faulting)		35. CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)							
26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)		36. DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)							
27. DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)		37. FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)							
28. FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)		38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)							
29. PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)		39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)							
30. PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)									
CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
22	M	1	7.14	10.32	26 31 36L	26 31 36L	7		
23	L	1	7.14	7.11	23H	26 28M 29M 31 34M	6		
23	H	3	21.43	51.99	23H	26 28M 29M 31 34M	5		
26		11	78.57	8	23H	26 28M 29M 31	4		
28	L	1	7.14	4.36	23L 26 28M 29M	31 26 28M 29M 31	3		
28	M	8	57.14	29.36	26 28M 29M 31	22M 31 26 28M 29M	2		
29	M	9	64.29	38.74	26 28M 29M 31	26 28L 29M 31	1		
31		11	78.57	8.81	1	2			
34	M	2	14.29	30.97					
36	L	2	14.29	3.56					

Tabla 46

Cálculo del índice de condición de pavimento UM-12

Valor deducido más alto (HDVi)		
:	51.99	
Número máximo admisible de valores deducidos (mi)		
:	5.41	
Redondeo al menor número entero Max. admisible de valores deducidos (mi)	5.00	
:		mi=1+ (9/98) (100-HDVi)
La parte fraccionaria se considera como valor deducido si >2(q)		
:	3.60	
Número de Valores deducidos >2(q)		
:	6.00	

## CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

ITEM	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV
1	51.99	38.74	30.97	29.36	10.32	3.60	164.98	6	79.40
2	51.99	38.74	30.97	29.36	10.32	2.00	163.38	5	84.00
3	51.99	38.74	30.97	29.36	2.00	2.00	155.06	4	81.55
4	51.99	38.74	30.97	2.00	2.00	2.00	127.70	3	76.65
5	51.99	38.74	2.00	2.00	2.00	2.00	98.73	2	68.60
6	51.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	61.99	1	60.00

Max. CDV: 84.00

PCI= 100- Max.CDV

PCI= 16.00

CLASIFICACIÓN: MUY MALO

**4.1.2.5.2 Resumen de resultados de las unidades de muestreo calculadas por el método PCI**

**Tabla 47** Resumen de los resultados obtenidos por unidad de muestreo:

Calle	N° Cuadra	Descripción	Progresiva (m)		Total, de losas evaluadas de cada UM	PCI	Clasificación
			Inicio	Fin			
Zarumilla	13	UM-01	0+000.00	0+053.50	24	39.53	Malo
		UM-02	0+053.50	0+110.85	25	14.43	Muy malo
	14	UM-03	0+000.00	0+034.20	20	86.30	Excelente
		UM-04	0+034.20	0+065.40	18	84.96	Muy bueno
	15	UM-05	0+000.00	0+019.95	12	84.00	Muy bueno
		UM-06	0+000.00	0+032.00	20	88.30	Excelente
	16	UM-07	0+032.00	0+064.00	20	88.30	Excelente
		UM-08	0+064.00	0+092.80	18	86.30	Excelente
	17	UM-09	0+000.00	0+048.80	20	6.00	Fallado
		UM-10	0+048.00	0+094.48	18	16.40	Muy malo
	18	UM-11	0+000.00	0+040.30	16	11.80	Muy malo
		UM-12	0+040.30	0+071.61	14	16.00	Muy malo

**Tabla 48** Resumen de los resultados obtenidos por cuadras que conforman el tramo:

Calle	N° Cuadra	Unidades de muestreo	PCI	Clasificación
Zarumilla	C-13	UM-01; UM-02	26.98	Malo
	C-14	UM-03; UM-04	85.63	Excelente
	C-15	UM-05	84.00	Muy bueno
	C-16	UM-06; UM-07; UM-08	87.63	Excelente
	C-17	UM-09; UM-10	11.20	Muy malo
	C-18	UM-11; UM-12	13.90	Muy malo

**De acuerdo a la tabla 47 el PCI promedio es de 51.56 el cual se clasifica como un pavimento regular.**

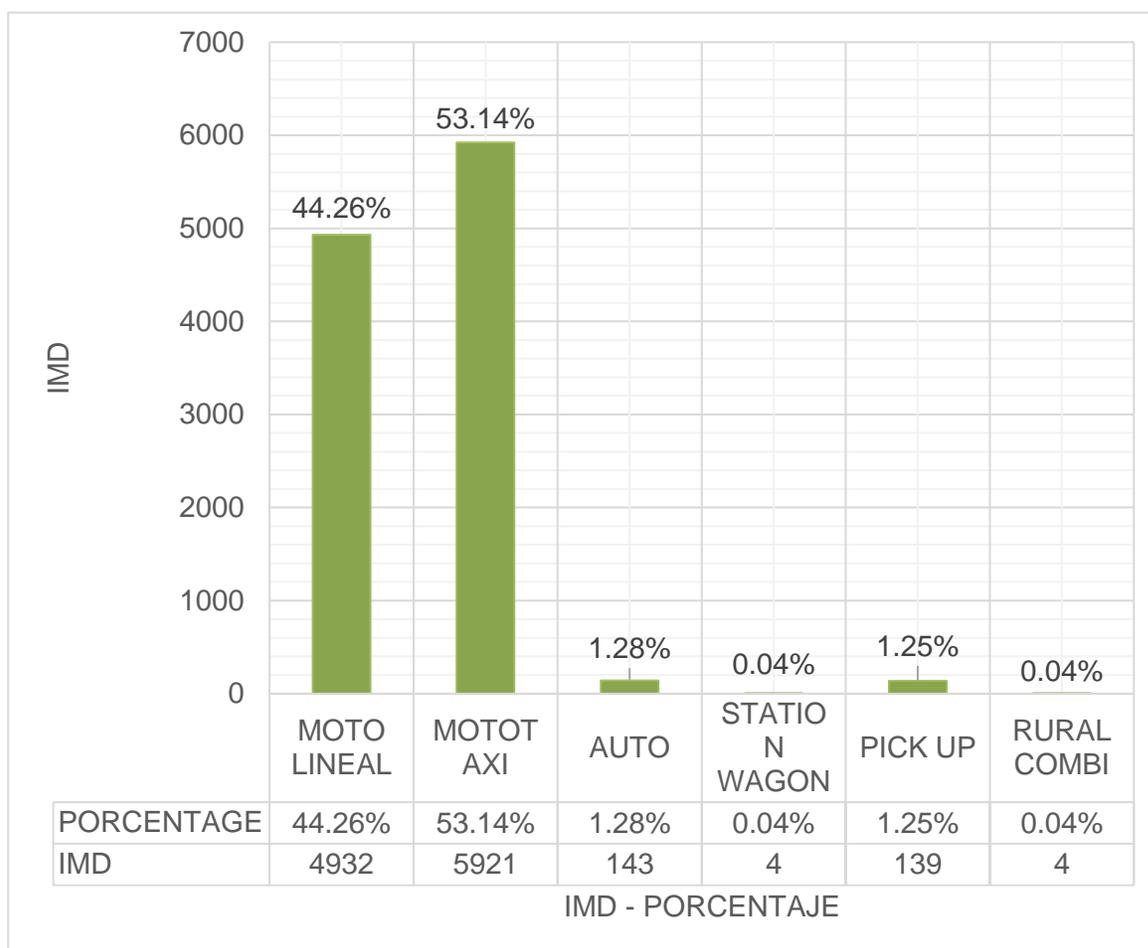
## 4.2 Análisis e interpretación y discusión de resultados

### 4.2.1 Análisis e interpretación

#### ➤ Análisis del estudio de tránsito:

Se realizó el estudio de tránsito en la calle zarumilla obteniendo un IMD de 11,143 veh/día el cual está constituido según la figura 77.

**Figura 77** Porcentaje del IMD en la calle zarumilla



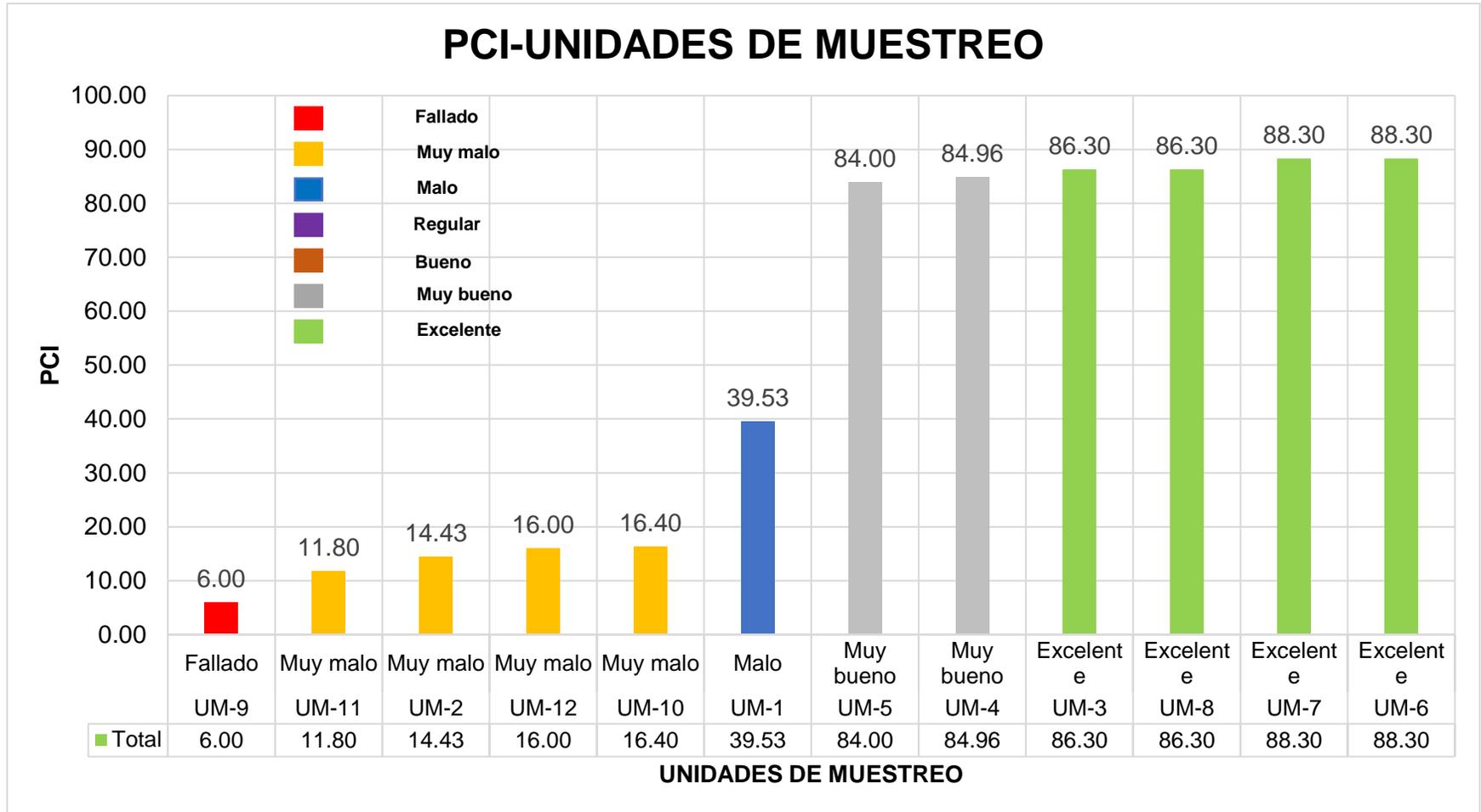
➤ **Análisis por el método PCI del tramo seleccionado**

Se realizó el análisis del estado actual de un tramo de la calle zarumilla desde la cuadra N° 13 hasta la N°18 con un total de 225 losas de concreto rígido, para este análisis se aplicó la metodología del PCI. El tramo evaluado se dividió en (12) doce unidades de muestreo, cada UM presentan losas que tienen las características físicas semejantes, obteniendo así resultados más exactos a la realidad.

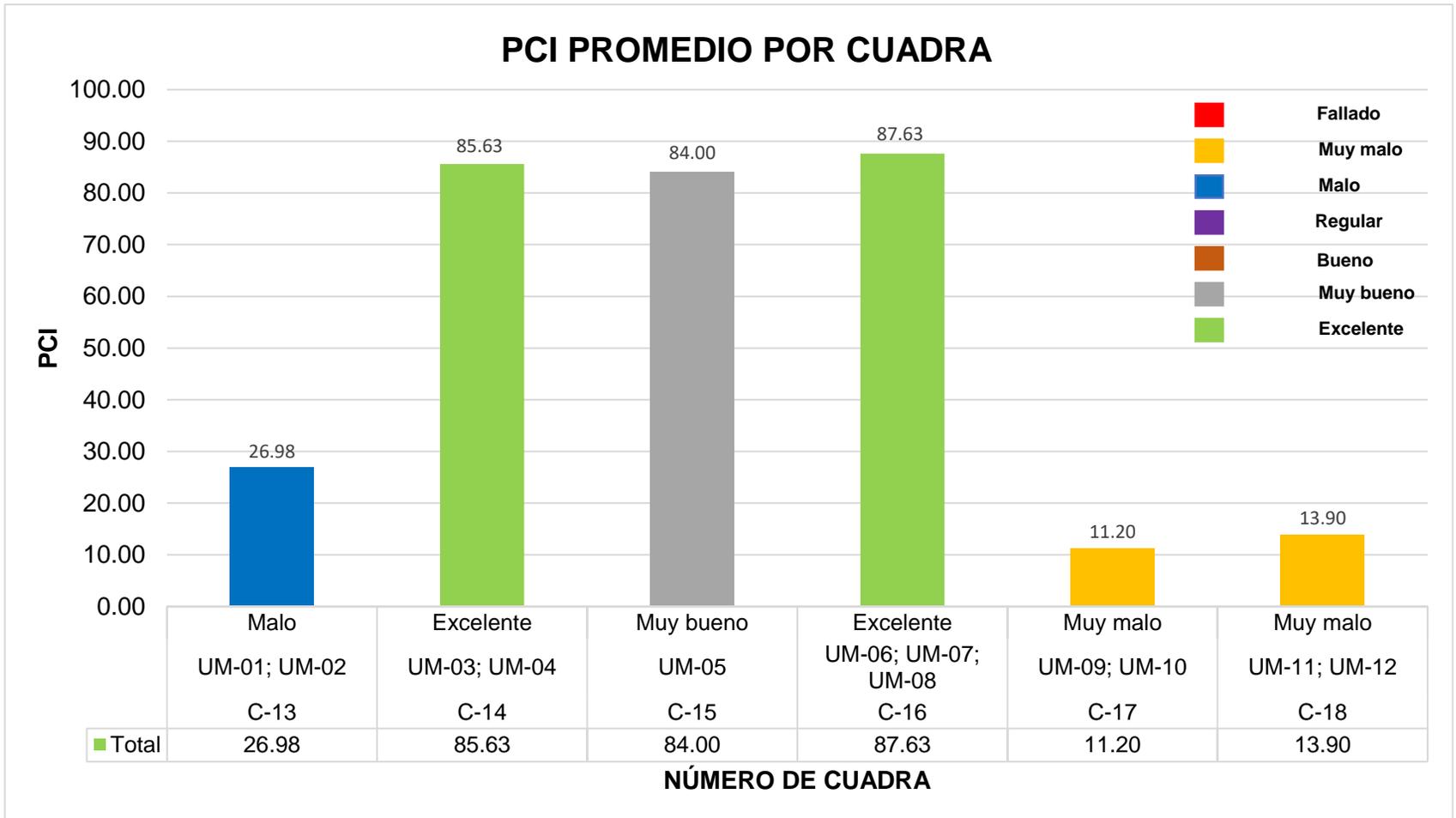
Del análisis obtuvimos que la UM-09 presenta la clasificación más baja y la UM-06, UM-07 presentan una clasificación más alta según el método PCI. (fig.78).

De las cuadras analizadas por el método PCI se determinó que las cuadras N° 17 y 18 se encuentran en pésimas condiciones presentando clasificaciones muy malas y la cuadra N°14 y 16 que están en mejores condiciones presentan una clasificación excelente. (fig.79).

Figura 78 Gráfico del PCI por unidades de muestreo (UM)



**Figura 79** Gráfico del PCI promedio por cuadra



#### **4.2.2 *Discusión de resultados***

- El PCI promedio calculado del tramo evaluado en la calle Zarumilla es de 51.56 clasificándose como un pavimento regular, esto se debe a que la Cuadra N°: 13, 17 y 18 son pavimentos antiguos con más de 20 años de servicio; mientras que las cuadras N°: 14, 15, 16 se trata de un pavimento nuevo menor a 10 años.
  
- De los formatos de evaluación se aprecia que los daños más comunes en las losas de concreto rígido son: 22. fisura de esquina (corner break), debido a la deformación que causa el alabeo los bordes de la losa se levantan, quedando sin soporte y agrietándose al aplicar cargas ; 23. losa dividida (divided slab), se produce debido a una base de soporte inapropiada; 26. daño en el sello de la junta (joint seal damage), se produce debido desprendimiento del sellante quedando expuesta a la acumulación de material e infiltración de agua; 28. fisuras lineales: fisuras longitudinales, transversales y diagonales (linear cracking), se produce a causa de las frecuentes cargas generados por los vehículos que circulan por la carretera; 29. parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios (área mayor a 0.5m<sup>2</sup>) (large patching and utility cuts), se produce debido a que la empresa Cobra realizó trabajos de cambio de la red de agua y desagüe, lo que implicó remover secciones del pavimento y reemplazarlas por nuevas; 31. agregado pulido (polished aggregate), se produce por repetidas cargas del tráfico y la fricción de los neumáticos de los vehículos con la capa de rodadura; 36. descascamiento, mapa de fisuras, craquelado (scaling, map cracking, and crazing), se producen por una mala ejecución del proceso constructivo y utilización de materiales inadecuados para la construcción.

➤ Los resultados determinados coinciden con los resultados de la Investigación de: **Solano, B. (2014)**. Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el jirón Junín de la ciudad de Jaén- Cajamarca, nos demuestra que las fallas más frecuentes son grietas longitudinales de severidad grave, grietas transversales de severidad moderada, grietas de bloque de severidad moderada, daño del sello de la junta de severidad moderada y grave, y parche grande de severidad moderada.

#### **4.3 Contratación de hipótesis**

La hipótesis menciona que el estado actual del pavimento rígido es malo y de acuerdo a los estudios realizados se tiene que es regular, por lo tanto, la hipótesis planteada queda como invalidada.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El PCI obtenido en la calle zarumilla entre las cuadras N° 13 y 18 es de 51.56, que corresponde a un pavimento regular.
  
- Se realizó el levantamiento topográfico del tramo de estudio según el plano de la figura 83.
  
- Del estudio de tránsito, tiene un IMD de 11,143 veh/día según el cálculo de la tabla 17.
  
- Los daños existentes con mayor representatividad, son de severidad media (M) y alta (H) son: 22. fisura de esquina (corner break), 23. losa dividida (divided slab), 26. daño en el sello de la junta (joint seal damage), 28. fisuras lineales: fisuras longitudinales, transversales y diagonales (linear cracking), 29. parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios (área mayor a 0.5m<sup>2</sup>) (large patching and utility cuts), 31. agregado pulido (polished aggregate), 36. descascaramiento, mapa de fisuras, craquelado (scaling, map cracking, and crazing).
  
- El PCI para las cuadras N° 17 y 18 son clasificadas como pavimentos muy malos, la cuadra N° 13 corresponde a un pavimento malo, la cuadra N° 15 muy bueno y las cuadras N° 14 y 16 se encuentran en excelentes condiciones.

- De los resultados obtenidos se plantean las siguientes alternativas de solución:
- Para las cuadras N°:13, 17 y 18 que presentan más del 50% de las losas daños medios y severos y de características físicas similares como: 22. fisura de esquina (corner break), 23. losa dividida (divided slab), 28. fisuras lineales: fisuras longitudinales, transversales y diagonales (linear cracking), 29. parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios (área mayor a 0.5m<sup>2</sup>) (large patching and utility cuts), 31. agregado pulido (polished aggregate), se recomienda el remplazo de las losas previamente realizando el mejoramiento de la subrasante con over de 6".
  - Para las cuadras N°:14, 15 y 16 que presentan el 48% de las losas daños leves como: 26. daño en el sello de la junta (joint seal damage), 31. agregado pulido (polished aggregate), 36. descascaramiento, mapa de fisuras, craquelado (scaling, map cracking, and crazing), se recomienda sellado de juntas con materiales elastómeros y cepillado superficial para alargar la vida útil del pavimento.

## Recomendaciones

- Se recomienda a las autoridades de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén, se implemente de equipos y laboratorios para ser facilitados a los tesisistas.
- Se coordine con las autoridades responsables para brindar apoyo con la logística necesaria para los estudios de investigación.
- Para la recolección de datos de campo se debe tener en cuenta los equipos y medidas de seguridad (cascos, chalecos, cintas de seguridad), ya que la calle presenta un alto nivel de flujo vehicular.
- Se recomienda hacer estudios complementarios como la estructuración del pavimento, para determinar las causas que originan el deterioro de la vía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aashto (1993). *Diseño de estructuras de pavimentos*.

Asenjo, D. (2016). "*Evaluación del estado del pavimento rígido en la avenida mariscal castilla, mediante la metodología del pci - jaén 2016*" [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Chuquimango, J. (2019). "*Método del índice de condición del pavimento para el análisis superficial del estado actual del pavimento rígido en la avenida la paz de la cuadra 05 a la cuadra 11 de la provincia de Cajamarca*" [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Fernanda, L. Mora, M. (2021). "*Evaluación funcional del pavimento de la diagonal 8 y la avenida el peñón desde la calle 40 hasta la calle 48 del Municipio de Girardot, mediante la metodología PCI*" [Tesis de pregrado]. Universidad Piloto de Colombia.

Manual PCI ASTM D 6433.

Mondragón, J. (2018, abril). "*Evaluación del Índice de condición del pavimento rígido en la calle Mariscal Ureta cuadras 12, 13, y 14 de la ciudad de Jaén- Cajamarca*" [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca.

Puga, C. (2018). "*Evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca)*" [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca

Quinde, J. (2013). **"Evaluación del estado actual del pavimento rígido de la calle las begonias de la urbanización las flores de la ciudad de Jaén"**. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca “.

Solano, B. (2014). **"Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el jirón Junín de la ciudad de Jaén- Cajamarca"** [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Urrunaga, E. (2020). **"Evaluación superficial del pavimento rígido de las vías de acceso vehicular por el método PCI de la localidad de Ichocán – Provincia de San Marcos - Departamento de Cajamarca"** [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego.

Vásquez, L. (2002). **Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y rígidos en carreteras.**

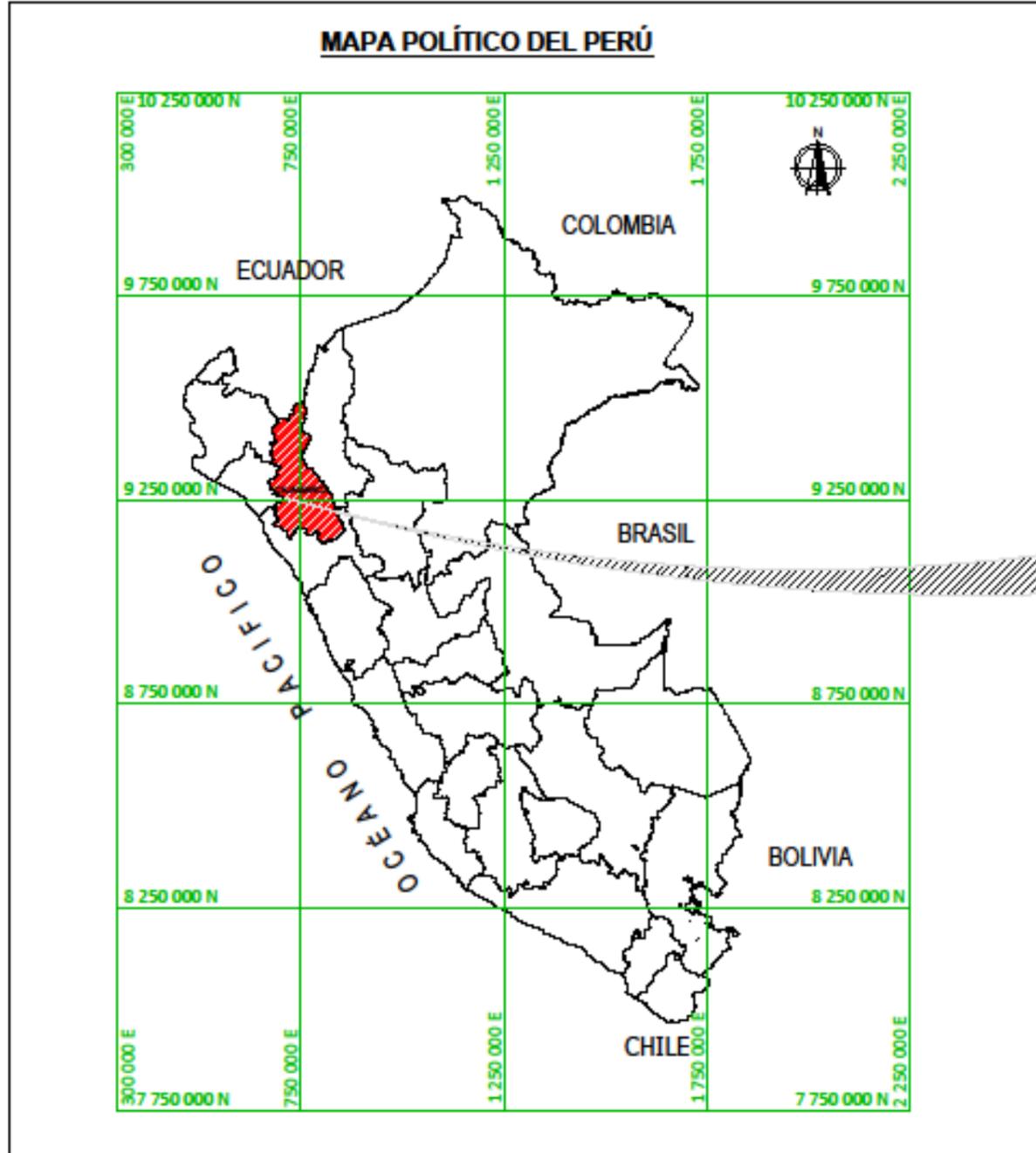
Zamarripa, M. (2010). **Apuntes de topografía.**

APÉNDICE:

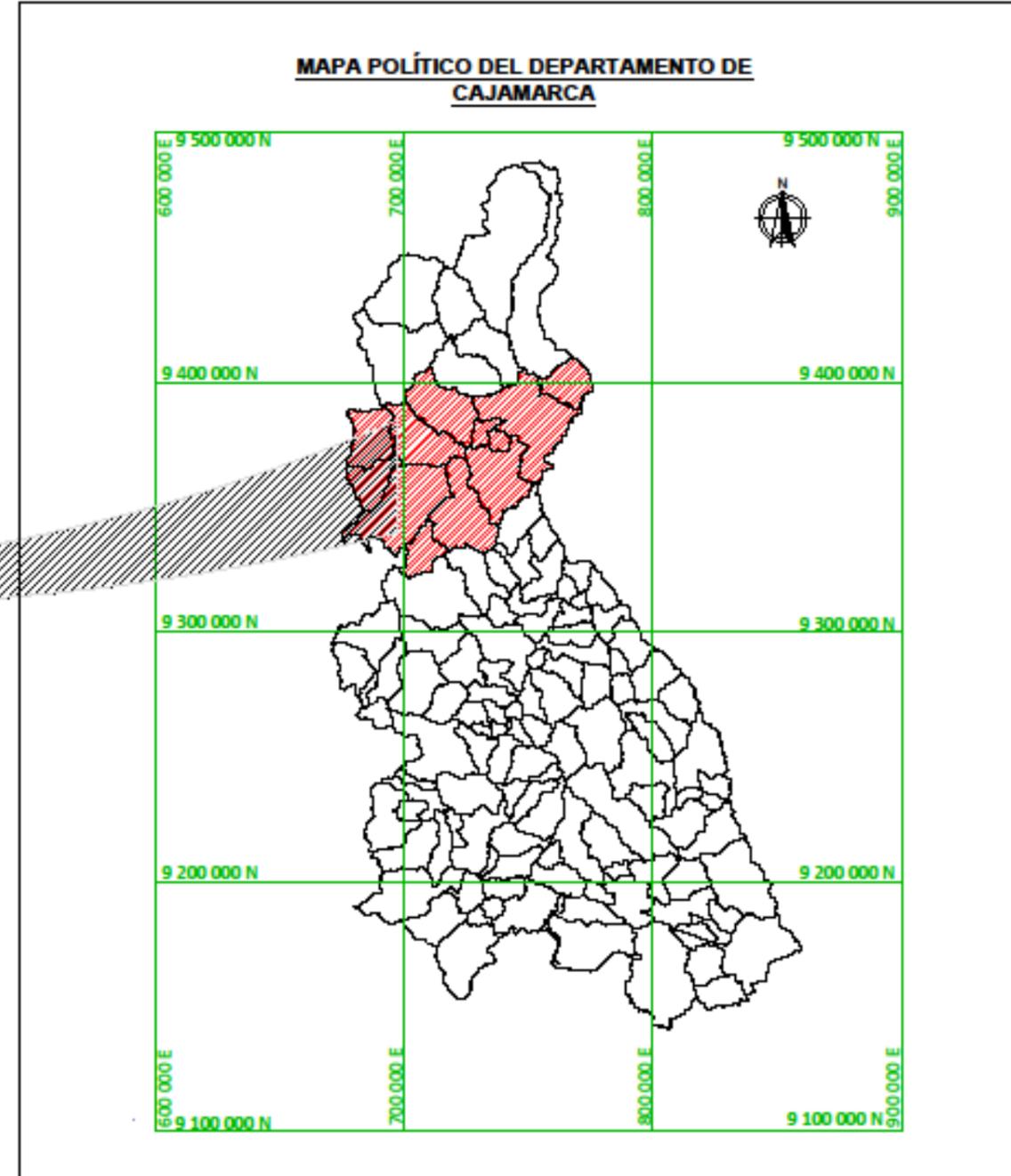
APÉNDICE 1: PLANOS

Plano de ubicación U-01

Figura 80



ESCALA GRÁFICA:  
0 150000 300000 m  
1:1500000



ESCALA GRÁFICA:  
0 25000 50000 m  
1:250000



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

TESIS:  
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

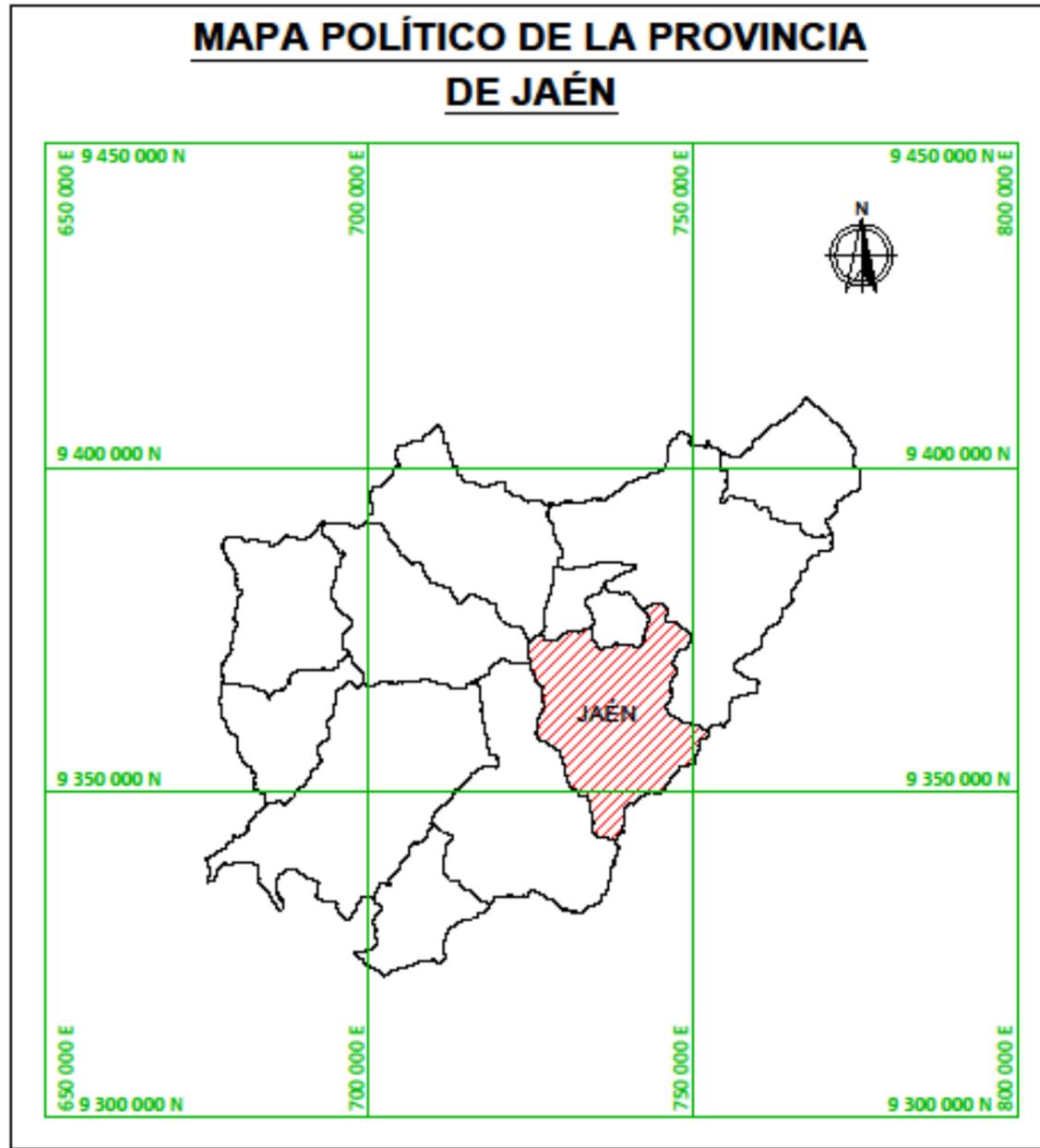
ASESOR:  
MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
TESISTA:  
Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
UBICACIÓN  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
NOVIEMBRE 2023

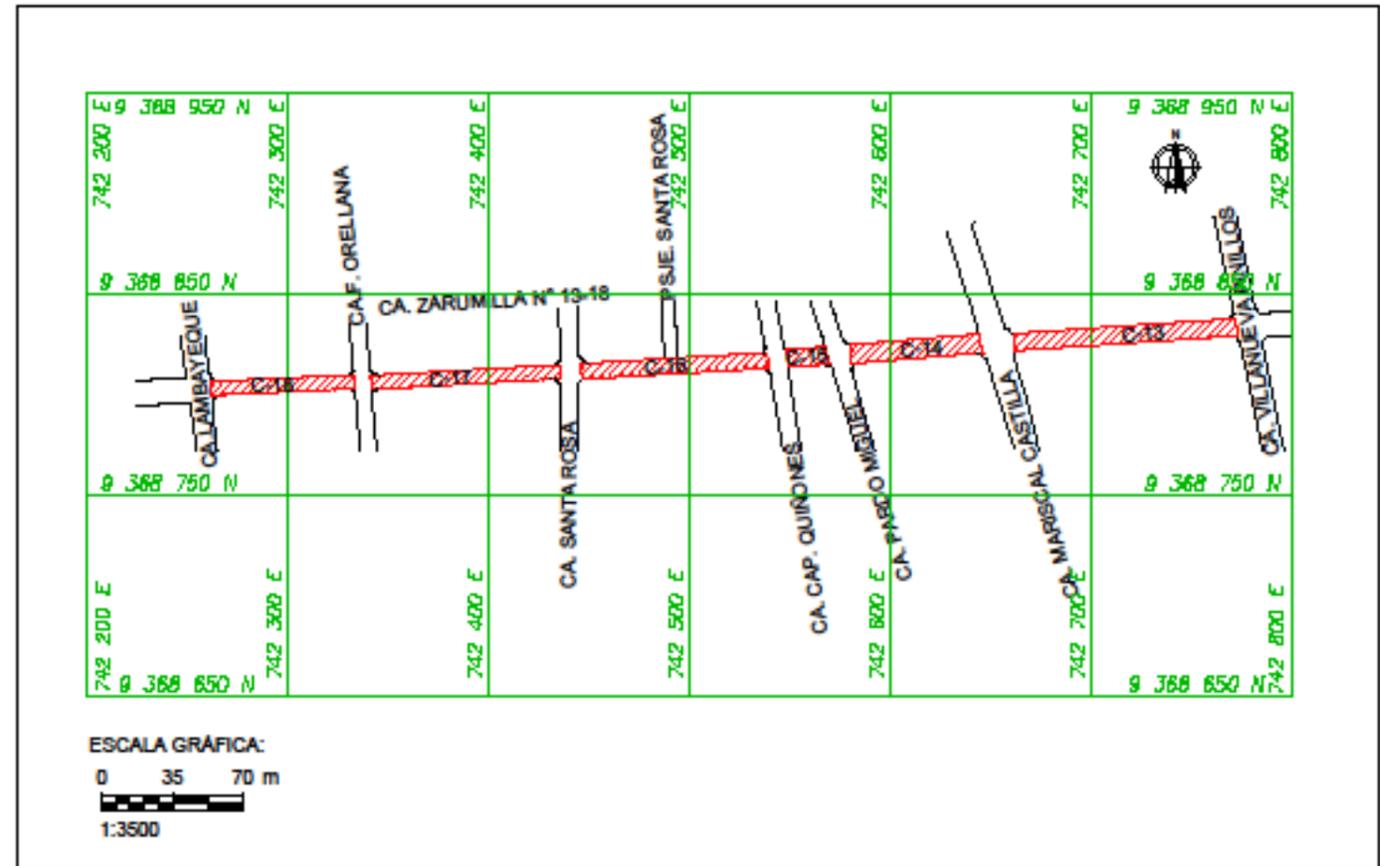
LAMINA Nº  
U-01

Figura 81

Plano de ubicación U-02



ESCALA GRÁFICA:  
 0 10000 20000 m  
 1:1000000



ESCALA GRÁFICA:  
 0 35 70 m  
 1:3500

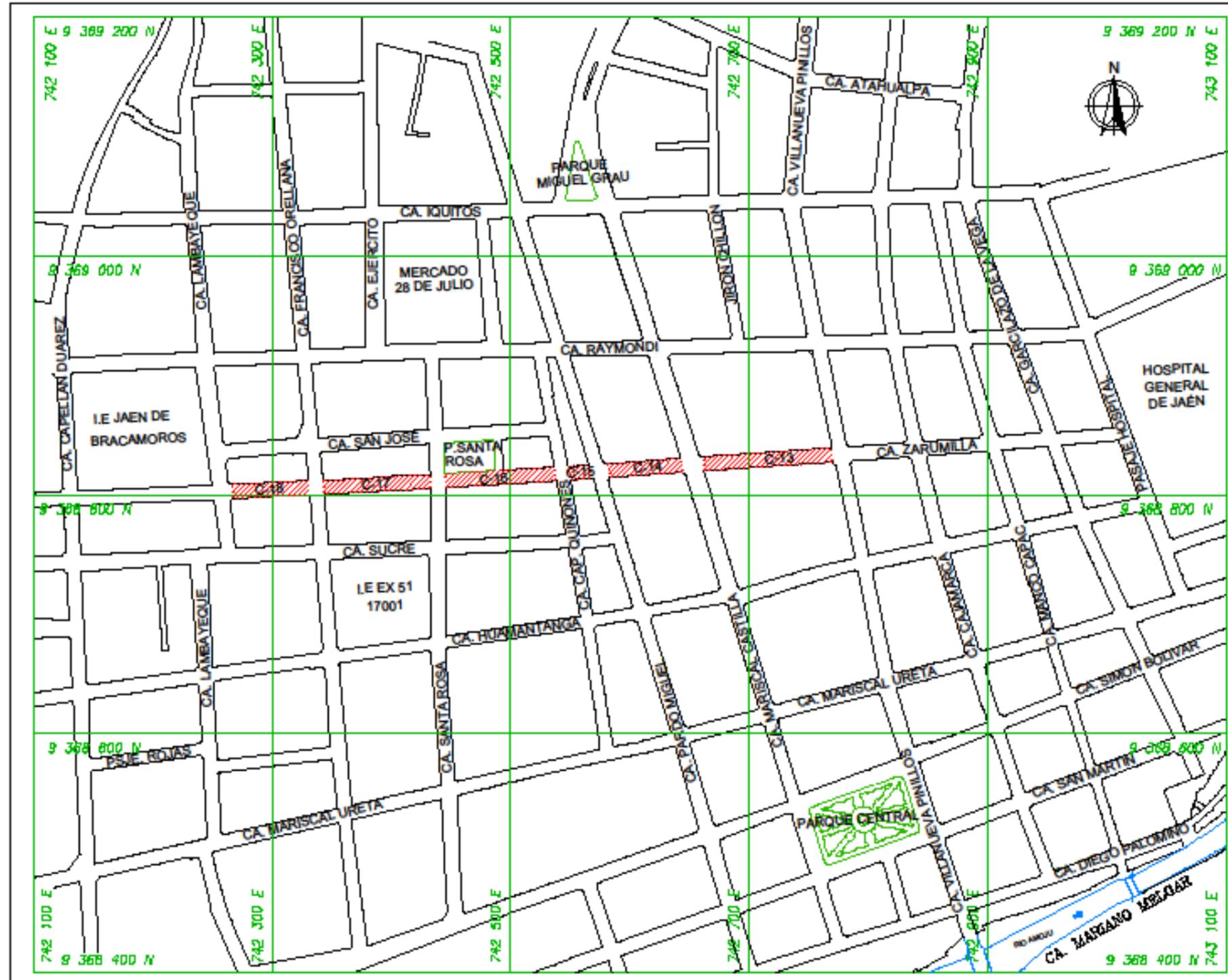
N° CUADRA	PUNTO	COORDENADAS UTM SISTEMA GEODÉSICO: WGS84 ZONA: 17 M		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		NORTE (m)	ESTE (m)	LATITUD	LONGITUD
C13	INICIAL	9368833.01	742772.44	5°42'21.59"S	78°48'28.81"W
C18	FINAL	9368802.75	742261.74	5°42'22.64"S	78°48'45.40"W

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VÍAS
	ÁREA DE ESTUDIO

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA                  FACULTAD DE INGENIERIA                  ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESIS:                  EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.</p>	<p>ASESOR:                  MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ</p>	<p>PLANO:                  UBICACIÓN</p>		<p>LAMINA N°                  U-02</p>
		<p>TESISTA:                  Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN</p>	<p>ESCALA:                  INDICADA</p>	<p>FECHA:                  NOVIEMBRE 2023</p>	

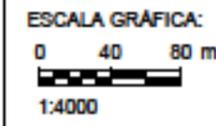
Figura 82

Plano de localización U-01



N° CUADRA	PUNTO	COORDENADAS UTM SISTEMA GEODÉSICO: WGS84 ZONA: 17 M		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		NORTE (m)	ESTE (m)	LATITUD	LONGITUD
C13	INICIAL	9368833.01	742772.44	5°42'21.59"S	78°48'28.81"W
C18	FINAL	9368802.75	742261.74	5°42'22.64"S	78°48'45.40"W

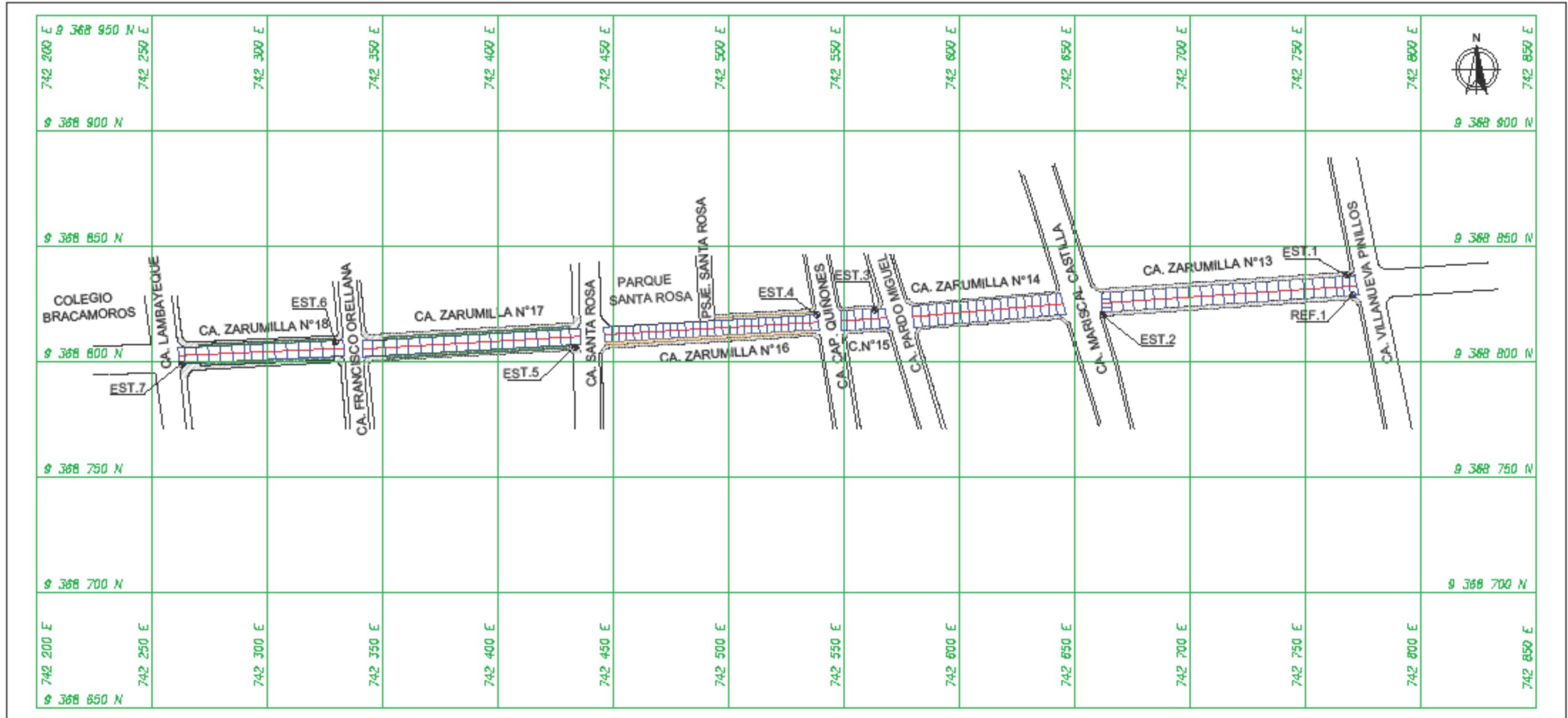
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VÍAS
	ÁREA DE ESTUDIO



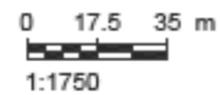
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA                  FACULTAD DE INGENIERIA                  ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESIS:                  EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.</p>	<p>ASESOR:                  MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ</p>	<p>PLANO:                  LOCALIZACIÓN</p>		<p>LAMINA N°                  L-01</p>
		<p>TESISTA:                  Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN</p>	<p>ESCALA:                  1/4000</p>	<p>FECHA:                  NOVIEMBRE 2023</p>	

Figura 83

Plano topográfico



ESCALA GRÁFICA:



LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	ÁREAS VERDES
	PAVIMENTO
	EJE DE VÍA
	ESTACIONES
	ÁREA DE PARQUEO

COORDENADAS UTM WGS84-17M		
DESCRIP.	ESTE (m)	NORTE (m)
EST.01	742787.98	9368837.62
EST.02	742662.18	9368820.43
EST.03	742563.44	9368822.58
EST.04	742538.25	9368820.48

COORDENADAS UTM WGS84-17M		
DESCRIP.	ESTE (m)	NORTE (m)
EST.05	742433.31	9368808.33
EST.06	742329.53	9368808.49
EST.07	742262.91	9368799.01
REF.D1	742770.83	9388828.82



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

TESIS:  
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

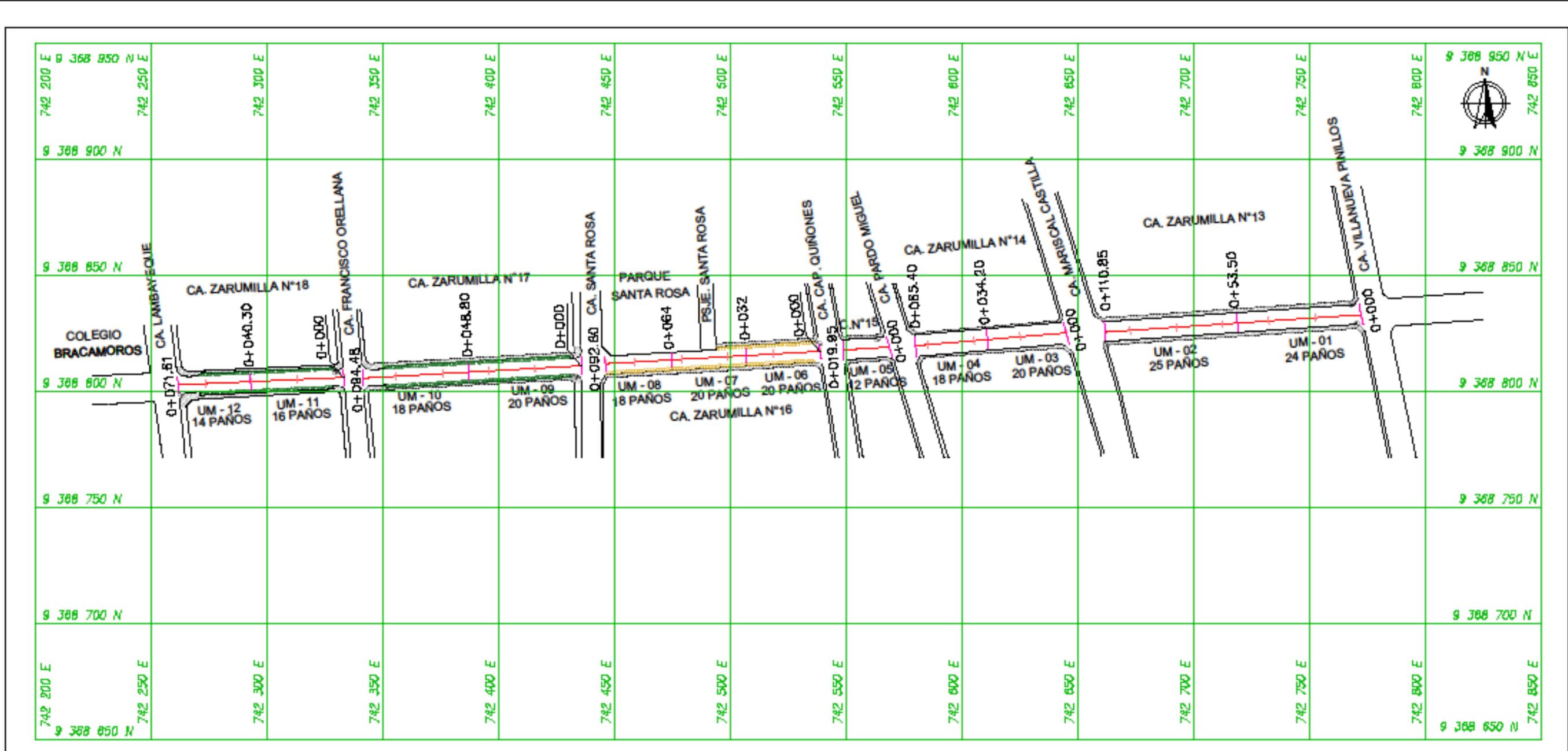
ASESOR:  
MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
TESISTA:  
Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
TOPOGRÁFICO  
ESCALA:  
1/1750  
FECHA:  
NOVIEMBRE 2023

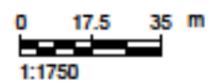
LAMINA Nº  
PT-01

Figura 84

Planta general de ejes



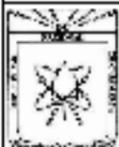
ESCALA GRÁFICA:



LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	ÁREAS VERDES
	ESTACIONES
	EJE DE CALLE
	ÁREA DE PARQUEO

N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
13	UM-01	0+000.00	0+053.50	53.50
	UM-02	0+053.50	0+110.85	57.35
14	UM-03	0+000.00	0+034.20	34.20
	UM-04	0+034.20	0+065.40	31.20
15	UM-05	0+000.00	0+019.95	19.95
18	UM-06	0+000.00	0+032.00	32.00
	UM-07	0+032.00	0+064.00	32.00
	UM-08	0+064.00	0+092.80	28.80

N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
17	UM-09	0+000.00	0+048.80	48.80
	UM-10	0+048.80	0+094.48	45.68
18	UM-11	0+000.00	0+040.30	40.30
	UM-12	0+040.30	0+071.61	31.31



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
 MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
 DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

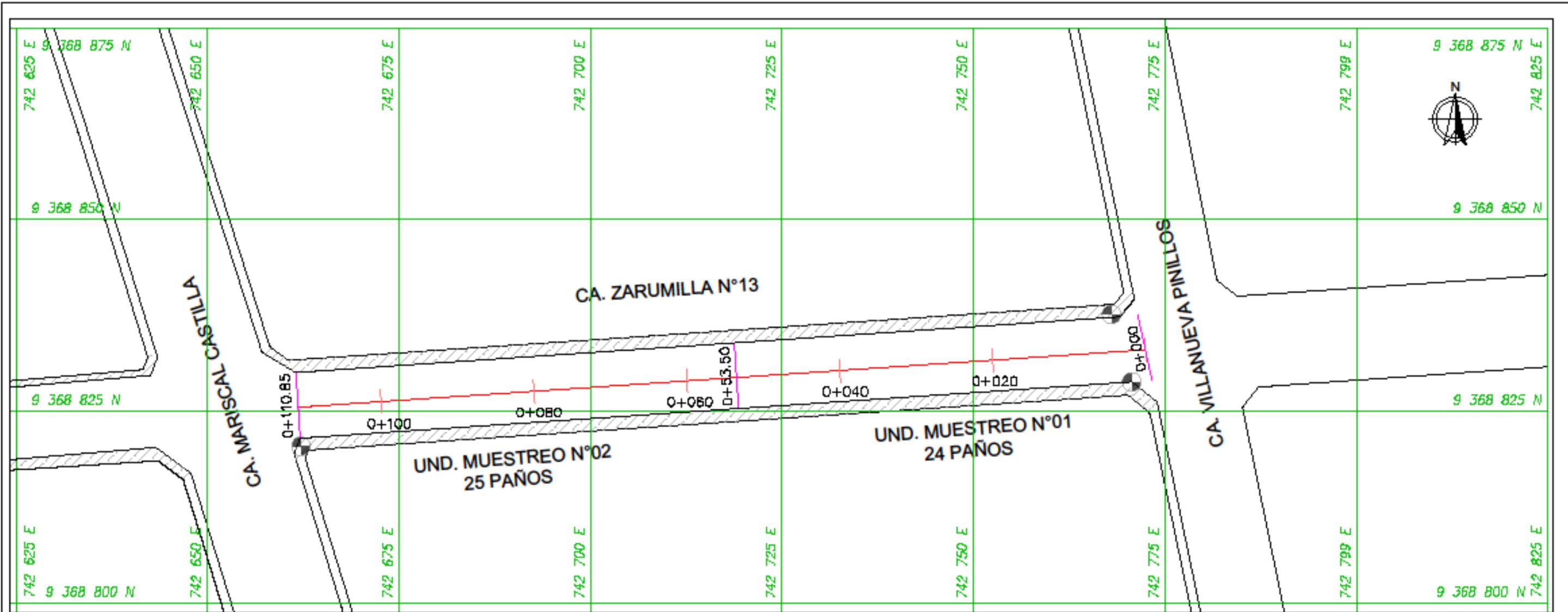
ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 PLANTA GENERAL DE EJES  
 ESCALA:  
 1/1750  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
 PGE-01

Figura 85

Eje de unidad de muestreo cuadra N°13



ESCALA GRÁFICA:



N.º CUADRA	UND. MUESTREO	PRÓ. INICIAL (m)	PRÓ. FINAL (m)	LONGITUD (m)
13	UM-01	0+000.00	0+053.50	53.50
	UM-02	0+053.50	0+110.85	57.35

LEYENDA

	VÍAS
	VEREDAS
	EJE DE CALLE



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

TESIS:  
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

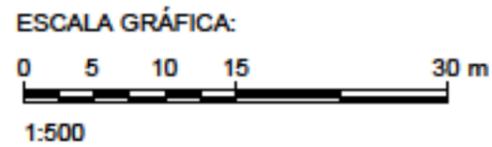
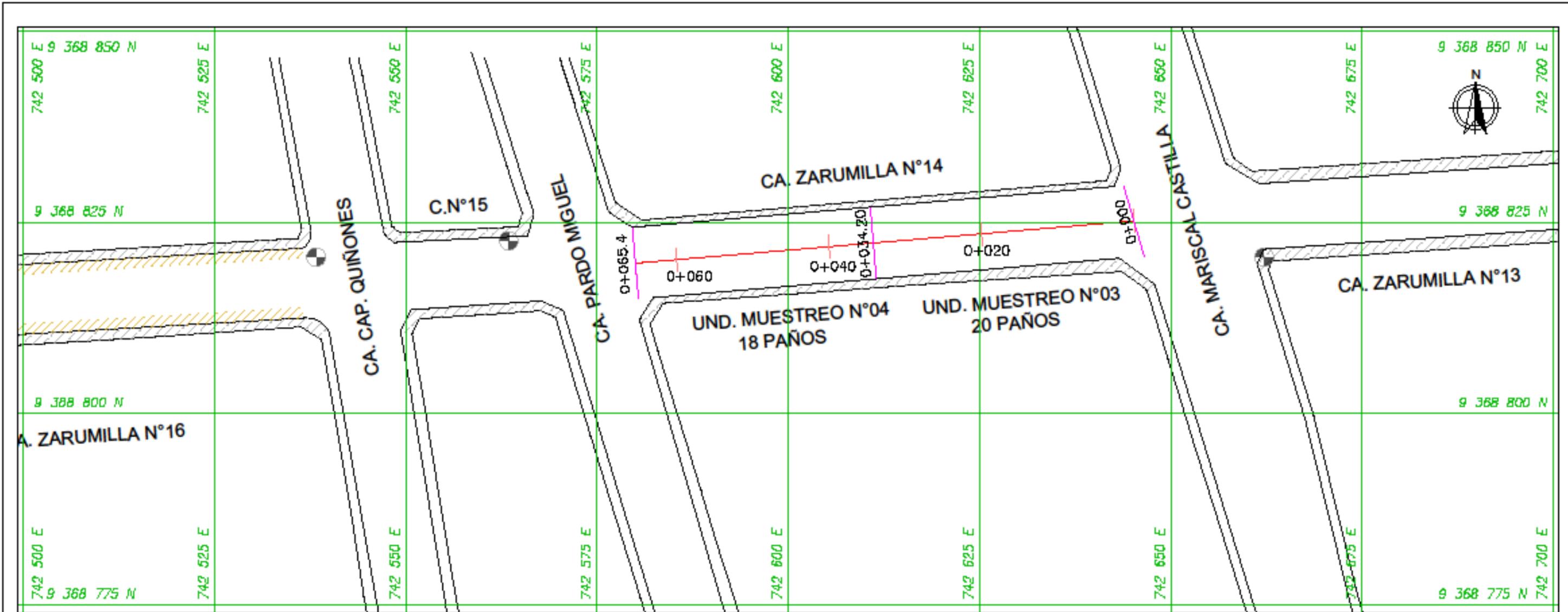
ASESOR:  
MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
TESISTA:  
Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
EJE DE UND. DE MUESTREO C-13  
ESCALA:  
1/500  
FECHA:  
NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
EUM-01

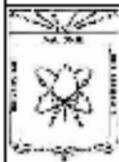
Figura 86

Eje de unidad de muestreo cuadra N°14



N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
14	UM-03	0+000.00	0+034.20	34.20
	UM-04	0+034.20	0+085.40	31.20

LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	EJE DE CALLE



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
 MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
 DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

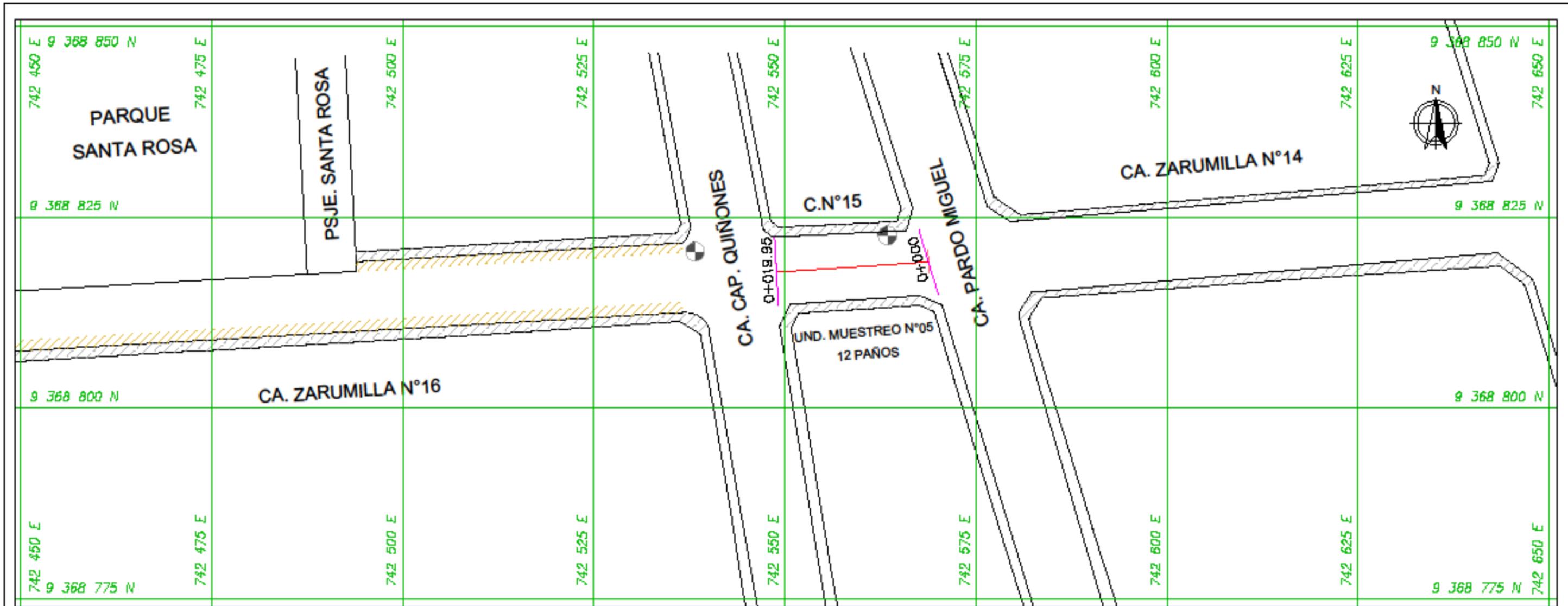
ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 EJE DE UND. DE MUESTREO C-14  
 ESCALA:  
 1/500  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
 EUM-02

Figura 87

Eje de unidad de muestreo cuadra N°15



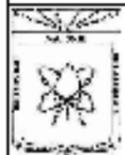
ESCALA GRÁFICA:



N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
15	UM-05	0+000.00	0+019.95	19.95

LEYENDA

	MAS
	VEREDAS
	EJE DE CALLE
	ÁREA DE PARQUEO



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
 MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
 DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ

TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

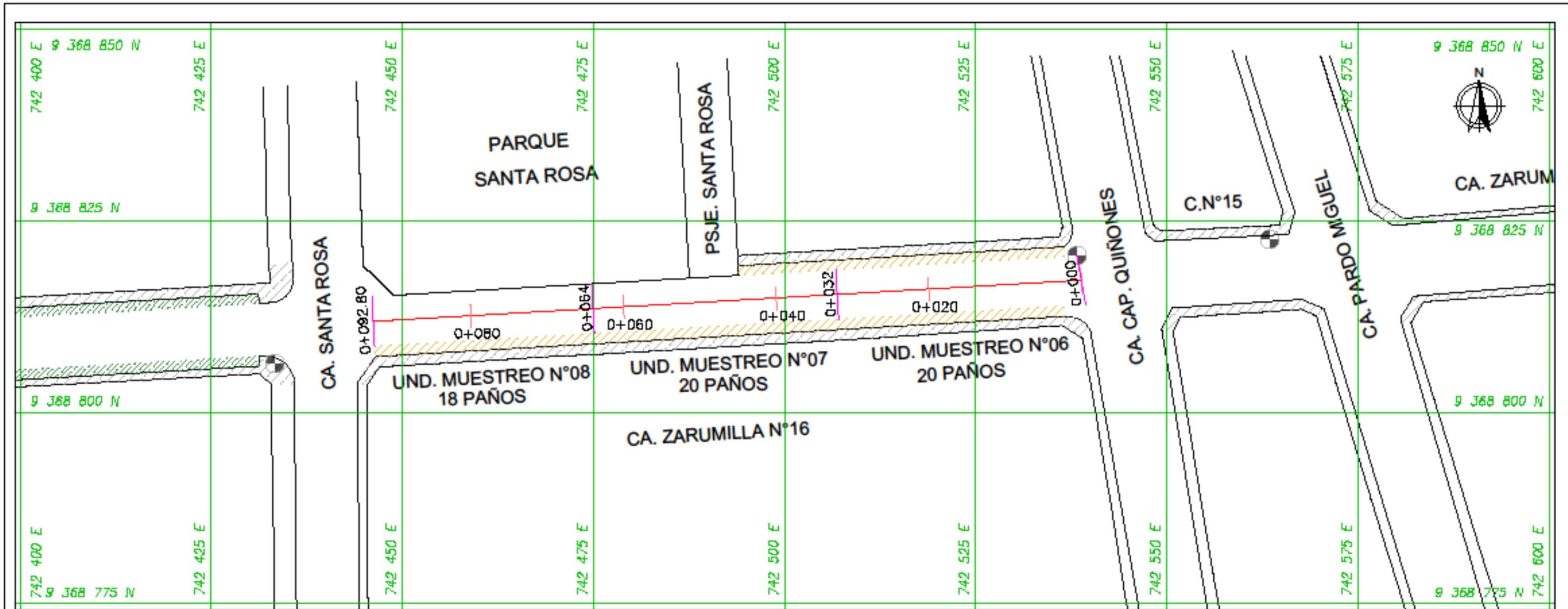
PLANO:  
 EJE DE UND. DE MUESTREO C-15

ESCALA: 1/500  
 FECHA: NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
 EUM-03

Figura 88

Eje de unidad de muestreo cuadra N°16

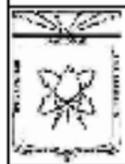


ESCALA GRÁFICA:



N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
16	UM-06	0+000.00	0+032.00	32.00
	UM-07	0+032.00	0+054.00	32.00
	UM-08	0+084.00	0+092.80	28.80

LEYENDA	
	MAS
	VEREDAS
	EJE DE CALLE
	ÁREA DE PARQUEO



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

TESIS:  
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

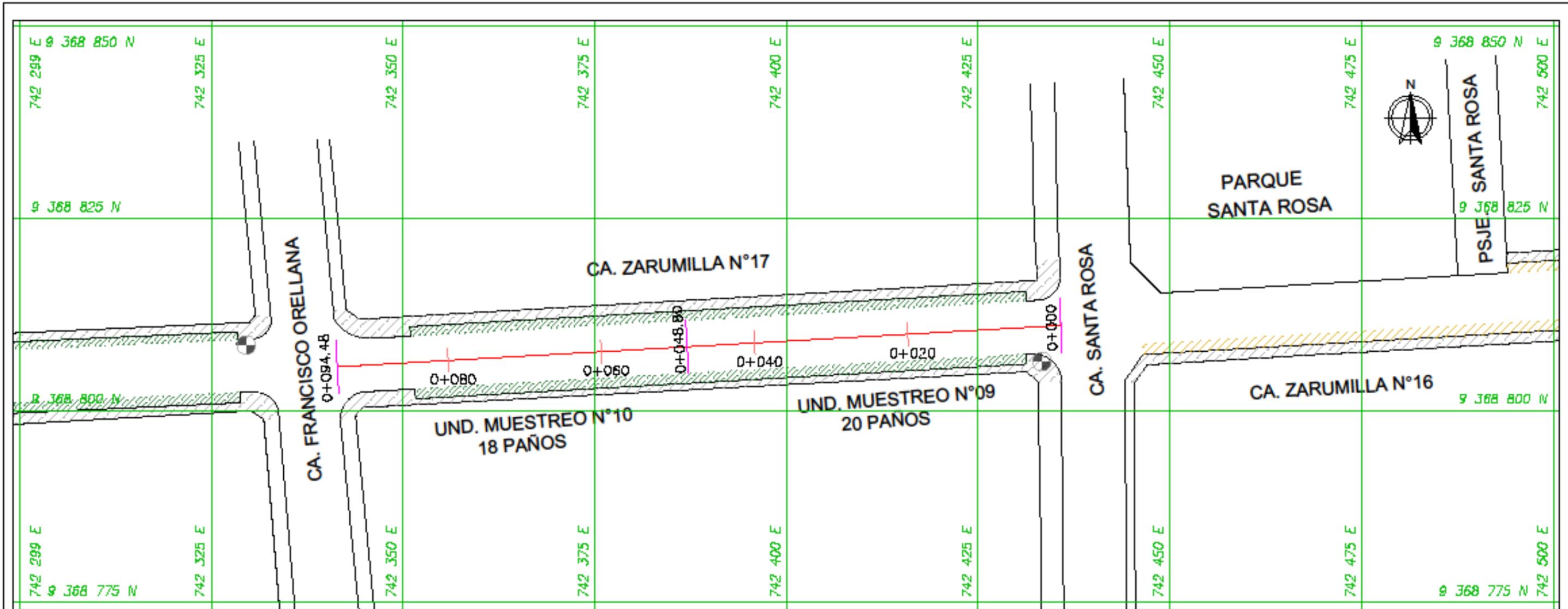
ASESOR:  
MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
TESISTA:  
Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
EJE DE UND. DE MUESTREO C-16  
ESCALA:  
1/500  
FECHA:  
NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
EUM-04

Figura 89

Eje de unidad de muestreo cuadra N°17

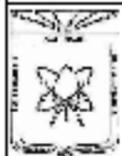


ESCALA GRÁFICA:



N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
17	UM-09	0+000.00	0+048.80	48.80
	UM-10	0+048.80	0+094.48	45.68

LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	EJE DE CALLE
	ÁREAS VERDES



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
 MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
 DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

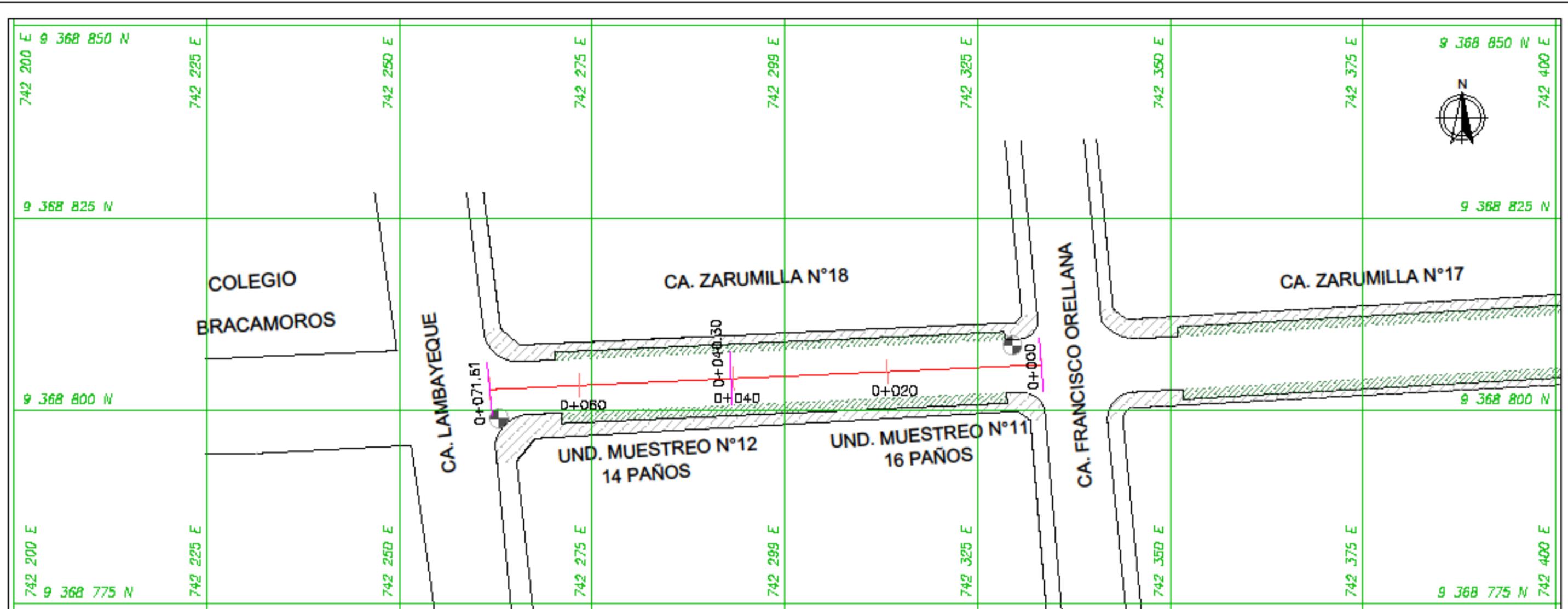
ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 EJE DE UND. DE MUESTREO C-17  
 ESCALA:  
 1/500  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
 EUM-05

Figura 90

Eje de unidad de muestreo cuadra N°18

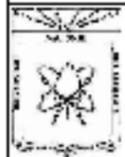


ESCALA GRÁFICA:



N°. CUADRA	UND. MUESTREO	PRO. INICIAL (m)	PRO. FINAL (m)	LONGITUD (m)
18	UM-11	0+000.00	0+040.30	40.30
	UM-12	0+040.30	0+071.61	31.31

LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	EJE DE CALLE
	ÁREAS VERDES



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

TESIS:  
 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
 MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
 DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

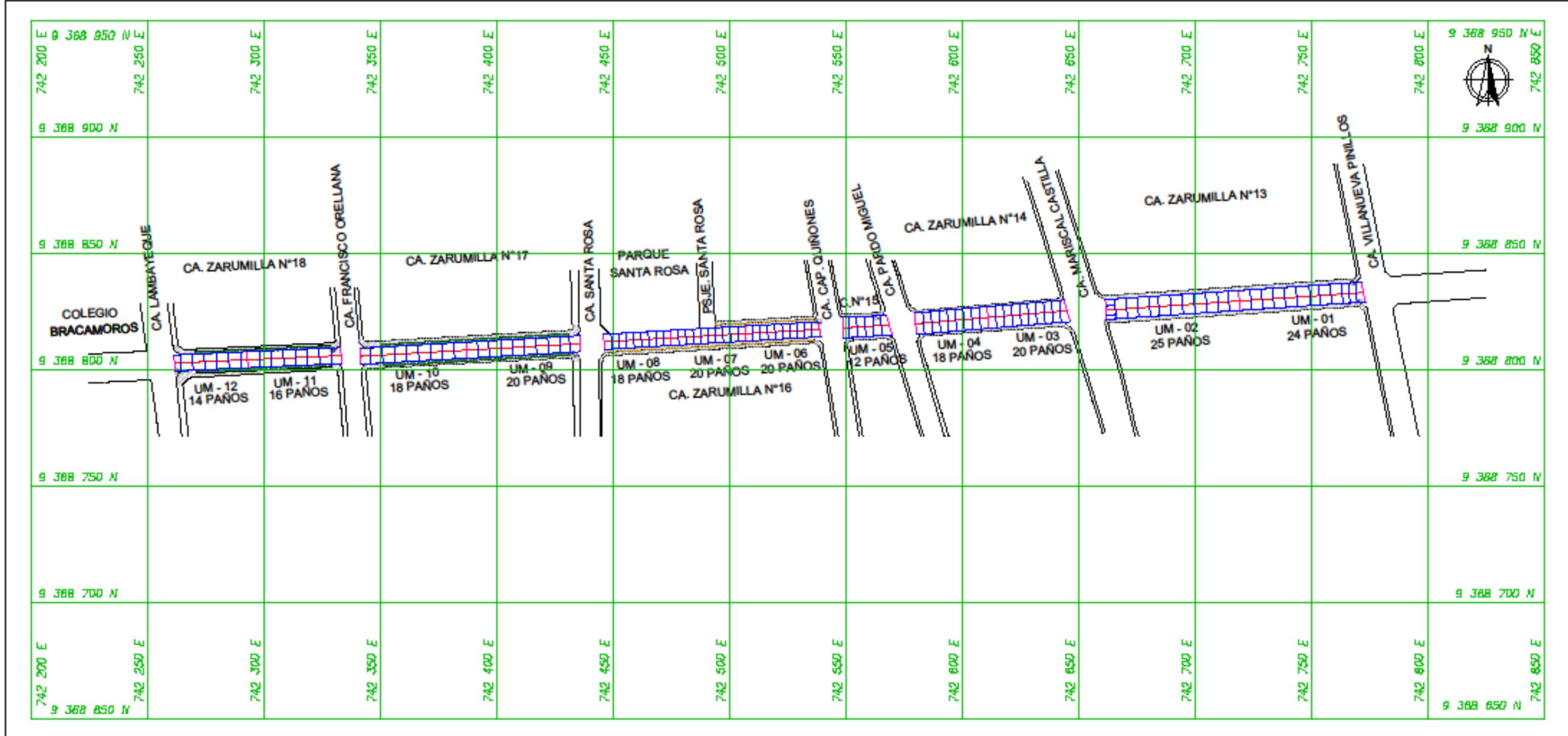
ASESOR:  
 MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
 TESISTA:  
 Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
 EJE DE UND. DE MUESTREO C-18  
 ESCALA:  
 1/500  
 FECHA:  
 NOVIEMBRE 2023

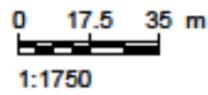
LAMINA N°  
 EUM-06

Figura 91

Planta general de unidades de muestreo



ESCALA GRÁFICA:



CALLE	N°. CUADRA	UND. MUESTREO	N° PAÑOS
ZARUMILLA	13	UM-01	24
		UM-02	25
	14	UM-03	20
		UM-04	18
	15	UM-05	12
		UM-06	20
	16	UM-07	20
		UM-08	18

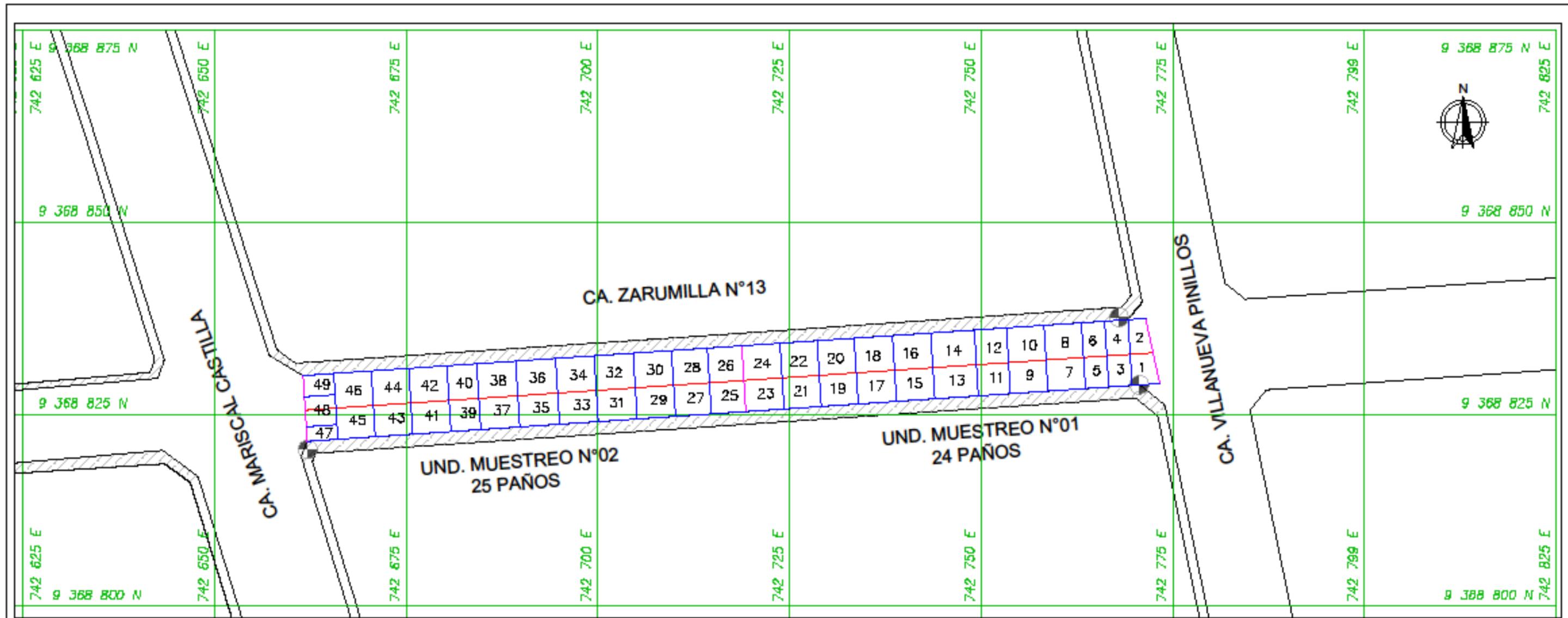
CALLE	N°. CUADRA	UND. MUESTREO	N° PAÑOS
ZARUMILLA	17	UM-09	20
		UM-10	18
	18	UM-11	18
		UM-12	14

LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	ÁREAS VERDES
	ESTACIONES
	LOSAS DE C. HIDRAULICO

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	TESIS: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.	ASESOR: MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  TESISTA: Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN	PLANO: PLANTA G. UND. MUESTREO  ESCALA: 1/1750	FECHA: NOVIEMBRE 2023	LAMINA N° PGUM-01

Figura 92

Unidades e muestreo cuadra N°13



ESCALA GRÁFICA:



N.º CUADRA	UND. MUESTREO	PRO. INICIAL (m)	PRO. FINAL (m)	LONGITUD (m)
13	UM-01	0+000.00	0+053.50	53.50
	UM-02	0+053.50	0+110.85	57.35

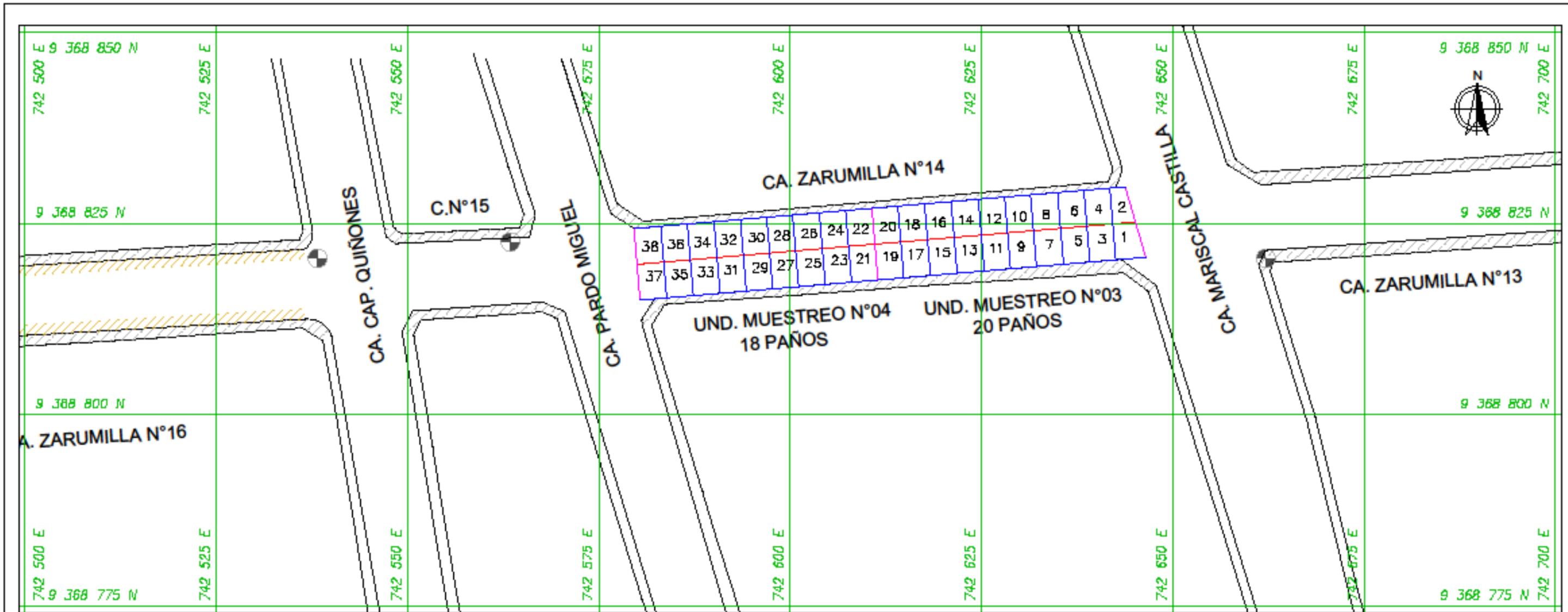
LEYENDA

	VÍAS
	VEREDAS
	LOSAS DE C. HIDRAULICO

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.</p>	<p>ASESOR: MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ</p>	<p>PLANO: UNIDADES DE MUESTREO C-13</p>	<p>LAMINA N° UM-01</p>
		<p>TESISTA: Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN</p>	<p>ESCALA: 1/500</p>	

Figura 93

Unidades de muestreo cuadra N°14



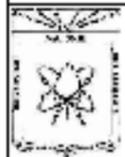
ESCALA GRÁFICA:



N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
14	UM-03	0+000.00	0+034.20	34.20
	UM-04	0+034.20	0+065.40	31.20

LEYENDA

	VÍAS
	VEREDAS
	LOSAS DE C. HIDRAULICO



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

TESIS:  
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

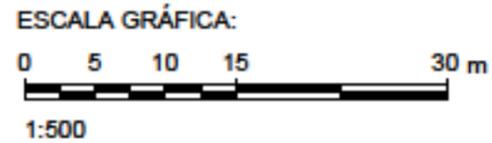
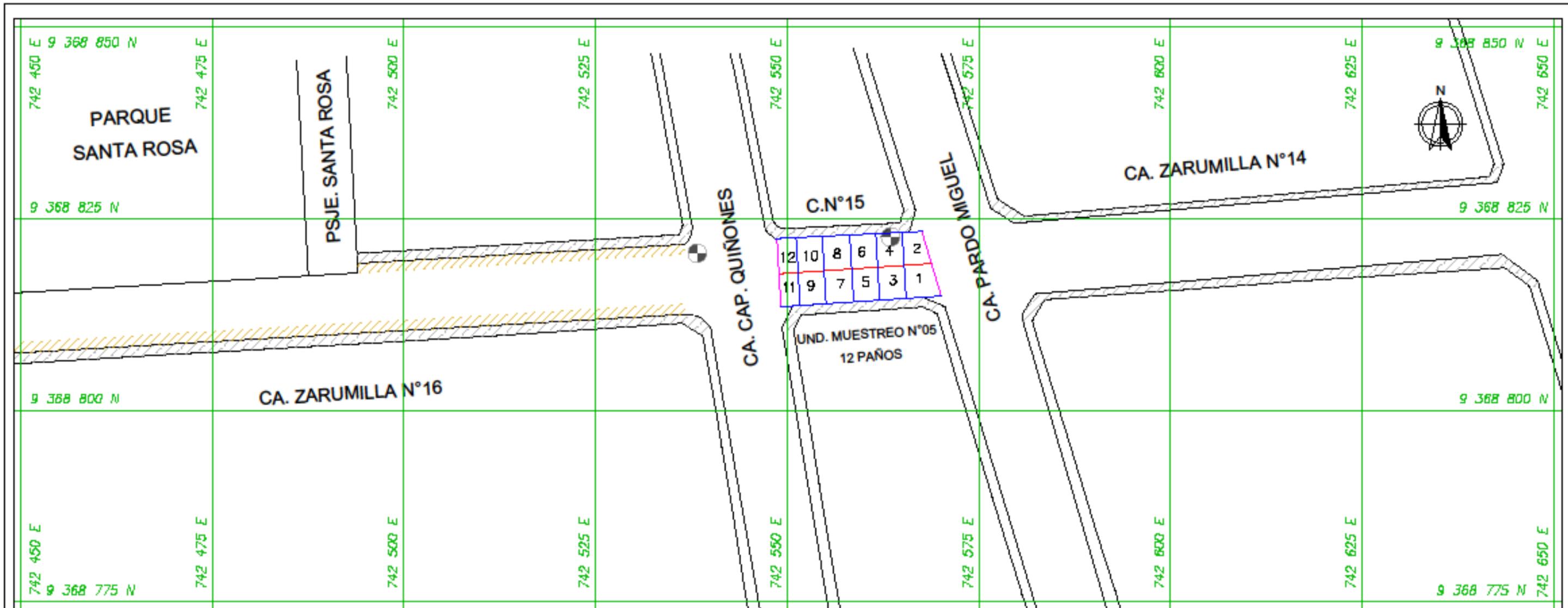
ASESOR:  
MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ  
TESISTA:  
Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

PLANO:  
UNIDADES DE MUESTREO C-14  
ESCALA: 1/500  
FECHA:  
NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
UM-02

Figura 94

Unidades de muestreo cuadra N°15



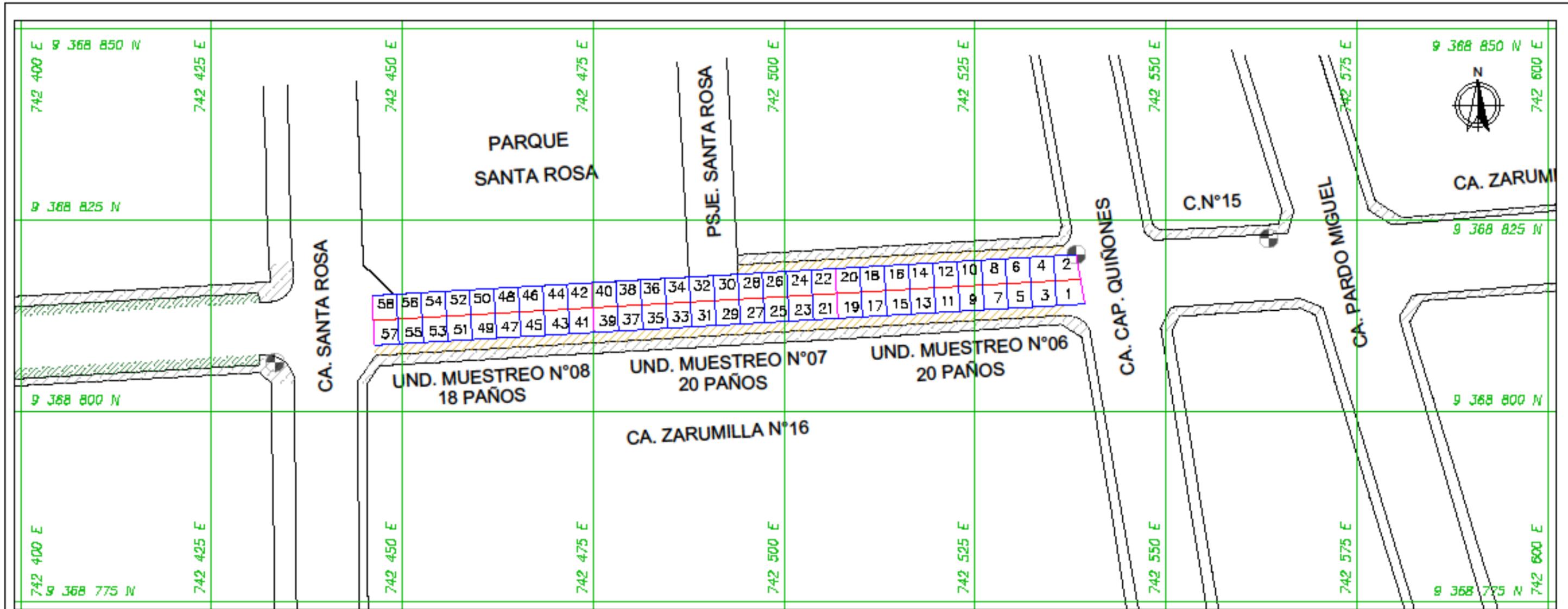
N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
15	UM-05	0+000.00	0+019.95	19.95

LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	LOSAS DE C. HIDRAULICO
	ÁREA DE PARQUEO

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.</p>	<p>ASESOR: MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ</p>	<p>PLANO: UNIDADES DE MUESTREO C-15</p>		<p>LAMINA N° UM-03</p>
		<p>TESISTA: Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN</p>	<p>ESCALA: 1/500</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2023</p>	

Figura 95

Unidades de muestreo cuadra N°16



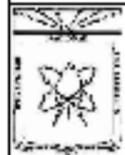
ESCALA GRÁFICA:



N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
16	UM-06	0+000.00	0+032.00	32.00
	UM-07	0+032.00	0+064.00	32.00
	UM-08	0+064.00	0+092.80	28.80

LEYENDA

	VÍAS
	VEREDAS
	LOSAS DE C. HIDRÁULICO
	ÁREA DE PARQUEO



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

TESIS:  
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO  
MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA  
DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.

ASESOR:  
MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ

TESISTA:  
Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN

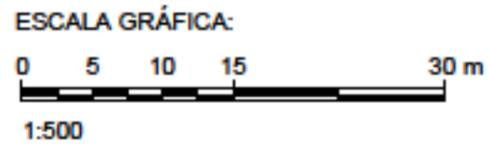
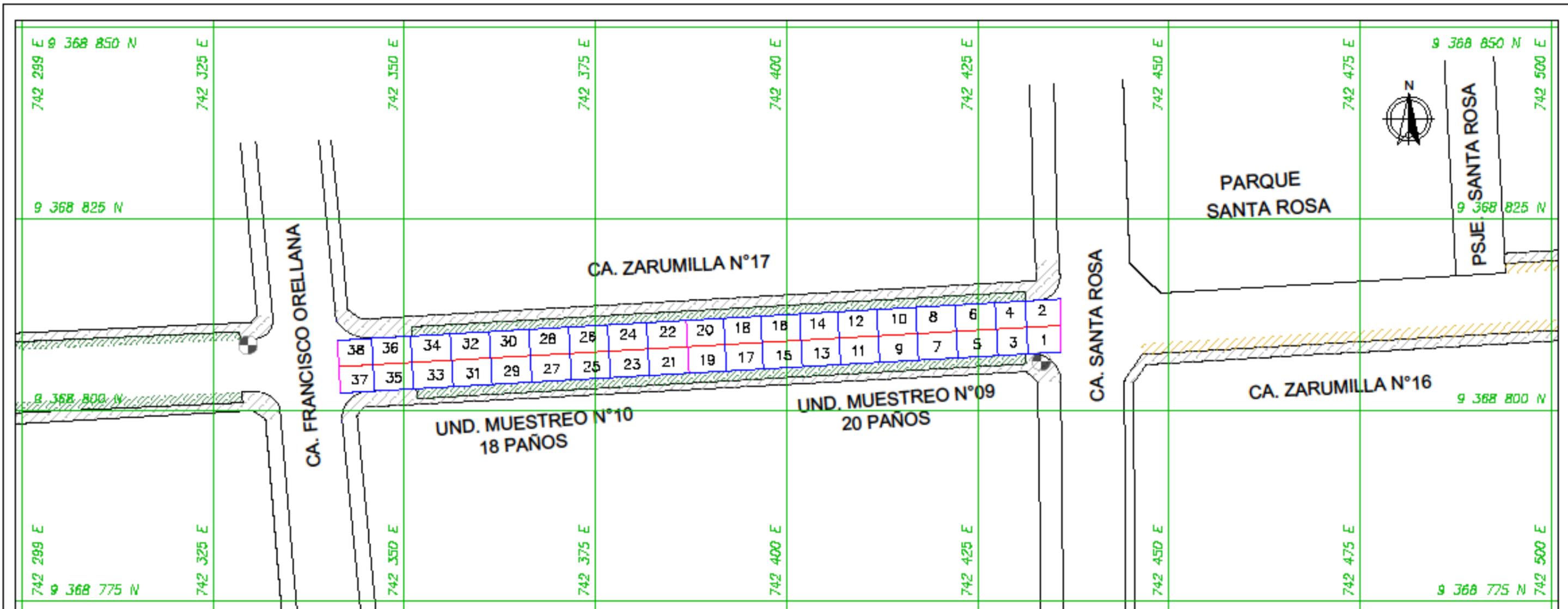
PLANO:  
UNIDADES DE MUESTREO C-16

ESCALA: 1/500  
FECHA: NOVIEMBRE 2023

LAMINA N°  
UM-04

Figura 96

Unidades de muestreo cuadra N°17



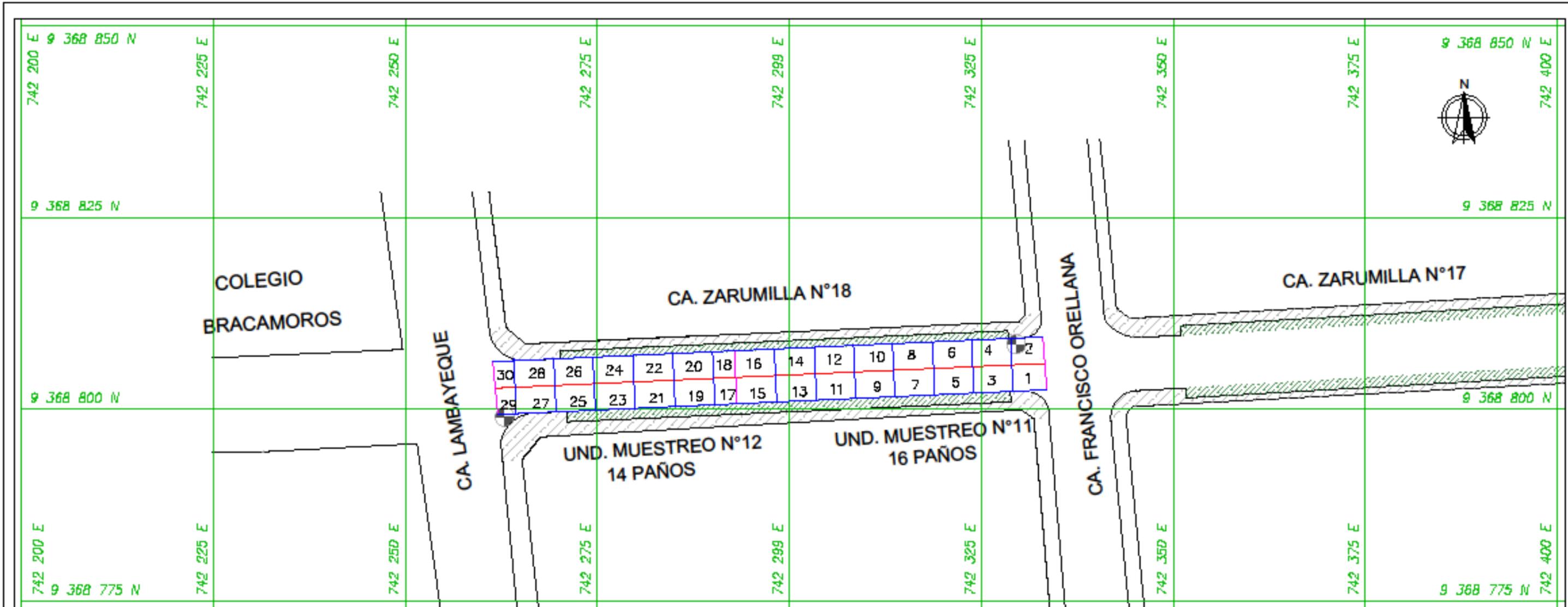
N°.CUADRA	UND.MUESTREO	PRO.INICIAL (m)	PRO.FINAL (m)	LONGITUD (m)
17	UM-09	0+000.00	0+048.80	48.80
	UM-10	0+048.80	0+094.48	45.68

LEYENDA	
	VIAS
	VEREDAS
	LOSAS DE C. HIDRAULICO
	ÁREAS VERDES

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.</p>	<p>ASESOR: MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ</p>	<p>PLANO: UNIDADES DE MUESTREO C-17</p>	<p>LAMINA N° UM-05</p>
		<p>TESISTA: Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN</p>	<p>ESCALA: 1/500</p>	

Figura 97

Unidades de muestreo cuadra N°18



ESCALA GRÁFICA:



N.º CUADRA	UND. MUESTREO	PRO. INICIAL (m)	PRO. FINAL (m)	LONGITUD (m)
18	UM-11	0+000.00	0+040.30	40.30
	UM-12	0+040.30	0+071.61	31.31

LEYENDA	
	VÍAS
	VEREDAS
	LOSAS DE C. HIDRÁULICO
	ÁREAS VERDES

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA CALLE ZARUMILLA DE LA CIUDAD DE JAÉN- CAJAMARCA.</p>	<p>ASESOR: MCs. ING. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ</p>	<p>PLANO: UNIDADES DE MUESTREO C-18</p>		<p>LAMINA N° UM-06</p>
		<p>TESISTA: Bach. FRANKLIN REGALADO CARRIÓN</p>	<p>ESCALA: 1/500</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2023</p>	

## APÉNDICE 2: ESTUDIO DE TRÁFICO

**Tabla 49**

*Conteo vehicular día lunes*

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO			Sube (N): →			Baja (S): ←				
ESTACION			ESTACION N° 01							
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			E-01							
DÍA Y FECHA			LUNES 20 DE MARZO DEL 2023							
Hora	Turno	Sentido	VEHICULOS LIGEROS					CAMIONETAS		TOTAL
			Moto Lineal	Mototaxi	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	
										
7:00-8:00	M	→	247	385	12	4	11		1	660
		←	215	327	9		7			558
8:00-9:00	M	→	205	223	4	2	8			442
		←	135	159	1		4			299
9:00-10:00	M	→	190	215	5		3			413
		←	145	147	2		5			299
10:00-11:00	M	→	193	223	3		4			423
		←	158	146	2		4			310
11:00-12:00	M	→	195	325	12		6			538
		←	158	185	8		9			360
12:00-1:00	T	→	256	365	13		2			636
		←	211	281	6		8			506
1:00-2:00	T	→	186	217	4		3			410
		←	158	155	4		4			321
2:00-3:00	T	→	195	205	3		2			405
		←	160	141	2		1			304
3:00-4:00	T	→	217	215	3		3			438
		←	168	145	4		3			320
4:00-5:00	T	→	198	225	6		4			433
		←	175	169	5		6			355
5:00-6:00	T	→	191	259	7	1	9			467
		←	167	207	5		7		1	387
6:00-7:00	T	→	160	175	5	1	6			347
		←	120	115	3		3		1	242
<b>TOTAL</b>			4403	5209	128	8	122	0	3	9873

Tabla 50

## Conteo vehicular día martes

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO ESTACION			Sube (N): →			Baja (S): ←				
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			ESTACION N° 01							
DÍA Y FECHA			E-01							
			MARTES 21 DE MARZO DEL 2023							
			VEHICULOS LIGEROS							
Hora	Turno	Sentido	Moto	Mototaxi	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS		TOTAL
			Lineal					PANEL	RURAL Combi	
										
7:00-8:00	M	→	226	380	10	2	9		2	629
		←	203	315	7		5			530
8:00-9:00	M	→	184	215	8		7			414
		←	102	163	6		4			275
9:00-10:00	M	→	186	207	4		3			400
		←	138	143	1		4			286
10:00-11:00	M	→	187	121	3		3			314
		←	151	143	3		5			302
11:00-12:00	M	→	211	298	7		6			522
		←	123	163	3		5			294
12:00-1:00	T	→	232	345	8	1	7			593
		←	212	289	5		6			512
1:00-2:00	T	→	175	205	4		4			388
		←	153	145	3		4			305
2:00-3:00	T	→	191	201	4		3			399
		←	155	138	4		2			299
3:00-4:00	T	→	211	205	4		3			423
		←	161	134	5		2			302
4:00-5:00	T	→	192	213	6		2			413
		←	171	152	5		3			331
5:00-6:00	T	→	176	243	7	1	7			434
		←	165	208	5		3		2	383
6:00-7:00	T	→	143	164	3		7			317
		←	106	115	3		5			229
<b>TOTAL</b>			4154	4905	118	4	109	0	4	9294

Tabla 51

## Conteo vehicular día miércoles

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO			Sube (N): →			Baja (S): ←				
ESTACION			ESTACION N° 01							
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			E-01							
DÍA Y FECHA			MIÉRCOLES 23 DE MARZO DEL 2023							
			VEHICULOS LIGEROS					CAMIONETAS		
Hora	Turno	Sentido	Moto Lineal	Mototaxi	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	TOTAL
										
7:00-8:00	M	→	205	347	9	1	6		1	569
		←	193	311	7		4			515
8:00-9:00	M	→	152	226	5		5			388
		←	113	186	1		3			303
9:00-10:00	M	→	186	275	8		5			474
		←	112	146	5		7			270
10:00-11:00	M	→	181	211	3		4			399
		←	139	147			4			290
11:00-12:00	M	→	189	123	4		2			318
		←	153	141	2		3			299
12:00-1:00	T	→	223	324	8		5			560
		←	198	283	4		7			492
1:00-2:00	T	→	177	201	3		5			386
		←	156	149	2		4			311
2:00-3:00	T	→	194	207	3		3			407
		←	145	145	3		1			294
3:00-4:00	T	→	205	213	4		3			425
		←	154	141	4		3			302
4:00-5:00	T	→	195	221	6		3			425
		←	164	153	4		2			323
5:00-6:00	T	→	186	238	8	1	5			438
		←	173	223	6		4		1	407
6:00-7:00	T	→	146	175	7		8			336
		←	126	102	4		6			238
<b>TOTAL</b>			4065	4888	110	2	102	0	2	9169

Tabla 52

## Conteo vehicular día jueves

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO			Sube (N): →			Baja (S): ←				
ESTACION			ESTACION N° 01							
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			E-01							
DÍA Y FECHA			JUEVES 24 DE MARZO DEL 2023							
			VEHICULOS LIGEROS							
Hora	Turno	Sentido	Moto	Mototaxi	AUTO	STATION	CAMIONETAS			TOTAL
			Lineal			WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	
										
7:00-8:00	M	→	215	379	11		10			615
		←	185	325	5	2	5			522
8:00-9:00	M	→	146	257	6		5			414
		←	125	176	3		4			308
9:00-10:00	M	→	187	213	3		3			406
		←	141	143	2		4			290
10:00-11:00	M	→	194	192	4		3			393
		←	145	142	3		2			292
11:00-12:00	M	→	176	258	5		5			444
		←	136	151	8		6			301
12:00-1:00	T	→	235	341	4		4			584
		←	182	305	2		3			492
1:00-2:00	T	→	172	195	4	1	4			376
		←	143	151	3		4			301
2:00-3:00	T	→	185	205	3		3			396
		←	132	137	2		2			273
3:00-4:00	T	→	207	201	3		3			414
		←	159	129	1		4			293
4:00-5:00	T	→	183	215	5		2			405
		←	172	147	4		2			325
5:00-6:00	T	→	164	246	8		7			425
		←	158	189	7	1	6		1	362
6:00-7:00	T	→	143	185	7		8			343
		←	129	115	5		5			254
<b>TOTAL</b>			4014	4997	108	4	104	0	1	9228

Tabla 53

## Conteo vehicular día viernes

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO ESTACION			Sube (N): →			Baja (S): ←				
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			ESTACION N° 01							
DÍA Y FECHA			E-01							
			VIERNES 25 DE MARZO DEL 2023							
			VEHICULOS LIGEROS							
Hora	Turno	Sentido	Moto	Mototaxi	AUTO	STATION	PICK UP	PANEL	RURAL	TOTAL
			Lineal			WAGON			Combi	
										
7:00-8:00	M	→	265	386	13		6		1	671
		←	205	345	7	1	12			570
8:00-9:00	M	→	197	265	7		5			474
		←	132	170	5		6			313
9:00-10:00	M	→	177	205	3		3			388
		←	145	131	1		2			279
10:00-11:00	M	→	198	186	4		2			390
		←	153	141	2		3			299
11:00-12:00	M	→	151	295	3		4			453
		←	145	155	4		6			310
12:00-1:00	T	→	235	358	4		5			602
		←	187	325	3		5			520
1:00-2:00	T	→	181	198	4		2			385
		←	135	141	5		3			284
2:00-3:00	T	→	176	213	4		4			397
		←	136	129	3		4			272
3:00-4:00	T	→	214	215	2		2			433
		←	163	136	1		3			303
4:00-5:00	T	→	175	201	2		3			381
		←	164	143	2		4			313
5:00-6:00	T	→	215	235	9	1	8			468
		←	185	195	13		11		2	406
6:00-7:00	T	→	195	184	7		11			397
		←	174	125	10		12			321
<b>TOTAL</b>			4303	5077	118	2	126	0	3	9629

Tabla 54

## Conteo vehicular día sábado

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO			Sube (N): →			Baja (S): ←				
ESTACION			ESTACION N° 01							
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			E-01							
DÍA Y FECHA			SABADO 26 DE MARZO DEL 2023							
			VEHICULOS LIGEROS							
Hora	Turno	Sentido	Moto	Mototaxi	AUTO	STATION	CAMIONETAS			TOTAL
			Lineal			WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	
										
7:00-8:00	M	→	185	305	5		8			503
		←	177	295	4		9		2	487
8:00-9:00	M	→	225	245	15		12			497
		←	175	195	11		11		2	394
9:00-10:00	M	→	187	225	3		4			419
		←	164	151	4		3			322
10:00-11:00	M	→	215	197	4		1			417
		←	165	161	5		2			333
11:00-12:00	M	→	195	275	6		4			480
		←	157	153	5		5			320
12:00-1:00	T	→	225	358	6		6			595
		←	187	325	5		4			521
1:00-2:00	T	→	197	215	5		2			419
		←	153	164	6		3			326
2:00-3:00	T	→	195	225	5		4			429
		←	153	175	5		3			336
3:00-4:00	T	→	225	245	4		2			476
		←	175	197	6		3			381
4:00-5:00	T	→	205	259	6		4			474
		←	176	189	7		5			377
5:00-6:00	T	→	235	285	9		13		2	544
		←	205	239	8		9			461
6:00-7:00	T	→	205	225	13		14			457
		←	187	180	9		9			385
<b>TOTAL</b>			4568	5483	156	0	140	0	6	10353

Tabla 55

## Conteo vehicular día domingo

UBICACIÓN:			CALLE ZARUMILLA CUADRA # 16 - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - REGION DE CAJAMARCA							
CALLE:			CALLE ZARUMILLA - DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - CAJAMARCA							
SENTIDO			Sube (N): →			Baja (S): ←				
ESTACION			ESTACION N° 01							
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			E-01							
DÍA Y FECHA			DOMINGO 27 DE MARZO DEL 2023							
			VEHICULOS LIGEROS							
Hora	Turno	Sentido	Moto	Mototaxi	AUTO	STATION	PICK UP	CAMIONETAS		TOTAL
			Lineal			WAGON		PANEL	RURAL	
										
7:00-8:00	M	→	163	295	12		13			483
		←	154	278	7	1	8		2	450
8:00-9:00	M	→	175	235	10		9			429
		←	167	176	5		6		1	355
9:00-10:00	M	→	176	198	2		3			379
		←	142	129	1		4			276
10:00-11:00	M	→	191	175	3		4			373
		←	145	135	2		3			285
11:00-12:00	M	→	176	265	5		3			449
		←	132	137	5		4			278
12:00-1:00	T	→	195	325	7		4			531
		←	175	296	5		2			478
1:00-2:00	T	→	176	186	3		3			368
		←	131	135	5		3			274
2:00-3:00	T	→	165	201	4		4			374
		←	132	126	3		3			264
3:00-4:00	T	→	205	217	1		4			427
		←	165	138	1		3			307
4:00-5:00	T	→	168	215	4		5			392
		←	156	156	6		4			322
5:00-6:00	T	→	215	285	8	2	12		1	523
		←	192	227	6		11			436
6:00-7:00	T	→	171	205	9		6			391
		←	145	141	5		5		1	297
<b>TOTAL</b>			4012	4876	119	3	126	0	5	9141

**APÉNDICE 3: PANEL FOTOGRÁFICO**

**Figura 98** Levantamiento topográfico cuadra N° 13 a la cuadra N°18



**Figura 99** Levantamiento topográfico cuadra N° 13 a la cuadra N°18



**Figura 100** Levantamiento topográfico cuadra N° 13 a la cuadra N°18



**Figura 101** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 01 de la cuadra N° 13 entre la progresiva 0+006.05 – 0+009.10.



**Figura 102** *Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 01 de la cuadra N° 13 entre la progresiva 0+023.10 – 0+028.80.*



**Figura 103** *Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 02 de la cuadra N° 13 entre la progresiva 0+077.85 – 0+083.05*



**Figura 104** Inspección de la falla en la unidad de muestreo 03 de la cuadra N° 14 entre la progresiva 0+020.25 – 0+023.80.



**Figura 105** Inspección de la falla en la unidad de muestreo 04 de la cuadra N° 14 entre la progresiva 0+037.65 – 0+041.10.



**Figura 106** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 05 de la cuadra N° 15 entre la progresiva 0+000 – 0+003.60.



**Figura 107** Inspección de la falla en la unidad de muestreo 06 de la cuadra N° 16 entre la progresiva 0+016.00 – 0+019.20.



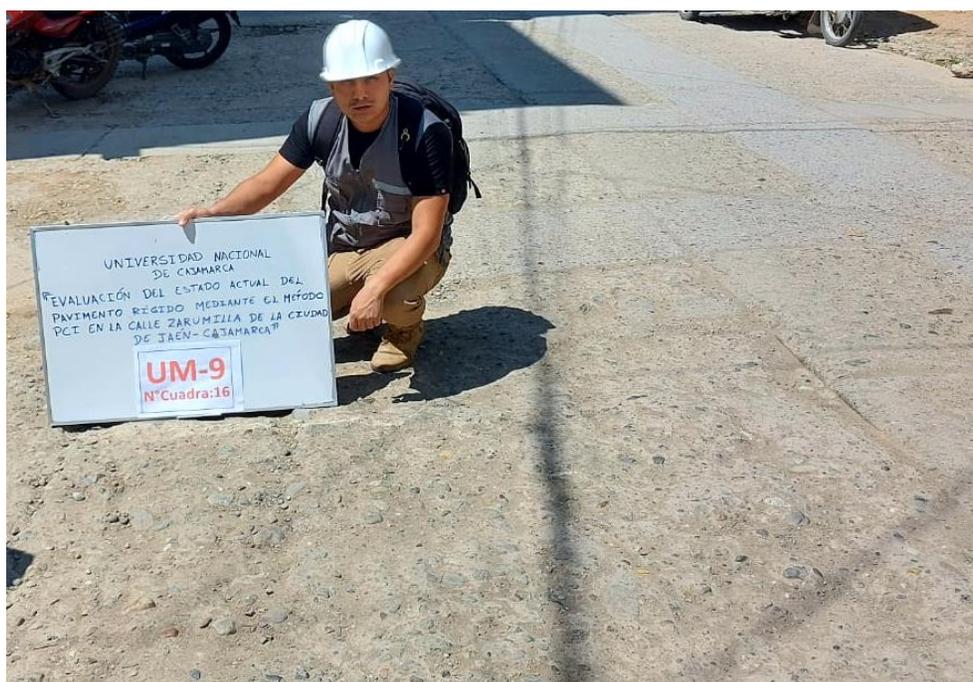
**Figura 108** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 07 de la cuadra N° 16 entre la progresiva 0+035.20 – 0+038.40



**Figura 109** Inspección de la falla en la unidad de muestreo 08 de la cuadra N° 16 entre la progresiva 0+070.40 – 0+073.60



**Figura 110** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 09 de la cuadra N° 17 entre la progresiva 0+008.35 – 0+013.60.



**Figura 111** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 09 de la cuadra N° 17 entre la progresiva 0+033.95 – 0+039.05.



**Figura 112** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 10 de la cuadra N° 17 entre la progresiva 0+074.60 – 0+079.70



**Figura 113** Inspección de las fallas en la unidad de muestreo 11 de la cuadra N° 18 entre la progresiva 0+014.50 – 0+019.70



**Figura 114** *Inspección de las fallas losa dividida de severidad alta en la unidad de muestreo 12 de la cuadra N° 18 entre la progresiva 0+053.55 – 0+058.75*



**Figura 115** *Inspección de la falla losa dividida de severidad alta en la unidad de muestreo 12 de la cuadra N° 18 entre la progresiva 0+053.55 – 0+058.75*

#### APÉNDICE 4: PUNTOS TOPOGRÁFICOS

**Tabla 56** *Puntos topográficos de la calle Zarumilla desde la cuadra N°13 hasta la N°18*

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	DESCRIPCIÓN
1	742767.99	9368837.62	EST.1
2	742770.64	9368828.82	REF.1
3	742781.79	9368842.14	E
4	742787.27	9368828.19	E
5	742773.95	9368826.16	E
6	742770.99	9368839.58	E
7	742776.71	9368867.39	C.VP
8	742769.57	9368840.52	E
9	742768.28	9368838.95	E
10	742833.69	9368831.41	E
11	742829.31	9368843.06	E
12	742789.45	9368804.41	C.VP
13	742785.13	9368825.48	E
14	742771.47	9368837.48	P
15	742772.45	9368833.01	J
16	742769.11	9368837.32	E
17	742770.09	9368827.09	E
18	742769.71	9368828.76	J
19	742766.67	9368828.55	J
20	742763.62	9368828.35	J

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
21	742758.73	9368828.02	J
22	742753.85	9368827.69	J
23	742749.65	9368827.40	J
24	742743.97	9368827.04	J
25	742738.98	9368826.72	J
26	742733.99	9368826.34	J
27	742729.15	9368826.02	J
28	742724.31	9368825.69	J
29	742719.32	9368825.35	J
30	742714.83	9368825.05	J
31	742710.14	9368824.73	J
32	742705.16	9368824.39	J
33	742700.07	9368824.05	J
34	742695.03	9368823.71	J
35	742689.84	9368823.36	J
36	742684.75	9368823.01	J
37	742680.86	9368822.75	J
38	742675.87	9368822.41	J
39	742670.98	9368822.08	J
40	742666.09	9368821.77	J
41	742662.10	9368821.48	J
42	742661.98	9368823.38	J
43	742661.74	9368827.27	J
44	742661.60	9368830.05	J

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
45	742665.55	9368830.30	J
46	742665.73	9368827.54	J
47	742665.84	9368825.80	J
48	742660.61	9368831.68	E
49	742663.21	9368819.94	E
50	742716.39	9368823.50	C13
51	742721.43	9368835.76	C13
52	742662.18	9368820.43	EST.2
53	742642.54	9368829.67	E
54	742643.44	9368832.05	E
55	742643.84	9368829.78	J
56	742643.29	9368831.67	J
57	742645.18	9368825.18	J
58	742646.52	9368820.57	J
59	742647.53	9368817.09	J
60	742647.85	9368816.85	E
61	742657.14	9368832.73	E
62	742661.32	9368819.53	E
63	742666.48	9368802.82	CMC
64	742667.63	9368803.17	CMC
65	742653.44	9368798.78	CMC
66	742652.82	9368796.60	CMC
67	742661.29	9368773.42	C.MC
68	742627.97	9368880.89	C.MC

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
69	742640.50	9368884.89	C.MC
70	742643.18	9368820.29	E
71	742643.52	9368818.55	E
72	742641.55	9368830.44	E
73	742642.17	9368832.09	E
74	742641.80	9368829.61	J
75	742638.41	9368829.32	J
76	742634.97	9368829.03	J
77	742631.43	9368828.73	J
78	742628.05	9368828.45	J
79	742624.61	9368828.16	J
80	742621.07	9368827.86	J
81	742617.58	9368827.56	J
82	742614.09	9368827.27	J
83	742610.71	9368826.98	J
84	742607.27	9368826.69	J
85	742603.83	9368826.40	J
86	742600.34	9368826.10	J
87	742596.96	9368825.82	J
88	742593.52	9368825.53	J
89	742590.08	9368825.24	J
90	742586.59	9368824.94	J
91	742583.11	9368824.65	J
92	742579.62	9368824.35	J

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
93	742580.01	9368819.67	J
94	742580.41	9368814.99	J
95	742583.67	9368814.43	E
96	742563.44	9368822.58	EST.3
97	742576.54	9368826.39	E
98	742580.63	9368812.38	E
99	742574.35	9368833.26	C.PM
100	742576.78	9368792.94	C.PM
101	742549.27	9368823.67	E
102	742536.48	9368821.61	E
103	742581.96	9368811.69	E
104	742566.72	9368826.11	E
105	742565.90	9368823.22	E
106	742565.17	9368826.15	E
107	742564.69	9368824.42	E
108	742585.25	9368800.80	CPM
109	742584.86	9368797.51	CPM
110	742577.41	9368827.62	E
111	742570.55	9368813.48	E
112	742567.59	9368814.72	E
113	742569.55	9368812.59	E
114	742567.53	9368813.44	E
115	742570.12	9368814.89	J
116	742567.57	9368823.30	J

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
117	742568.84	9368819.11	J
118	742565.00	9368823.17	J
119	742561.55	9368823.01	J
120	742558.15	9368822.84	J
121	742554.56	9368822.63	J
122	742551.17	9368822.43	J
123	742548.67	9368822.38	J
124	742548.51	9368822.37	E
125	742547.21	9368823.36	E
126	742548.21	9368824.48	E
127	742537.61	9368823.98	E
128	742536.36	9368824.16	E
129	742535.87	9368822.89	E
130	742550.75	9368813.59	E
131	742549.34	9368810.76	E
132	742540.06	9368810.38	E
133	742538.66	9368811.99	E
134	742536.58	9368812.50	E
135	742536.50	9368813.84	E
136	742539.41	9368814.01	J
137	742538.83	9368817.23	J
138	742538.25	9368820.46	EST.4
139	742536.55	9368820.36	E
140	742545.17	9368833.75	CCQ

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
141	742546.35	9368833.98	CCQ
142	742536.46	9368830.16	CCQ
143	742535.28	9368829.94	CCQ
144	742553.31	9368795.80	CCQ
145	742551.84	9368795.56	CCQ
146	742542.93	9368794.00	CCQ
147	742541.69	9368793.79	CCQ
148	742493.99	9368817.89	PSR
149	742487.53	9368817.51	PSR
150	742493.92	9368819.14	PSR
151	742493.85	9368820.45	PSR
152	742536.19	9368811.32	E
153	742538.97	9368809.63	E
154	742535.29	9368820.28	J
155	742532.10	9368820.10	J
156	742528.96	9368819.92	J
157	742525.81	9368819.73	J
158	742522.67	9368819.55	J
159	742519.47	9368819.37	J
160	742516.28	9368819.18	J
161	742513.08	9368819.00	J
162	742509.89	9368818.81	J
163	742506.69	9368818.63	J
164	742503.50	9368818.44	J

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
165	742500.30	9368818.25	J
166	742497.11	9368818.07	J
167	742493.91	9368817.88	J
168	742490.72	9368817.70	J
169	742487.52	9368817.51	J
170	742484.33	9368817.33	J
171	742481.14	9368817.14	J
172	742477.94	9368816.96	J
173	742474.75	9368816.77	J
174	742471.55	9368816.59	J
175	742468.36	9368816.40	J
176	742465.16	9368816.22	J
177	742461.97	9368816.03	J
178	742458.77	9368815.85	J
179	742455.58	9368815.66	J
180	742452.38	9368815.47	J
181	742449.19	9368815.29	J
182	742446.00	9368815.10	J
183	742446.18	9368811.86	J
184	742446.37	9368808.62	J
185	742448.89	9368815.27	E
186	742446.54	9368807.27	E
187	742447.07	9368805.92	E
188	742433.31	9368806.33	EST.5

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
189	742444.41	9368831.14	C.SR
190	742435.31	9368824.59	CSR
191	742444.85	9368819.13	E
192	742435.70	9368817.24	E
193	742433.07	9368814.33	E
194	742432.68	9368817.07	E
195	742444.16	9368803.83	E
196	742445.36	9368803.46	E
197	742435.84	9368804.16	E
198	742431.38	9368805.01	E
199	742432.85	9368803.72	E
200	742444.23	9368789.57	CSR
201	742445.42	9368789.57	CSR
202	742436.14	9368775.02	C.SR
203	742435.99	9368789.47	CSR
204	742433.05	9368789.42	CSR
205	742435.73	9368814.49	J
206	742435.76	9368811.03	J
207	742435.80	9368807.58	J
208	742431.57	9368807.34	J
209	742431.25	9368807.32	E
210	742431.33	9368806.02	E
211	742431.17	9368815.45	E
212	742431.24	9368814.23	E

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
213	742427.62	9368807.11	J
214	742422.38	9368806.81	J
215	742416.85	9368813.41	J
216	742412.15	9368806.23	J
217	742407.06	9368805.94	J
218	742402.07	9368805.66	J
219	742396.97	9368805.37	J
220	742392.13	9368805.09	J
221	742387.24	9368804.81	J
222	742382.05	9368804.52	J
223	742376.96	9368804.23	J
224	742371.86	9368803.94	J
225	742366.67	9368803.64	J
226	742361.48	9368803.34	J
227	742356.39	9368803.05	J
228	742350.81	9368809.65	J
229	742345.71	9368809.36	J
230	742341.23	9368809.09	J
231	742341.44	9368805.66	J
232	742341.65	9368802.21	J
233	742350.90	9368810.87	E
234	742350.97	9368809.66	E
235	742345.20	9368802.42	E
236	742329.53	9368808.49	EST.6

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
237	742341.86	9368798.66	E
238	742342.75	9368801.16	E
239	742344.43	9368811.86	E
240	742342.60	9368813.16	E
241	742341.07	9368811.75	E
242	742343.19	9368809.93	E
243	742345.95	9368809.37	E
244	742340.63	9368816.34	CFO
245	742342.28	9368816.49	CFO
246	742340.04	9368822.49	C.FO
247	742330.75	9368812.34	E
248	742330.02	9368811.44	E
249	742332.83	9368811.66	E
250	742330.37	9368809.30	E
251	742332.02	9368810.04	E
252	742328.47	9368810.21	E
253	742328.52	9368809.22	E
254	742328.78	9368802.32	E
255	742332.41	9368801.80	E
256	742333.74	9368800.06	E
257	742330.10	9368799.92	E
258	742331.84	9368798.75	E
259	742328.86	9368800.97	E
260	742334.66	9368789.41	CFO

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
261	742342.66	9368790.39	CFO
262	742344.66	9368790.58	CFO
263	742344.34	9368773.14	C.FO
264	742333.01	9368809.42	J
265	742333.28	9368805.98	J
266	742333.55	9368802.54	J
267	742329.14	9368802.34	J
268	742324.04	9368802.11	J
269	742318.95	9368801.88	J
270	742313.75	9368801.64	J
271	742308.66	9368801.41	J
272	742303.56	9368801.18	J
273	742298.37	9368800.95	J
274	742293.17	9368800.72	J
275	742290.33	9368800.59	J
276	742285.13	9368800.35	J
277	742279.94	9368800.12	J
278	742274.43	9368806.78	J
279	742269.65	9368799.66	J
280	742264.45	9368799.42	J
281	742262.08	9368799.32	J
282	742261.74	9368802.75	J
283	742261.40	9368806.19	J
284	742265.74	9368808.54	E

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
285	742265.90	9368806.39	E
286	742270.27	9368806.59	E
287	742270.22	9368807.59	E
288	742267.62	9368796.41	E
289	742271.16	9368798.37	E
290	742271.08	9368799.72	E
291	742262.91	9368799.01	EST.7
292	742265.23	9368793.47	E
293	742262.43	9368795.70	E
294	742266.37	9368782.97	CL
295	742263.68	9368783.02	CL
296	742264.18	9368777.92	C.L
297	742260.95	9368810.42	E
298	742262.04	9368810.55	E
299	742263.13	9368810.68	E
300	742262.60	9368815.01	CL
301	742261.51	9368814.88	CL
302	742260.39	9368814.97	CL
303	742254.44	9368825.48	C.L

## ANEXOS

## ANEXO 1: TABLAS DE VALORES DEDUCIDOS SEGÚN EL MANUAL PCI ASTM D

6433.

Tabla 57

21. Levantamiento/pandeo (blowup/buckling)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
		3.00	15.00
5.00	4.40	9.60	37.30
10.00	8.30	17.50	58.40
15.00	12.00	25.40	65.80
20.00	15.50	32.40	71.60
25.00	19.00	40.60	76.50
30.00	22.40	47.20	80.70
35.00	25.80	52.80	84.40
40.00	29.10	57.60	87.80
45.00	32.40	61.90	90.90
50.00	34.90	65.80	93.80
55.00	36.20	69.20	97.00
60.00	37.30	72.50	100.00
65.00	38.40	74.80	
70.00	39.40	76.30	
75.00	40.30	77.60	
80.00	41.20	79.00	
85.00	42.00	80.10	
90.00	42.70	81.20	
95.00	43.50	82.20	
100.00	44.20	83.20	

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 58***22. Fisura de esquina (corner break)*

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 59***23. losa dividida (divided slab)*

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>		
	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>H</b>
5.00	5.10	10.70	17.00
10.00	9.80	21.50	32.00
15.00	14.20	28.20	42.70
20.00	18.60	33.30	50.30
25.00	22.90	37.90	56.20
30.00	27.10	42.20	61.00
35.00	31.00	46.10	65.10
40.00	34.50	49.90	68.60
45.00	36.60	53.40	71.80
50.00	38.50	56.80	74.00
55.00	40.20	59.80	76.30
60.00	41.70	62.00	78.40
65.00	43.10	64.00	80.30
70.00	44.50	65.80	82.10
75.00	45.70	67.50	83.70
80.00	46.80	69.10	85.30
85.00	47.90	70.50	86.80
90.00	48.90	71.90	88.10
95.00	49.90	73.30	89.40
100.00	50.80	74.50	90.70

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 60****24. Fisura de durabilidad "d" (durability "d" cracking)**

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>		
	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>H</b>
5.00	2.00	5.00	11.70
10.00	3.60	10.00	23.40
15.00	5.20	14.50	32.80
20.00	6.70	19.00	39.40
25.00	8.30	22.40	44.50
30.00	9.90	25.20	48.70
35.00	11.50	27.60	52.30
40.00	13.20	29.60	55.30
45.00	14.70	31.40	58.10
50.00	15.70	33.00	60.40
55.00	16.60	34.50	61.70
60.00	17.50	35.80	62.90
65.00	18.30	37.10	64.00
70.00	19.00	38.20	65.00
75.00	19.70	39.20	65.90
80.00	20.30	40.20	66.80
85.00	20.90	41.20	67.60
90.00	21.40	42.00	68.40
95.00	22.00	42.90	69.20
100.00	22.50	43.70	69.90

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 61***25. Escalonamiento (faulting)*

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>		
	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>H</b>
5.00	1.50	3.90	7.70
10.00	3.30	8.00	15.40
15.00	5.00	12.00	23.00
20.00	7.50	16.00	29.70
25.00	10.90	20.10	35.30
30.00	13.70	24.10	40.70
35.00	16.10	28.10	46.00
40.00	18.10	32.20	51.00
45.00	19.90	36.20	56.40
50.00	21.60	39.90	61.00
55.00	23.00	42.40	64.90
60.00	24.00	44.10	67.70
65.00	24.90	45.70	70.30
70.00	25.80	47.20	72.70
75.00	26.70	48.60	74.90
80.00	27.40	49.90	77.00
85.00	28.20	51.10	78.90
90.00	28.90	52.20	80.80
95.00	29.50	53.30	82.50
100.00	30.10	54.00	84.20

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 62***27. Desnivel carril-berma (lane-shoulder drop-off)*

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	0.80	2.60	4.10
10.00	1.30	4.60	7.60
15.00	1.60	6.40	10.90
20.00	2.00	8.40	14.10
25.00	2.30	10.00	17.20
30.00	2.60	11.30	19.50
35.00	2.80	12.40	21.80
40.00	3.10	13.30	23.20
45.00	3.30	14.10	24.30
50.00	3.50	14.90	25.40
55.00	3.80	15.60	26.40
60.00	4.00	16.20	27.30
65.00	4.20	16.80	28.10
70.00	4.40	17.30	28.80
75.00	4.60	17.80	29.50
80.00	4.80	18.20	30.20
85.00	5.00	18.70	30.80
90.00	5.20	19.10	31.40
95.00	5.30	19.40	31.90
100.00	5.50	19.80	32.50

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 63** 28. Fisuras lineales: longitudinales, transversales y diagonales (linear cracking)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	3.20	4.00	9.60
10.00	5.90	7.80	19.20
15.00	8.30	11.50	24.20
20.00	10.60	14.40	28.30
25.00	12.80	17.60	31.60
30.00	14.90	20.20	34.70
35.00	16.20	22.40	37.60
40.00	17.20	24.30	40.30
45.00	18.10	26.00	42.80
50.00	18.90	27.50	45.20
55.00	19.60	28.80	47.50
60.00	20.30	30.10	49.70
65.00	20.90	31.20	51.80
70.00	21.40	32.30	53.90
75.00	22.00	33.30	55.80
80.00	22.40	34.20	57.70
85.00	22.90	35.10	59.60
90.00	23.30	35.90	61.40
95.00	23.70	36.70	63.10
100.00	24.10	37.40	64.80

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 64** 29. Parches grandes y parches grandes de cortes utilitarios (área mayor a 0.5m<sup>2</sup>) (large patching and utility cuts)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	41.00
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 65** 30. Parches pequeños (área menor a 0.5m<sup>2</sup>) (small patching)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00		0.90	2.20
10.00		1.70	4.20
15.00	0.60	2.60	6.30
20.00	1.10	3.00	8.40
25.00	1.50	5.00	10.50
30.00	1.80	6.60	12.90
35.00	2.00	8.00	14.50
40.00	2.20	9.20	15.90
45.00	2.40	10.20	17.10
50.00	2.60	11.20	18.20
55.00	2.70	12.00	19.20
60.00	2.90	12.90	20.10
65.00	3.00	13.50	21.00
70.00	3.10	14.40	21.70
75.00	3.30	14.40	22.40
80.00	3.40	14.50	23.10
85.00	3.50	14.60	23.70
90.00	3.60	14.70	24.30
95.00	3.60	14.80	24.90
100.00	3.70	14.80	25.40

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 66****31. Agregado pulido (polished aggregate)**

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR</b>
	<b>DEDUCIDO L, M, H</b>
5.00	0.80
10.00	1.30
15.00	2.80
20.00	3.80
25.00	4.60
30.00	5.30
35.00	5.90
40.00	6.40
45.00	6.80
50.00	7.20
55.00	7.50
60.00	7.80
65.00	8.10
70.00	8.40
75.00	8.60
80.00	8.90
85.00	9.10
90.00	9.30
95.00	9.50
100.00	9.70

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 67***32. Popouts*

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO L, M, H</b>
5.00	0.70
10.00	1.50
15.00	2.30
20.00	3.20
25.00	4.00
30.00	4.80
35.00	5.70
40.00	6.70
45.00	8.00
50.00	9.10
55.00	10.10
60.00	11.10
65.00	11.90
70.00	12.70
75.00	13.40
80.00	13.90
85.00	14.10
90.00	14.30
95.00	14.40
100.00	14.60

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 68****33. Bombeo (pumping)**

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO L, M, H</b>
5.00	3.60
10.00	6.70
15.00	9.50
20.00	12.20
25.00	14.90
30.00	17.40
35.00	19.90
40.00	22.50
45.00	24.30
50.00	26.10
55.00	27.60
60.00	29.40
65.00	30.90
70.00	32.50
75.00	34.00
80.00	34.90
85.00	35.70
90.00	36.50
95.00	37.20
100.00	38.00

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

Tabla 69

## 34. Punzonamiento (punchout)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	7.30	11.60	15.60
10.00	14.50	22.90	31.80
15.00	21.60	32.30	41.90
20.00	27.36	39.00	49.10
25.00	31.90	44.20	54.60
30.00	35.60	48.40	59.20
35.00	38.80	52.00	63.00
40.00	41.50	55.10	66.30
45.00	43.90	57.80	69.30
50.00	46.10	60.30	71.90
55.00	48.10	62.50	74.30
60.00	49.80	64.50	76.40
65.00	51.50	66.40	78.40
70.00	52.70	68.00	80.30
75.00	53.30	68.90	82.00
80.00	53.60	69.40	83.40
85.00	53.90	69.90	84.30
90.00	54.20	70.30	85.10
95.00	54.50	70.80	86.00
100.00	54.80	71.20	86.80

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 70****35. Cruce de vía férrea (railroad crossing)**

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	4.70	9.10	29.00
10.00	8.60	17.60	54.30
15.00	13.20	24.60	63.50
20.00	16.50	29.50	70.00
25.00	19.00	33.40	75.10
30.00	21.10	36.50	79.30
35.00	22.90	39.20	82.50
40.00	24.40	41.50	85.80
45.00	25.70	43.50	88.50
50.00	26.90	45.40	90.90
55.00	28.00	47.00	93.00
60.00	29.00	48.50	95.00
65.00			
70.00			
75.00			
80.00			
85.00			
90.00			
95.00			
100.00			

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 71** 36. Descascaramiento, mapa de fisuras, craquelado (*scaling, map cracking, and crazing*)

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	1.20	4.20	9.30
10.00	2.10	8.00	17.30
15.00	3.80	11.90	24.20
20.00	5.00	14.60	29.10
25.00	5.90	16.70	33.00
30.00	6.70	18.50	36.10
35.00	7.30	20.00	38.70
40.00	7.90	21.20	41.00
45.00	8.30	22.40	43.00
50.00	8.80	23.40	44.80
55.00	9.20	24.30	47.00
60.00	9.50	25.10	49.20
65.00	9.90	25.90	51.20
70.00	10.20	26.60	53.20
75.00	10.50	27.30	55.20
80.00	10.70	27.90	57.30
85.00	11.00	28.50	59.30
90.00	11.20	29.00	61.30
95.00	11.40	29.50	63.30
100.00	11.70	30.00	65.30

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 72****37. Fisuras de contracción (shrinkage cracks)**

<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO L</b>
5.00	
10.00	
15.00	
20.00	
25.00	0.50
30.00	1.00
35.00	1.40
40.00	1.80
45.00	2.10
50.00	2.40
55.00	2.60
60.00	2.90
65.00	3.10
70.00	3.30
75.00	3.50
80.00	3.60
85.00	3.80
90.00	4.00
95.00	4.10
100.00	4.30

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 73****38. Descasacaramiento de esquina (spalling, corner)**

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	0.50	1.60	3.30
10.00	1.30	3.10	7.00
15.00	2.00	4.70	10.10
20.00	2.70	5.90	13.20
25.00	4.40	8.30	15.70
30.00	5.80	10.20	17.70
35.00	6.90	11.90	19.30
40.00	8.00	13.30	20.80
45.00	8.90	14.50	22.10
50.00	9.70	15.60	23.20
55.00	10.40	16.70	24.30
60.00	11.10	17.60	25.20
65.00	11.70	18.40	26.10
70.00	12.20	19.20	26.90
75.00	12.80	19.90	27.60
80.00	13.30	20.60	28.30
85.00	13.70	21.30	29.00
90.00	14.20	21.90	29.60
95.00	14.60	22.40	30.20
100.00	15.00	23.00	30.80

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 74***39. Descasacaramiento de junta (spalling, joint)*

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
5.00	1.40	2.00	7.00
10.00	2.40	4.00	13.40
15.00	3.20	6.10	19.70
20.00	4.20	8.30	24.20
25.00	5.40	10.80	28.50
30.00	6.50	12.80	31.90
35.00	7.63	14.50	34.90
40.00	8.10	16.00	37.40
45.00	8.80	17.30	39.70
50.00	9.40	18.40	41.70
55.00	9.90	19.50	43.50
60.00	10.40	20.40	45.20
65.00	10.90	21.30	46.70
70.00	11.30	22.10	48.10
75.00	11.70	22.90	49.40
80.00	12.10	23.60	50.60
85.00	12.40	24.20	51.80
90.00	12.70	24.90	52.90
95.00	13.00	25.50	53.90
100.00	13.30	26.00	54.90

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**Tabla 75***Tabla de Valores deducidos corregidos*

TOTAL DE VALORES DEDUCIDOS	VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS					
	q1	q2	q3	q4	q6	q9
0	0.0					
10	10.0					
11	11.0	8.0				
16	16.0	12.4	8			
20	20.0	16.0	11			
27	27.0	21.9	15.9	14		
30	30.0	24.5	18	16		
35	35.0	28.5	21.7	19.2	15	
40	40.0	32.0	25.4	22.5	18	
50	50.0	39.5	32	29	24	
57	57.0	44.0	36.9	33.4	28.2	24
60	60.0	46.0	38.5	35.2	30	25
70	70.0	52.5	45	41.1	36	30
80	80.0	58.5	51.4	47	41.5	35
90	90.0	64.5	57.4	52.5	47	39.5
100	100.0	70.0	63	58	52	44
110		75.5	68.5	63	57	49
120		81.0	74	67.8	62	53
130		86.0	78.9	72.5	66.5	58
140		90.5	84	77	71	62.5
150		95.0	88.4	81.5	75	67
160		99.5	93	85.5	79	71
161		100.0	93.4	86	79.4	71.4
170			97	89.6	83	75
177			100	92.6	85.1	77.8
180				94	86	79
190				98	90	82.5
195				99.5	91.5	84.3
200				100	93	86

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

**ANEXO 2: TIPO DE FALLAS Y MEDICIÓN SEGÚN MANUAL PCI ASTM D 6433**

**Tabla 76**

*Resumen de tipo de falla y sus rangos de medición*

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS	CÓDIGO DE FALLA	RANGOS DE MEDICIÓN		
		LEVE (L)	MEDIANA (M)	ALTA (H)
		SIN		
LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)	21	MEDICION (S/M)	S/M	S/M
FISURA DE ESQUINA (Corner Break)	22	< 13 mm	13 mm < M < 50mm	> 50 mm
LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)	23	2-3 PIEZAS	4-5 PIEZAS	> 5 PIEZAS
FISURA DE DURABILIDAD "D" (Durability "D" Cracking)	24	< 15% área de la losa	> 15% área de la losa/no se desprende	> 15% A. de la losa /se desprende
ESCALONAMIENTO (Faulting)	25	3-10 mm	10-20 mm	> 20 mm

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS	CÓDIGO DE FALLA	RANGOS DE MEDICIÓN		
		LEVE (L)	MEDIANA (M)	ALTA (H)
DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA (Joint Seal Damage)	26	(S/M)	S/M	S/M
DESNIVEL CARRIL-BERMA (Lane-Shoulder Drop-Off)	27	26 mm - 50 mm	51 mm - 100 mm	> 100 mm
FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES (Linear Cracking)	28	≤ 13 mm	14 mm - 50 mm	> 50 mm
PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Large Patching and Utility Cuts)	29	El parche funciona bien	Parche moderadamente deteriorado	El parche está severamente deteriorado

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS	CÓDIGO DE FALLA	RANGOS DE MEDICIÓN		
		LEVE (L)	MEDIANA (M)	ALTA (H)
PARCHES PEQUEÑOS (área menor a 0.5m <sup>2</sup> ) (Small Patching)	30	El parche funciona bien	Parche moderadamente deteriorado	El parche está severamente deteriorado
AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)	31	(S/M)	S/M	S/M
POPOUTS	32	(S/M)	S/M	S/M
BOMBEO (Pumping)	33	(S/M)	S/M	S/M
PUNZONAMIENTO (Punchout)	34	2 -3 piezas	4 - 5 piezas	> a 5 piezas
CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)	35	(S/M)	S/M	S/M
DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)	36	Solo se visualiza	<15% área de la losa	> 15% área de la losa
FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)	37	(S/M)	S/M	S/M

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS	CÓDIGO DE FALLA	RANGOS DE MEDICIÓN		
		LEVE (L)	MEDIANA (M)	ALTA (H)
DESCASACARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)	38	profundidad < 25 mm	profundidad (26 - 50) mm	profundidad > 51 mm
DESCASACARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)	39	Las piezas están apretadas	Algunas piezas están sueltas	La mayoría de las piezas están perdidas o han sido removidas

Fuente: MANUAL PCI ASTM D 6433

A handwritten signature in purple ink, consisting of a large, stylized 'F' followed by a vertical line and a horizontal stroke that extends to the right.

---

FRANKLIN REGALADO CARRIÓN  
Bachiller en Ingeniería  
DNI N°: 47490002

---

MCS. ING. MARÍA SALOMÉ  
DE LA TORRE RAMÍREZ  
Asesora