



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Tesis:

DETERMINACION DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD E INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y DRON.

**Presentado por el Bach:**

Luis Brayan Lanado Huacac

**Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil**

**Asesor:**

Mgt. Ing. Jean Fernando Perez Montesinos

**CUSCO – PERU**

**2021**



### **DEDICATORIA**

A mis padres; Luis y Lucrecia, por su esfuerzo,  
paciencia y amor infinito.



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios y a la virgen María, por darme fortaleza y sabiduría.

Agradezco a mis padres, hermana, enamorada y a mi familia, por motivarme y brindarme su apoyo.



## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar el estado actual del pavimento flexible de la vía Izcuchaca – Huarrocondo, aplicando los métodos de Índice de Serviciabilidad de Pavimento (PSI) y el Índice de Condición de Pavimento (PCI).

Para la determinación del PSI, se midió la regularidad superficial de la vía utilizando el rugosímetro de Merlín, efectuando 18 ensayos basándonos en la norma ASTM E867 – 06 (Standard Terminology Relating To Vehicle – Pavement Systems). El trabajo de campo de este método, consistió en registrar los datos de elevación y depresión que adopta el puntero en el tablero del Rugosímetro de Merlín.

Para la determinación del PCI, se realizó el diagnóstico visual de fallas en el programa CIVIL 3D para las 12 unidades de muestreo aplicando el método del PCI, basado en la norma ASTM D6433 – 07 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys). El trabajo para este método consistió en hacer un levantamiento de imágenes georreferenciadas con la ayuda del DRONE, para luego llevar a gabinete y realizar un inventario de fallas, registrando la severidad y la cantidad de las mismas.

Del estudio realizado se obtuvo para el carril derecho un IRI de 4.87 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “Malo” y para el carril izquierdo un IRI de 4.14 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “Malo”, también se obtuvo un PSI para el carril derecho de 2.11 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “REGULAR” y para el carril izquierdo se obtuvo un PSI de 2.38 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “REGULAR”

El resultado del índice de condición de pavimento de la vía Izcuchaca-Huarrocondo fue de 45 que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “REGULAR”, por lo tanto, la vía necesita una intervención de REHABILITACION.

Palabras Clave: IRI, PCI, PSI, regularidad superficial, rugosidad, pavimento, fallas en el pavimento



## ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine the current state of the flexible pavement of the Izcuchaca - Huarcocondo road, applying the Pavement Serviceability Index (PSI) and the Pavement Condition Index (PCI) methods.

For the determination of the PSI, the surface regularity of the road was measured using the Merlin roughness meter, carrying out 18 tests based on the ASTM E867-06 standard (Standard Terminology Relating To Vehicle - Pavement Systems). The field work of this method consisted of recording the elevation and depression data that the pointer adopts on the Merlin Roughometer board.

For the determination of the PCI, the visual diagnosis of failures was carried out in the CIVIL 3D program for the 12 sampling units applying the PCI method, based on the ASTM D6433 - 07 standard (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys ). The work for this method consisted of making a survey of georeferenced images with the help of the DRONE, and then taking it to the office and making an inventory of failures, recording their severity and quantity.

From the study carried out, an IRI of 4.87 m / km was obtained for the right lane, which represents that the Pavement is in a “Bad” Rating Range and for the left lane an IRI of 4.14 m / km, which represents that the Pavement is in a Rating Range “Bad”, a PSI of 2.11 m / km was also obtained for the right lane which represents that the Pavement is in a “REGULAR” Rating Range and for the left lane a PSI of 2.38 m / km was obtained which represents that the Pavement is in a “REGULAR” Rating Range

The result of the pavement condition index of the Izcuchaca-Huarcocondo road was 45, which represents that the Pavement is in a “REGULAR” Rating Range, therefore, the road needs a REHABILITATION intervention.

Key Words: IRI, PCI, PSI, surface regularity, roughness, pavement, pavement faults



## INTRODUCCION

La presente tesis tiene por finalidad evaluar superficialmente la vía Izcuchaca-Huarocondo determinando el Índice de Serviciabilidad (PSI), el cual se determinara a partir de la Rugosidad (IRI) utilizando el rugosímetro de merlin, este índice califica la superficie de un pavimento de acuerdo a una escala la cual mide el nivel de servicio que presenta la vía, y también el Índice de Condición del Pavimento (PCI) utilizando el dron, método que consiste en determinar la calificación del pavimento mediante la inspección visual de fallas que puedan presentarse y cuantificarlas cada una de ellas.

De esta manera estos dos índices dan a conocer el estado del pavimento de esta vía, lo que es un aporte para determinar la intervención que necesitará esta vía y servirá como antecedente para estudios posteriores.



## INDICE

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCION .....	6
CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.1.    Identificación del Problema .....	14
1.1.1.    Descripción del Problema .....	14
1.1.2.    Formulación interrogativa del problema.....	15
1.1.3.    Formulación interrogativa del problema general .....	15
1.1.4.    Formulación interrogativa de los problemas específicos.....	15
1.2.    Justificación .....	15
1.2.1.    Justificación técnica .....	15
1.2.2.    Justificación social .....	15
1.2.3.    Justificación por vialidad .....	16
1.2.4.    Justificación por relevancia.....	16
1.3.    Limitaciones de la investigación.....	16
1.4.    Objetivos de Investigación.....	16
1.4.1.    Objetivo General.....	16
1.4.2.    Objetivos Específicos.....	16
CAPITULO 2 MARCO TEORICO.....	18
2.1.    Antecedentes Del Estudio.....	18
2.1.1.    Antecedentes Internacionales.....	18
2.1.2.    Antecedentes Nacionales .....	19
2.2.    Bases Teóricas .....	20
2.2.1.    Pavimento .....	20
2.2.2.    Índice De Serviciabilidad (PSI) .....	22
2.2.3.    Rugosidad .....	22
2.2.4.    Índice De Rugosidad Internacional (IRI).....	22
2.2.5.    Relación entre el PSI y el IRI .....	30
2.2.6.    Índice de condición de pavimento (PCI) .....	30
2.2.7.    Tipos De Fallas .....	32
2.2.8.    Pasos para la determinación del PCI.....	52
2.2.9.    Vehículos Aéreos No Tripulados.....	65
2.2.10.    Método VANT .....	65
2.2.10.1.    Herramientas y Materiales .....	65
2.3.    Hipótesis .....	67
2.3.1.    Hipótesis General.....	67
2.3.2.    Sub Hipótesis .....	67
2.4.    Definición de variables .....	67
2.4.1.    Variables Dependientes .....	67



2.4.2.	Variables independientes .....	67
2.4.3.	Cuadro de operacionalización de variables.....	68
CAPITULO 3 METODOLOGIA .....		69
3.1.	Metodología de la tesis .....	69
3.1.1.	Enfoque de la investigación .....	69
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación.....	69
3.1.3.	Método de investigación .....	69
3.2.	Diseño de la investigación .....	69
3.2.1.	Diseño metodológico .....	69
3.2.2.	Diseño de ingeniería .....	70
3.3.	Población y muestra .....	71
3.3.1.	Población.....	71
3.3.2.	Muestra .....	71
3.3.3.	Criterios de inclusión .....	72
3.4.	Instrumentos.....	73
3.4.1.	Instrumentos metodológicos .....	73
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería.....	74
3.5.	Procedimiento de recolección de datos.....	75
3.5.1.	Procedimiento de recolección de datos con el Rugosímetro de Merlin.....	75
3.5.2.	Procedimiento de recolección de datos con DRON.....	96
3.6.	Procedimiento de análisis de datos .....	130
3.6.1.	Procedimiento de análisis de datos del PSI.....	130
3.6.2.	Procedimientos de análisis de datos del PCI.....	170
CAPITULO 4 RESULTADOS.....		187
4.1.	Resultados de la determinación del Índice De rugosidad Internacional e Índice de Serviciabilidad del pavimento.....	187
4.1.1.	Resumen de resultados Carril Derecho.....	187
4.1.2.	Resumen de resultados Carril Izquierdo .....	189
4.2.	Resultados de la determinación del Índice De Condición del pavimento .....	191
4.2.1.	Resumen de resultados de la determinación del Índice De Condición del pavimento.....	191
4.2.2.	Resumen de resultados de la determinación de fallas de pavimento .....	191
CAPITULO 5 DISCUSIÓN .....		193
GLOSARIO .....		195
CONCLUSIONES .....		197
RECOMENDACIONES.....		199
REFERENCIAS.....		200
ANEXOS .....		202
ANEXO A: Ortofotos por kilometro .....		202





## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 valores del PSI.....</i>	22
<i>Tabla 2 Escala de rugosidad IRI (m/km).....</i>	23
<i>Tabla 3 Rugosidad IRI m/km-Según el tipo de carretera con carpeta Asfáltica en caliente.....</i>	24
<i>Tabla 4 Tipo de intervención de acuerdo al rango de PCI. ....</i>	32
<i>Tabla 5 tamaño de la muestra .....</i>	52
<i>Tabla 6 Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.....</i>	64
<i>Tabla 7 Cuadro de operacionalizacion de variables.....</i>	68
<i>Tabla 8 Formato de recoleccion de datos para el indice de rugosidad .....</i>	73
<i>Tabla 9 Formato de recoleccion de datos para el PCI .....</i>	74
<i>Tabla 10 Toma de datos del ensayo N° 1 carril derecho método IRI .....</i>	78
<i>Tabla 11 Toma de datos del ensayo N° 2 carril derecho método IRI .....</i>	79
<i>Tabla 12 Toma de datos del ensayo N° 3 carril derecho método IRI .....</i>	80
<i>Tabla 13 Toma de datos del ensayo N° 4 carril derecho método IRI .....</i>	81
<i>Tabla 14 Toma de datos del ensayo N° 5 carril derecho método IRI .....</i>	82
<i>Tabla 15 Toma de datos del ensayo N° 6 carril derecho método IRI .....</i>	83
<i>Tabla 16 Toma de datos del ensayo N° 7 carril derecho método IRI .....</i>	84
<i>Tabla 17 Toma de datos del ensayo N° 8 carril derecho método IRI .....</i>	85
<i>Tabla 18 Toma de datos del ensayo N° 9 carril derecho método IRI .....</i>	86
<i>Tabla 19 Toma de datos del ensayo N° 1 carril izquierdo método IRI .....</i>	87
<i>Tabla 20 Toma de datos del ensayo N° 2 carril izquierdo método IRI .....</i>	88
<i>Tabla 21 Toma de datos del ensayo N° 3 carril izquierdo método IRI .....</i>	89
<i>Tabla 22 Toma de datos del ensayo N° 4 carril izquierdo método IRI .....</i>	90
<i>Tabla 23 Toma de datos del ensayo N° 5 carril izquierdo método IRI .....</i>	91
<i>Tabla 24 Toma de datos del ensayo N° 6 carril izquierdo método IRI .....</i>	92
<i>Tabla 25 Toma de datos del ensayo N° 7 carril izquierdo método IRI .....</i>	93
<i>Tabla 26 Toma de datos del ensayo N° 8 carril izquierdo método IRI .....</i>	94
<i>Tabla 27 Toma de datos del ensayo N° 9 carril izquierdo método IRI .....</i>	95
<i>Tabla 28 Determinación de muestreo para evaluar la vía .....</i>	115
<i>Tabla 29 Toma de datos para el PCI Muestra N°1 .....</i>	118
<i>Tabla 30 Toma de datos para el PCI Muestra N°2 .....</i>	119
<i>Tabla 31 Toma de datos para el PCI Muestra N°3 .....</i>	120
<i>Tabla 32 Toma de datos para el PCI Muestra N°4 .....</i>	121
<i>Tabla 33 Toma de datos para el PCI Muestra N°5 .....</i>	122
<i>Tabla 34 Toma de datos para el PCI Muestra N°6 .....</i>	123
<i>Tabla 35 Toma de datos para el PCI Muestra N°7 .....</i>	124
<i>Tabla 36 Toma de datos para el PCI Muestra N°8 .....</i>	125
<i>Tabla 37 Toma de datos para el PCI Muestra N°9 .....</i>	126
<i>Tabla 38 Toma de datos para el PCI Muestra N°10 .....</i>	127
<i>Tabla 39 Toma de datos para el PCI Muestra N°11 .....</i>	128
<i>Tabla 40 Toma de datos para el PCI Muestra N°12 .....</i>	129
<i>Tabla 41 Repeticiones de los valores del casillero.....</i>	130
<i>Tabla 42 estado vial según rugosidad .....</i>	133
<i>Tabla 43 Calificación del PSI.....</i>	133
<i>Tabla 44 Procesamiento de datos del ensayo N° 1 carril derecho método IRI.....</i>	134
<i>Tabla 45 Histograma del ensayo N° 1 carril derecho método IRI.....</i>	135



<i>Tabla 46 Procesamiento de datos del ensayo N° 2 carril derecho método IRI.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 47 Histograma del ensayo N° 2 carril derecho método IRI.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 48 Procesamiento de datos del ensayo N° 3 carril derecho método IRI.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 49 Histograma del ensayo N° 3 carril derecho método IRI.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 50 Procesamiento de datos del ensayo N° 4 carril derecho método IRI.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 51 Histograma del ensayo N° 4 carril derecho método IRI.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 52 Procesamiento de datos del ensayo N° 5 carril derecho método IRI.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 53 Histograma del ensayo N° 5 carril derecho método IRI.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 54 Procesamiento de datos del ensayo N° 6 carril derecho método IRI.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 55 Histograma del ensayo N° 6 carril derecho método IRI.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 56 Procesamiento de datos del ensayo N° 7 carril derecho método IRI.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 57 Histograma del ensayo N° 7 carril derecho método IRI.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 58 Procesamiento de datos del ensayo N° 8 carril derecho método IRI.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 59 Histograma del ensayo N° 8 carril derecho método IRI.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 60 Procesamiento de datos del ensayo N° 9 carril derecho método IRI.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 61 Histograma del ensayo N° 9 carril derecho método IRI.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 62 Procesamiento de datos del ensayo N°1 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 63 Histograma del ensayo N° 1 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 64 Procesamiento de datos del ensayo N°2 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 65 Histograma del ensayo N° 2 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 66 Procesamiento de datos del ensayo N°3 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 67 Histograma del ensayo N° 3 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 68 Procesamiento de datos del ensayo N°4 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 69 Histograma del ensayo N° 4 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 70 Procesamiento de datos del ensayo N°5 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 71 Histograma del ensayo N° 5 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 72 Procesamiento de datos del ensayo N°6 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 73 Histograma del ensayo N° 6 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 74 Procesamiento de datos del ensayo N°7 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 75 Histograma del ensayo N° 7 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 76 Procesamiento de datos del ensayo N°8 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 77 Histograma del ensayo N° 8 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 78 Procesamiento de datos del ensayo N°9 carril izquierdo método IRI .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 79 Histograma del ensayo N° 9 carril izquierdo método IRI.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 80 Procedimiento para la sumatoria de fallas .....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 81 Procedimiento para el cálculo de densidad .....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 82 cálculo del valor deducido .....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 83 Reducción de los valores deducidos individuales al máximo admisible de valores deducidos “m” .....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 84 Máximo valor deducido corregido .....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 85 Procesamiento de datos de la muestra N°1 del PCI .....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 86 Procesamiento de datos de la muestra N°2 del PCI .....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 87 Procesamiento de datos de la muestra N°3 del PCI .....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 88 Procesamiento de datos de la muestra N°4 del PCI .....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 89 Procesamiento de datos de la muestra N°5 del PCI .....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 90 Procesamiento de datos de la muestra N°6 del PCI .....</i>	<i>180</i>



<i>Tabla 91 Procesamiento de datos de la muestra N°7 del PCI .....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 92 Procesamiento de datos de la muestra N°8 del PCI .....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 93 Procesamiento de datos de la muestra N°9 del PCI .....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 94 Procesamiento de datos de la muestra N°10 del PCI .....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 95 Procesamiento de datos de la muestra N°11 del PCI .....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 96 Procesamiento de datos de la muestra N°12 del PCI .....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 97 Resumen de resultados carril derecho .....</i>	<i>187</i>
<i>Tabla 98 clasificación IRI carril derecho.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 99 clasificación PSI carril derecho.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 100 Resumen de resultados carril derecho .....</i>	<i>189</i>
<i>Tabla 101 clasificación IRI carril izquierdo .....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 102 clasificación PSI carril izquierdo.....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 103 Resumen de resultados de la determinación del PCI.....</i>	<i>191</i>
<i>Tabla 104 Resumen total de fallas en la vía Izcuchaca-Huarocondo .....</i>	<i>191</i>



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ubicación del tramo</i> .....	14
<i>Figura 2 Sección típica de un pavimento flexible</i> .....	21
<i>Figura 3 Equipo de Merlin</i> .....	26
<i>Figura 4 Equipo de Merlin-corte</i> .....	26
<i>Figura 5 Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación.</i> .....	31
<i>Figura 6 Valor deducido- PIEL DE COCODRILO</i> .....	54
<i>Figura 7 Valor deducido- EXUDACION</i> .....	54
<i>Figura 8 Valor deducido- FISURAS EN BLOQUE</i> .....	55
<i>Figura 9 Valor deducido- ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS</i> .....	55
<i>Figura 10 Valor deducido- CORRUGACION</i> .....	56
<i>Figura 11 Valor deducido- DEPRESION</i> .....	56
<i>Figura 12 Valor deducido- FISURA DE BORDE</i> .....	57
<i>Figura 13 Valor deducido- FISURAS DE REFLEXION DE JUNTA</i> .....	57
<i>Figura 14 Valor deducido- DESNIVEL CARRIL BERMA</i> .....	58
<i>Figura 15 Valor deducido- FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES</i> .....	58
<i>Figura 16 Valor deducido- PARCHES Y PARCHES DE CORTES UTILITARIOS</i> .....	59
<i>Figura 17 Valor deducido- PULIDO DE AGREGADO</i> .....	59
<i>Figura 18 Valor deducido- BACHES</i> .....	60
<i>Figura 19 Valor deducido- AHUELLAMIENTO</i> .....	60
<i>Figura 20 Valor deducido-DESPLAZAMIENTO</i> .....	61
<i>Figura 21 Valor deducido-FISURA PARABOLICA</i> .....	61
<i>Figura 22 Valor deducido-PELADURA Y DESPRENDIMIENTO</i> .....	62
<i>Figura 23 Valor deducido-PELADURA Y DESPRENDIMIENTO</i> .....	62
<i>Figura 24 Ajuste del número del valor deducido</i> .....	63
<i>Figura 25 Valor deducido corregido para pavimentos asfálticos</i> .....	64
<i>Figura 26 Multirrotor DJI Phantom 4 Pro</i> .....	66
<i>Figura 27 Modelado en el CIVIL 3D</i> .....	66
<i>Figura 28 rugosímetro de merlin</i> .....	75
<i>Figura 29 Inicio de levantamiento de datos de rugosidad</i> .....	76
<i>Figura 30 Proceso de levantamiento de datos</i> .....	77
<i>Figura 31 Identificación de área de campo</i> .....	100
<i>Figura 32 Proceso de levantamiento de datos</i> .....	101
<i>Figura 33 Bitácora 1</i> .....	102
<i>Figura 34 Bitácora 2</i> .....	103
<i>Figura 35 Bitácora 3</i> .....	104
<i>Figura 36 Bitácora 4</i> .....	105
<i>Figura 37 DEM 1</i> .....	106
<i>Figura 38 Ortomosaico</i> .....	108
<i>Figura 39 Posición de cámaras</i> .....	111
<i>Figura 40 Ortofoto de la zona de estudio por kilometro</i> .....	116
<i>Figura 41 Determinación del área de fallas</i> .....	116
<i>Figura 42 Histograma de distribución de frecuencias</i> .....	130
<i>Figura 43 Histograma con datos eliminados</i> .....	131
<i>Figura 44 valor deducido-FISURAS EN BLOQUE</i> .....	171
<i>Figura 45 Valor de deducción corregido, pavimentos asfálticos, metodología PCI</i> .....	173



<i>Figura 46 Variación del índice de rugosidad carril derecho.....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 47 Variación del índice de serviciabilidad carril derecho .....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 48 Variación del índice de rugosidad carril izquierdo.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 49 Variación del índice de serviciabilidad carril izquierdo.....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 50 porcentaje total de fallas .....</i>	<i>192</i>

## CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema

La vía comprende 10.40 km de largo y 6 metros de ancho, el cual une a los distritos de Izcuchaca y Huarucondo, la estructura tiene la conformación de sub base con un espesor de 0.15 m, base de 0.15 m y 5 cm de carpeta asfáltica.

Esta vía fue construida por el gobierno regional a cargo de El Proyecto Especial Regional Plan COPESCO, dicho proyecto se realizó en dos etapas, la primera se inició en el año 1995 y la segunda en 1996.

El ultimo mantenimiento que se realizó en esta vía fue el año 2011 a cargo de la Dirección de Transportes y Comunicaciones Cusco, posteriormente no se hizo ninguna intervención.



Figura 1 Ubicación del tramo

Fuente Google Maps



### **1.1.2. Formulación interrogativa del problema**

### **1.1.3. Formulación interrogativa del problema general**

¿Cuál es el estado actual del Pavimento Flexible de la Ruta Cu-100 tramo Izcuchaca - Huarrocondo, según el Índice de serviciabilidad y el índice del Condición del Pavimento?

### **1.1.4. Formulación interrogativa de los problemas específicos**

#### **Problema específico N° 01.**

¿Cuál es el Índice de Rugosidad del Pavimento de la Ruta Cu-100 tramo Izcuchaca – Huarrocondo, utilizando el rugosímetro de Merlín?

#### **Problema específico N° 02.**

¿Cuál es el índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca – Huarrocondo?

#### **Problema específico N° 03.**

¿Cuáles son Las fallas de pavimento de la Ruta Cu-100 tramo Izcuchaca – Huarrocondo según la inspección visual de fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos y otras fallas, utilizando el dron?

#### **Problema específico N° 04.**

¿Cuál es el Índice de Condición del Pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca – Huarrocondo?

## **1.2. Justificación**

### **1.2.1. Justificación técnica**

El proyecto de tesis “DETERMINACION DEL INDICE DE SERVICIALIDAD E INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUARROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y DRON” tiene como finalidad principal evaluar la condición superficial del pavimento flexible, determinando el PSI y PCI, para conocer el estado actual de esta vía de comunicación.

### **1.2.2. Justificación social**

La siguiente investigación tiene como finalidad brindar resultados para la evaluación de dicha vía, realizar el mantenimiento adecuado para la buena transitabilidad de los vehículos y así beneficiar a la población aledaña.



### 1.2.3. Justificación por vialidad

La siguiente investigación de pavimento flexible es viable, ya que contamos con los recursos e instrumentos necesarios para evaluar dicho tramo, también contamos con el libre acceso a esta vía de comunicación.

### 1.2.4. Justificación por relevancia

Conocer el estado del pavimento del Tramo Izcuchaca - Huarocondo es necesario para evaluar su adecuado funcionamiento y operatividad, al ser una vía de comunicación importante en la región.

Es necesario el mantenimiento del pavimento, conocer el deterioro que ha sufrido un pavimento, mediante este se puede conseguir una proyección para un futuro en la vía evaluada.

### 1.3. Limitaciones de la investigación

- ✓ El estudio solo comprende únicamente pavimentos flexibles.
- ✓ Solo se estudia la parte superficial, mas no la parte estructural.
- ✓ Esta investigación se basó en la normativa ASTM D6433 para el PCI y AASHTO.
- ✓ Para la evaluación de Rugosidad de Pavimento, se utilizará únicamente el equipo llamado Rugosímetro Merlín.
- ✓ Para la evaluación de Condición del pavimento se utilizará el DRONE

### 1.4. Objetivos de Investigación

#### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar el estado del pavimento flexible de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo, según su índice de serviciabilidad e índice de condición del pavimento actual, determinando en función a la rugosidad y fallas del pavimento.

#### 1.4.2. Objetivos Específicos

##### Objetivos Específicos N° 01.

Determinar el Índice de Rugosidad del Pavimento de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo, utilizando el rugosímetro de merlin.

##### Objetivos Específicos N° 02.

Determinar el Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo





**Objetivos Específicos N° 03.**

Determinar las fallas de pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo según la inspección visual de fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos y otras fallas utilizando el dron.

**Objetivos Específicos N° 04.**

Determinar el Índice de Condición del Pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo.



## **CAPITULO 2 MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes Del Estudio**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

AUTOR: ANGARITA ARIAS LILIANA FERNANDA

SÁNCHEZ ARCHILA JUAN CARLOS

TÍTULO: COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) A PARTIR DE INFORMACIÓN OBTENIDA POR MÉTODOS FOTOGAMÉTRICOS

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

LUGAR: BOGOTÁ

AÑO: 2017

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el IRI mediante metodología fotogramétrica y métodos tradicionales de topografía, en un trayecto de vía compuesta por pavimento flexible.

CONCLUSIONES:

- Los tiempos de recolección de la información empleando fotogrametría son inferiores frente a métodos convencionales, minimizando impactos como cierre de vías por lapsos de tiempo extensos ya que esta captura de información solo tarda unos minutos en tramos considerables y se minimiza el riesgo de accidentalidad laboral ya que no se debe tener personal expuesto sobre la vía.

AUTOR: Ing. Marco Vinicio Carrera Uquilla

TÍTULO: EVALUACIÓN DE PAVIMENTO UTILIZANDO EL MÉTODO PCI Y SU APLICACIÓN EN EL PASO LATERAL DE PORTOVIEJO DESDE LA VÍA PORTOVIEJO – MEJÍA HASTA EL REDONDEL DE PICOAZÁ.

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

LUGAR: Portoviejo – Manabí – Ecuador

AÑO: 2011

El trabajo realizado en este ejercicio de tesis consiste en el empleo del índice PCI (Present Condition Index), muy empleado en varios países de América Latina, para la valoración del estado del pavimento de la referida carretera. Este índice toma valores que oscilan entre 0 (para



la condición de fallado) hasta 100 (estado excelente). Para llegar a él se llevó a cabo una inspección visual detallada en toda la superficie del pavimento y sus elementos del drenaje y se recopiló la limitada información existente procedente del proyecto vial ejecutado, el historial de la carretera y el tráfico que la solicita.

**CONCLUSIONES:**

- La inspección de campo arrojó el estado detallado del pavimento, según los deterioros presentes en cada una de las 95 unidades, los que fueron clasificados según el tipo, la extensión de pavimento que afectan y la severidad que presentan. Atendiendo a estos deterioros, así caracterizados, se calculó la puntuación entre 0 y 100 que debía recibir cada unidad de prueba, de manera que las que obtuvieron mayor puntuación reflejaban un mejor estado global de la porción de pavimento que comprenden.

**2.1.2. Antecedentes Nacionales**

AUTOR: Llerena Herrera, Yubitza Julia Esther

Torres Guzmán, Cynthia Vanessa

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN E ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA NACIONAL PE-28G, EN EL TRAMO PISAC-CALCA – 2016”

INSTITUCIÓN: Universidad Andina del Cusco

LUGAR: Cusco-Perú

AÑO: 2016

La siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar el PSI y PCI del pavimento flexible en el tramo Pisac – Calca.

**CONCLUSIONES:**

- Según nuestros resultados se obtuvimos el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de que el pavimento está dentro de un rango de calificación Bueno y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) demuestran que el pavimento está dentro un rango de calificación Regular; esto significa que el pavimento del Tramo Pisac – Calca es adecuado para su transitabilidad.



## TITULO: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE VÍAS URBANAS EMPLEANDO VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (VANT)

- Ubicación: Av. Separadora Industrial cuadras 8-10, Ate, Lima – Perú.
- Tipo de Pavimento: Flexible
- Longitud: 520 m.
- Ancho de Calzada: 6 m.
- Configuración del tránsito: Autos, motos lineales, camiones, buses y camiones.

### CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION:

- ✓ La evaluación superficial de pavimentos empleando imágenes georreferenciadas obtenidas de un VANT es conveniente para gestionar actividades de mantenimiento y/o rehabilitación de las vías urbanas optimizando los recursos de los gobiernos municipales.
- ✓ El uso del vehículo aéreo no tripulado permite el levantamiento de información en corto tiempo, sin interrumpir el tráfico ni poner en riesgo la vida de los inspectores en comparación con el método convencional.
- ✓ La edición de la ortofoto permite evaluar toda la vía de estudio, ubicando cada falla, severidad y su cantidad correspondiente, que articula como insumo con el método PCI.
- ✓ La información relevada por el VANT puede ser reproducible en cualquier momento a fin de analizar la evolución de las fallas en el tiempo y establecer las medidas preventivas de conservación.
- ✓ El método VANT permite una inspección más rápida, generando información fidedigna del estado existente del pavimento, además se puede elaborar planos que acompaña a los metrados para priorizar el mantenimiento de las zonas de bajo índice de condición.
- ✓ La evaluación superficial de pavimentos empleando imágenes georreferenciadas es conveniente para gestionar actividades de mantenimiento y/o rehabilitación de las vías urbanas.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Pavimento

“Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de

una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento” (Montejo, 2002).

Según (MTC, 2014), generalmente el pavimento está formado por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

- 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 sostener directamente el tránsito” (MTC, 2014).
- Base: “Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como función principal de sostener, distribuir y transmitir cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ( $CBR > 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento” (MTC, 2014).
- Subbase: “Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Esta capa puede ser de material granular ( $CBR > 40\%$ ) o tratado con cal, asfalto o cemento” (MTC, 2014).

#### 2.2.1.1. Pavimento Flexible

“El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente” (MTC, 2014).

En la figura siguiente se muestra un corte de la sección típica de un pavimento flexible, donde se aprecia en la parte superior una carpeta bituminosa, este apoyada sobre dos capas granulares, que se les conoce como base y subbase.

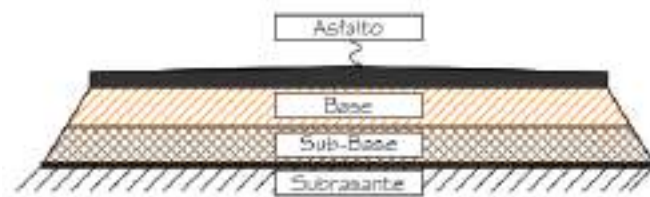


Figura 2 Sección típica de un pavimento flexible

Fuente: (Armijos, 2017)



### 2.2.2. Índice De Serviciabilidad (PSI)

“La serviciabilidad de pavimento es un concepto que califica la superficie del pavimento mediante una escala, representa el servicio que ofrecen las calles y caminos a los usuarios que transitan en vehículo y que es parte del método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) de diseño de estructuras de pavimentos. La serviciabilidad apareció originalmente como una calificación de los usuarios respecto al estado de una vía, en particular a la superficie de rodado, representado por un índice llamado PCR (Present Serviciability Rating), el cual es reemplazado por otro índice llamado PSI (Present Serviciability Index), en el que se aplicó una escala de valoración a sectores de carreteras en diversos estados de deterioro” (DICTUC, 2009).

La escala numérica de calificación del PSI se estableció de la siguiente manera:

Tabla 1 valores del PSI

Índice de Serviciabilidad ( <i>PSI</i> )	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 - 0	Muy mala

Fuente: AASHTO, Guide for Design of pavement Structures 1993

### 2.2.3. Rugosidad

“La rugosidad de un pavimento es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de las irregularidades superficiales o altimétricas, con la comodidad o confort al transitar sobre él. La unidad de medición de rugosidad que se emplea en el Perú es el IRI (International Roughness Index), parámetro desarrollado por el Banco Mundial para uniformizar los diversos criterios que existen para medir y calibrar la rugosidad de los pavimentos” (Del Águila, 1999).

### 2.2.4. Índice De Rugosidad Internacional (IRI)

“El IRI es un indicador estadístico de la regularidad superficial del pavimento de una carretera. El perfil real de una carretera recién construida representa un estado definido por su IRI inicial

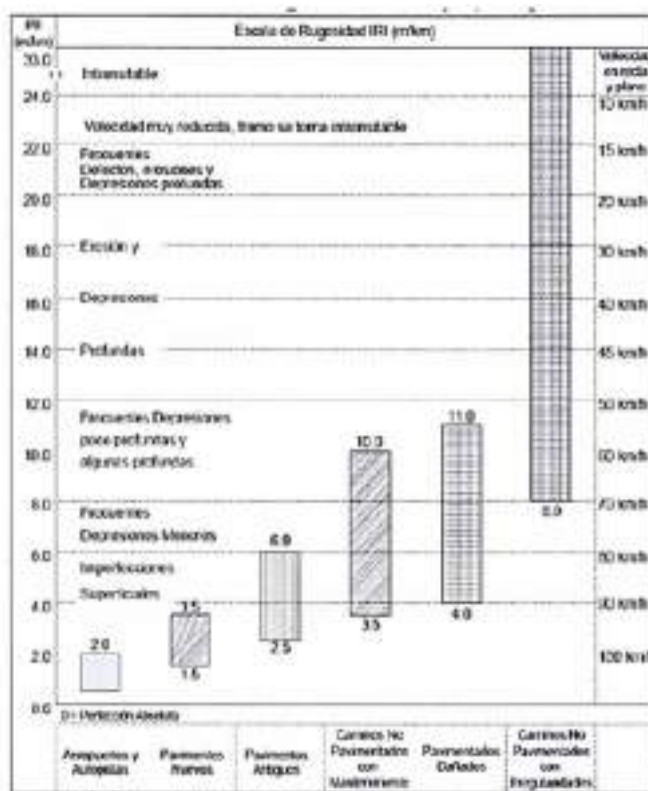


con un rango aproximado de 1.5-2.5 (m/km). Una vez Puesta en servicio el IRI de la vía se modifica en función al paso del tránsito en valores más elevados” (DICTUC, 2009).

El Índice de Regularidad Internacional fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 debido al interés de los técnicos de diferentes países del mundo en busca de un índice único que represente las percepciones de los usuarios al transitar sobre una vía. (Sacoto, 2014).

“Los estudios del Banco Mundial permiten determinar la rugosidad tanto con equipos debidamente calibrados, como a partir de evaluaciones visuales que relacionan el tipo y estado general del pavimento con la velocidad de operación de los vehículos. A continuación, se presenta un gráfico (traducido y adaptado de “Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements”, Sayers M.W), donde se muestran escalas de rugosidad para distintos tipos de pavimento y condición” (MTC, 2014).

Tabla 2 Escala de rugosidad IRI (m/km)



Fuente: Manual de carreteras: Suelos, geologías, geotecnia y pavimento -MTC



Para la rugosidad inicial de un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado, asimismo para la rugosidad durante el periodo de servicio, se recomienda los siguientes valores (MTC, 2014).

Tabla 3 Rugosidad IRI m/km-Según el tipo de carretera con carpeta Asfáltica en caliente

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 vehidia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 vehidia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 vehidia, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 vehidia, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 vehidia, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 vehidia, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 85%

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, geologías, geotécnica y pavimento –MTC

#### 2.2.4.1. Método utilizado para la medición de la rugosidad superficial mediante correlaciones.

En este método recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. Estos métodos, también denominados “tipo respuesta”

(Response-Type Road Rughness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), establecen la rugosidad basados en la detección del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un tráiler remolcado, al transitar sobre el pavimento. Las mediciones efectuadas mediante este método dependen de las características dinámicas de un vehículo, para proporcionar parámetros de rugosidad que puedan correlacionarse con el Índice





de Rugosidad Internacional (IRI). Sin embargo, las propiedades dinámicas de cada vehículo son particulares y cambian con el tiempo, por lo que las mediciones directas deben ser correlacionadas con el IRI mediante una ecuación de calibración, que debe ser obtenida experimentalmente y específicamente para el vehículo empleado.

“Esta clase también incluye métodos que emplean otros tipos de instrumentos para medir la rugosidad, diferentes a un RTRRMS, que sean capaces de generar parámetros razonablemente correlacionados con la escala del IRI. Entonces, este método emplea algún tipo de ecuación de correlación, indistintamente del tipo de instrumentación o vehículo que se utilice para la obtención de la medida de rugosidad básica. En este método se emplean diversos tipos de equipos, tales como el Mays Meter (Norteamericano), Bump Integrator (Inglés), NAASRA Meter (Australiano), entre otros” (Del Aguila, 1999).

#### **2.2.4.2. Equipo “MERLÍN” utilizado para la medición del índice de rugosidad internacional (IRI)**

“El equipo Merlín es un equipo sencillo y de bajo costo, cuyo nombre corresponde a la sigla de “Machine for Evaluation Roughness in Low-cost Instrumentation”. El cual evalúa la rugosidad del pavimento a partir de la medición de las deformaciones longitudinales de la carpeta de rodado. Se trata de un equipo que sus resultados se correlacionan con el IRI” (DICTUC, 2009).

“Fue creado por el laboratorio británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) para obtener un instrumento de fácil manejo que mida la regularidad de una vía. Este equipo de diseño simple, que funciona de acuerdo al principio de la palanca. Posee la capacidad de detectar y amplificar las irregularidades que presentan la superficie del pavimento, midiendo, no la magnitud de las deformaciones sino su variabilidad” (Del Águila, 2009).

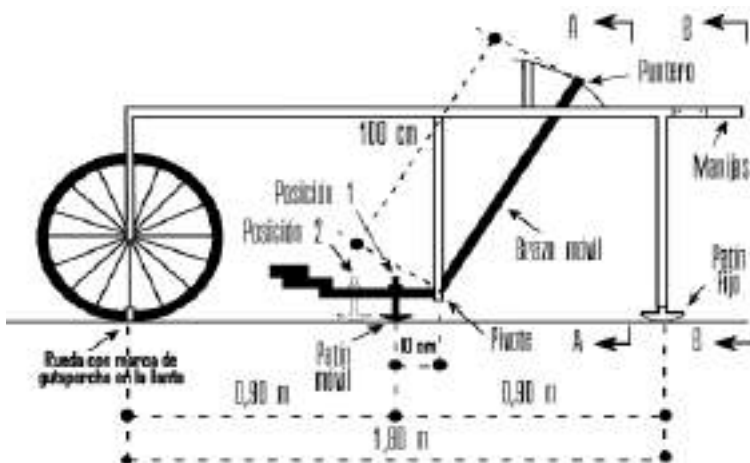


Figura 3 Equipo de Merlin

Fuente: (Del Aguila Rodriguez, 1999)

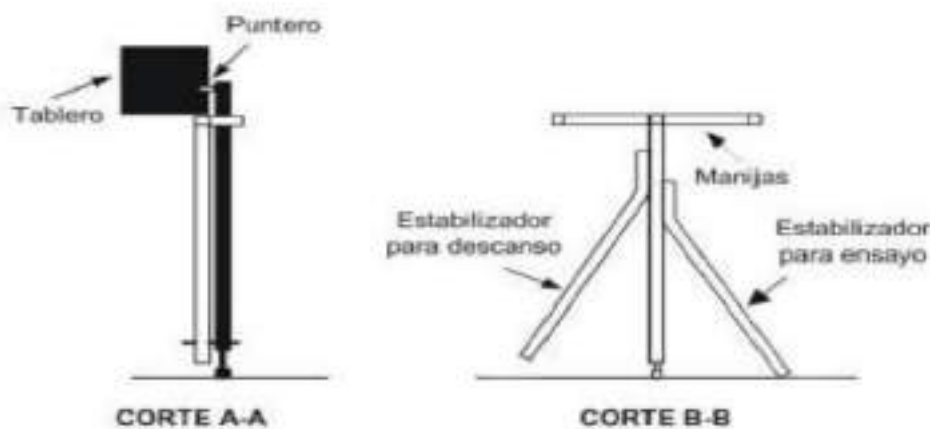


Figura 4 Equipo de Merlin-corte

Fuente: (Del Aguila Rodriguez, 1999)

### 2.2.4.3. Ejecución De Ensayos:

Del Águila, 1999; menciona en su publicación sobre la Determinación de la rugosidad de los pavimentos:

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.



“Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento”, cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas” (Del Aguila, 2009).

“Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda” (Del Aguila, 2009).

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo.

La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo.

“El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas” (Del Aguila, 2009).

El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

De acuerdo a las posiciones que adopte el puntero y coincida con la medición sin la placa en terreno plano, el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta. Si adopta posiciones alejadas se demuestra que el pavimento tiene un perfil con inflexiones (Del Aguila, 2009).



#### 2.2.4.4. Cálculo Del Rango “D”

“De las 200 mediciones realizadas expresadas en forma de histograma, se descartan el 10% (se eliminan el 5% de cada extremo) de ellas que corresponden a posiciones erradas o poco representativas. Una vez realizado el descarte del 10% se calcula el ancho del histograma en unidades de la escala considerando inclusive las fracciones. Este rango D se lo debe expresar en milímetros por lo cual se lo multiplica por el valor que tiene cada unidad en milímetros” (MTC, 2013).

#### 2.2.4.5. Factor de corrección para el ajuste de “D”

Según Del Aguila (1999) menciona que “para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera”

- Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas.
- Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso. Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso.
- Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10, lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida.

Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.)

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

Ecuación 1 Factor de Corrección

Donde:

- EP: Espesor de la pastilla
- LI: Posición inicial del puntero
- LF: Posición final del puntero

Fuente: (Del Aguila, 1999)



#### 2.2.4.6. Variación De Relación De Brazos

EL MTC (2013) indica que, para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante:

- Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición estándar que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.
- Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor Determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

#### 2.2.4.7. Cálculo Del Rango “D” Corregido

El valor D calculado en la sección 2.2.10, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección F.C. y la Relación de Brazos.

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

#### 2.2.4.8. Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usa las siguientes expresiones:

- Cuando  $2.4 < IRI < 1.59$ , entonces

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

Ecuación 2 valor IRI

- Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces

$$IRI = 0.0485 D$$

Ecuación 3 valor IRI

Dónde:

- IRI : Índice de Rugosidad Internacional (m/km)
- D : Rugosidad en unidades MERLIN, mm

Fuente Manual del Usuario MERLINER-Merlín equipo para rugosidad

La ecuación número 5 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre



Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La ecuación número 6 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos. (Del Aguila, 2009)

### **2.2.5. Relación entre el PSI y el IRI**

Una vez obtenido el índice de regularidad internacional, los investigadores en busca de obtener un valor de serviciabilidad (PSI) actual, decidieron correlacionar al IRI con el PSI. (Sacoto, 2014)

Para determinar el PSI de la vía de estudio, se utilizará la siguiente relación:

$$PSI = 5/e^{IRI/5.5}$$

Ecuación 4 valor IRI

Fuente (Del Aguila Rodriguez, 2009)

### **2.2.6. Índice de condición de pavimento (PCI)**

Rodriguez, (2009); indica que el método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como

método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03) (Rodríguez, 2009). Cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente.

Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

“El Índice de Condición de Pavimento (PCI), es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento” (Rodríguez, 2009).

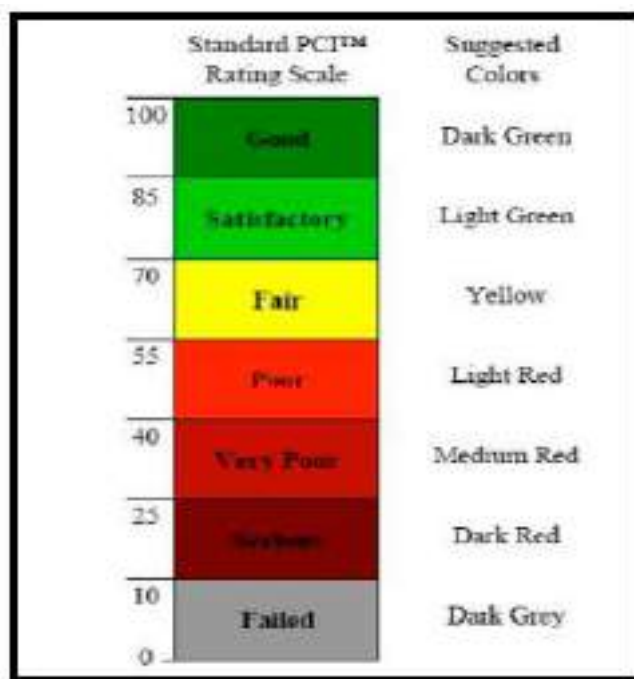


Figura 5 Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación.

Fuente: (ASTM, 2003)



Tabla 4 Tipo de intervención de acuerdo al rango de PCI.

Calificación del PCI

Rango del PCI	Calificación	Intervención
85 – 100	Excelente	Mantenimiento
70 – 85	Muy Bueno	Mantenimiento
55 – 70	Bueno	Rehabilitación
40 – 55	Regular	Rehabilitación
25 - 40	Malo	Rehabilitación
10 – 25	Muy Malo	Reconstrucción
0 - 10	Fallado	Reconstrucción

Fuente: (Rondon & Reyes , 2015)

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes:

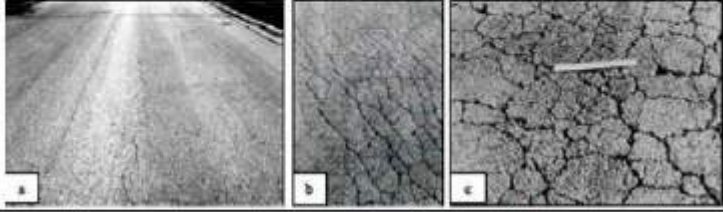
- ❖ Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad).
- ❖ Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.
- ❖ Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio (Rodríguez, 2009).

### 2.2.7. Tipos De Fallas

A continuación, se desarrollan las 19 fallas a evaluar en el método PCI descritas. (Vásquez,2002).

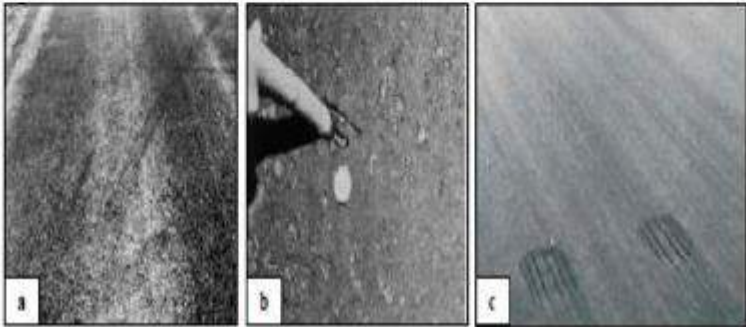


### 2.2.7.1. Falla piel de cocodrilo

TIPO DE FALLA	ESTRUCTURAL - PIEL DE COCODRILO	
DESCRIPCION	Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	Se miden en metros cuadrados de área afectada. Si dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada y estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.	
EVALUACION	BAJO: Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta. (a)	
	MEDIO: Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas. (b)	
	ALTO: Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito. (c)	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parqueo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción</li> </ul>


Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

2.2.7.2. Falla superficial exudación

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL – EXUDACION	
DESCRIPCION	La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	Se mide metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.	
EVALUACION	<p><b>BAJO:</b> La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos. (a)</p> <p><b>MEDIO:</b> La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año. (b)</p> <p><b>ALTO:</b> La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año. (c)</p>	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se aplica arena / agregados y cilindrado.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

### 2.2.7.3. Falla fisuras en bloque

TIPO DE FALLA	ESTRUCTURAL - FISURAS EN BLOQUE	
DESCRIPCION	<p>Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las fisuras en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Las fisuras en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.</p> <p>Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos.</p>	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	<p>Se mide en metros cuadrados de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.</p>	
EVALUACION	BAJO: Bloques definidos por fisuras de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales	
	MEDIO: Bloques definidos por fisuras de severidad media	
	ALTO: Bloques definidos por fisuras de alta severidad	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)


#### 2.2.7.4. Falla abultamientos y hundimientos

TIPO DE FALLA		ESTRUCTURAL - ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	
DESCRIPCION	<p>Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables.</p> <p>Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.</p> <p>Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "ondulaciones" (hinchamiento: swelling).</p>		
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL			
UNIDAD DE MEDIDA	<p>Se miden en metros lineales. Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.</p>		
EVALUACION	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.		
	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.		
	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.		
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No requiere intervención</li> </ul>	
	MEDIO/ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustitución local de la capa de rodadura en mantenimiento rutinario.</li> </ul>	

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)




2.2.7.5. Falla corrugación

<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>ESTRUCTURAL - CORRUGACIÓN</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	La <i>corrugación</i> (también llamada "lavadero") es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los <i>abultamientos</i> ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina <i>corrugación</i> .	
<b>IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	La corrugación es medida en metros cuadrados	
<b>EVALUACION</b>	BAJO: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad	
	MEDIO: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad	
	ALTO: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.	
<b>FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN</b>	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconstrucción</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconstrucción</li> </ul>


Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

### 2.2.7.6. Falla depresión

TIPO DE FALLA	ESTRUCTURAL - DEPRESION	
DESCRIPCION	<p>Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.</p>	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	Las depresiones son medidas en metros cuadrados.	
EVALUACION	BAJO: 13.0 a 25.0 mm.	
	MEDIO: 25.0 a 51.0 mm.	
	ALTO: Más de 51.0 mm.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo superficial, parcial o profundo.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo superficial, parcial o profundo.</li> </ul>


Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

2.2.7.7. Falla fisura de borde

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - FISURA DE BORDE	
DESCRIPCION	Las fisuras de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la fisura y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	La fisura de borde se mide metros lineales.	
EVALUACION	BAJO: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	
	MEDIO: Fisuras medias con algo de fragmentación y desprendimiento.	
	ALTO: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo parcial - profundo.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)


2.2.7.8. Falla fisura de reflexión de junta

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - FISURA DE REFLEXION DE JUNTA	
DESCRIPCION	Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. Estas fisuras son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, se dice que aquella está descascarada	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	La grieta de reflexión de junta se mide metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.	
EVALUACION	<b>BAJO:</b> 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	
	<b>MEDIO:</b> 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.	
	<b>ALTO:</b> 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)




2.2.7.9. Falla desnivel carril-berma

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - DESNIVEL CARRIL - BERMA	
DESCRIPCION	El <i>desnivel carril / berma</i> es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	El <i>desnivel carril / berma</i> se miden metros lineales.	
EVALUACION	BAJO: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.	
	MEDIO: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.	
	ALTO: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
	MEDIO	
	ALTO	


Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

2.2.7.10. Falla fisura longitudinales y transversales

<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>ESTRUCTURAL - FISURA LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	Las fisuras longitudinales son grietas paralelas al eje de la vía o a la línea direccional en la que fue construida. Las fisuras transversales, en cambio, son perpendiculares al eje del pavimento o a la dirección de construcción.	
<b>IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	Las <i>grietas longitudinales y transversales</i> se miden en metros lineales. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado.	
<b>EVALUACION</b>	<b>BAJO:</b> 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	
	<b>MEDIO:</b> 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.	
	<b>ALTO:</b> 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.	
<b>FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN</b>	<b>BAJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.</li> </ul>
	<b>MEDIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas</li> </ul>
	<b>ALTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sellado de grietas. Parcheo parcial</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

2.2.7.11. Falla parches

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - PARCHES Y PARCHES DE CORTES UTILITARIOS	
DESCRIPCION	Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	Los parches son medidos en metros cuadrados. Si un mismo parche tiene áreas con diferentes niveles de severidad, éstas áreas deben ser medidas y registradas por separado	
EVALUACION	BAJO: El parche está en buena condición y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	
	MEDIO: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media	
	ALTO: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Sustitución del parche.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustitución del parche.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)



2.2.7.12. Falla agregado pulido

<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>SUPERFICIAL - AGREGADO PULIDO</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El <i>pulimento de agregados</i> debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.	
<b>IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.	
<b>EVALUACION</b>	No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.	
<b>FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN</b>	<b>BAJO</b>	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.
	<b>MEDIO</b>	
	<b>ALTO</b>	


Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

2.2.7.13. Falla baches

TIPO DE FALLA	ESTRUCTURAL - BACHES																					
DESCRIPCION	<p>Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.</p>																					
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL																						
UNIDAD DE MEDIDA	<p>Los baches se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.</p>																					
EVALUACION	<p>Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el siguiente cuadro.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad máxima del hueco.</th> <th colspan="3">Diámetro medio (mm)</th> </tr> <tr> <th>102 a 203 mm</th> <th>203 a 457 mm</th> <th>457 a 762 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7 a 25.4 mm</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>&gt; 25.4 a 50.8 mm</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>&gt; 50.8 mm</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>			Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)			102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm	12.7 a 25.4 mm	L	L	M	> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H	> 50.8 mm	M	M	H
Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)																					
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm																			
12.7 a 25.4 mm	L	L	M																			
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H																			
> 50.8 mm	M	M	H																			
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.</li> </ul>																				
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo parcial o profundo.</li> </ul>																				
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo profundo.</li> </ul>																				

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)


2.2.7.14. Falla ahuellamiento

TIPO DE FALLA		ESTRUCTURAL - AHUELLAMIENTO	
DESCRIPCION	El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.		
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL			
UNIDAD DE MEDIDA	El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.		
EVALUACION	BAJO: Profundidad media del ahuellamiento de 6.0 a 13.0 mm.		
	MEDIO: Profundidad media del ahuellamiento >13.0 mm a 25.0 mm.		
	ALTO: Profundidad media del ahuellamiento > 25.0 mm.		
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.</li> </ul>	
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.</li> </ul>	
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.</li> </ul>	

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)



2.2.7.15. Falla desplazamiento

TIPO DE FALLA	ESTRUCTURAL - DESPLAZAMIENTO	
DESCRIPCIÓN	El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.	
EVALUACION	BAJO: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIO: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media	
	ALTO: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	• No se hace nada. Fresado.
	MEDIO	• Fresado. Parcheo parcial o profundo.
	ALTO	• Fresado. Parcheo parcial o profundo.

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

2.2.7.16. Falla fisura parabólica o por deslizamiento


TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - FISURA PARABOLICA O POR DESLIZAMIENTO	
DESCRIPCION	Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.	
EVALUACION	BAJO: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.	
	<b>MEDIO:</b> Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está descascarada en forma moderada	
	<b>ALTO:</b> Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Parcheo parcial</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo parcial.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcheo parcial.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)






2.2.7.17. Falla hinchamiento

TIPO DE FALLA	ESTRUCTURAL - HINCHAMIENTO	
DESCRIPCION	El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada	
EVALUACION	BAJO: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.	
	MEDIO: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	
	ALTO: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Reconstrucción.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconstrucción.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)


2.2.7.18. Falla peladura por interperismo y desprendimiento de AGREGADOS

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - PELADURA POR INTEMPERISMO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
DESCRIPCION	La peladura por intemperismo es la desintegración superficial del pavimento por pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. El desprendimiento hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	Las peladuras y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.	
EVALUACION	BAJO: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	
	MEDIO: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	
	ALTO: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran baches. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado este suelto.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)



2.2.7.19. Falla cruce de vía férrea

TIPO DE FALLA	SUPERFICIAL - CRUCE DE VIA FERREA	
DESCRIPCION	Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
UNIDAD DE MEDIDA	El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la <i>calidad de tránsito</i> , entonces no debe registrarse. Cualquier <i>abultamiento</i> considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.	
EVALUACION	BAJO: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIO: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.	
	ALTO: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se hace nada.</li> </ul>
	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.</li> </ul>
	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.</li> </ul>

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)



### 2.2.8. Pasos para la determinación del PCI

- ❖ PASO 1: Se inicia con la división de la vía en secciones, las cuales deben mantener características uniformes de construcción, mantenimiento, historial, y condiciones.
- ❖ PASO 2: Se realiza la división de una sección del Pavimento en unidades de muestreo cuyo tamaño varía de acuerdo con el tipo de pavimento.

Tabla 5 tamaño de la muestra

Tipo de pavimento	Tamaño de la muestra		
	Ideal	Mínimo	Máximo
Rígidos	20 losas	12 losas	28 losas
Flexibles	450 m <sup>2</sup>	270 m <sup>2</sup>	630 m <sup>2</sup>
Mixto			

Fuente:(MTC P. N.2009)

- ❖ PASO 3: En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades (N), sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación N° 8, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Ecuación 5: número mínimo de unidades de muestreo

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%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco (n < 5), todas las unidades deberán evaluarse.



❖ PASO 4: Se selecciona las unidades de muestreo a inspeccionar, 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 9:

$$i = N/n$$

Ecuación 6 intervalo de muestreo

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

b. La primera unidad de muestra que va ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 y el intervalo de muestreo i.

❖ PASO 5: Se realiza la inspección del pavimento identificando el tipo de falla, la medición del nivel de severidad y la cantidad de cada tipo de falla, datos que serán registrados manualmente en la ficha de evaluación para unidad de muestra de acuerdo al manual de daños.

❖ PASO 6: Una vez realizada la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI este cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

❖ PASO 7: Se calculará el valor deducido (VD) para cada falla medida a partir de los datos de severidad y densidad. Para esto:

- Contabilizar cada tipo y nivel de severidad de daño.
- Calcular la densidad.

$$\text{Densidad \%} = \frac{\text{cantidad de cada tipo de falla}}{\text{area total de unidad de muestra}} \times 100$$

Ecuación 7 densidad de daño

- Determinar el valor deducido para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad haciendo uso de las curvas de valor deducido.

A continuación, las curvas para hallar el valor deducido:

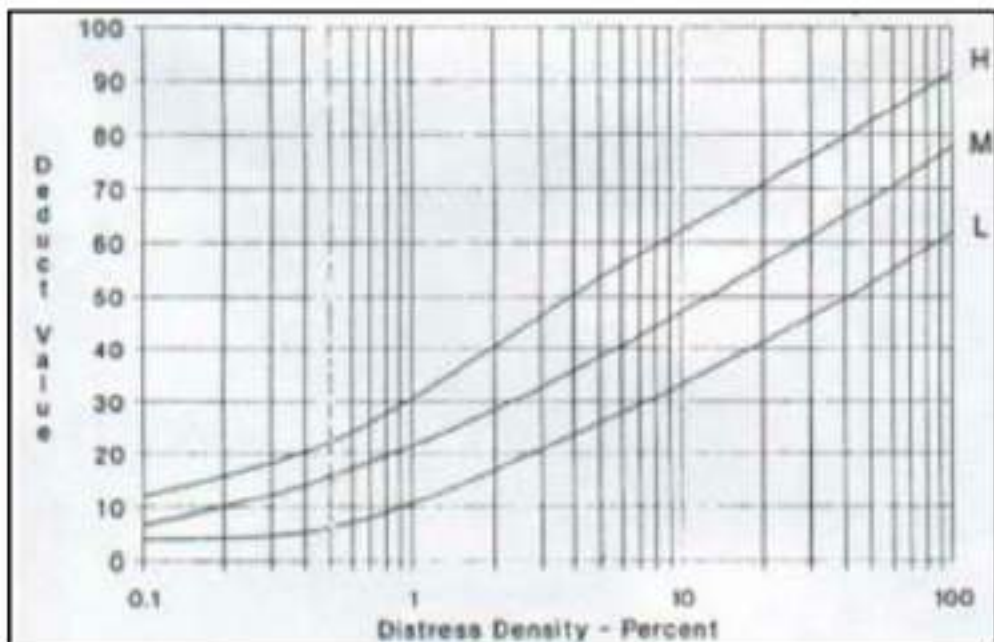


Figura 6 Valor deducido- PIEL DE COCODRILO

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

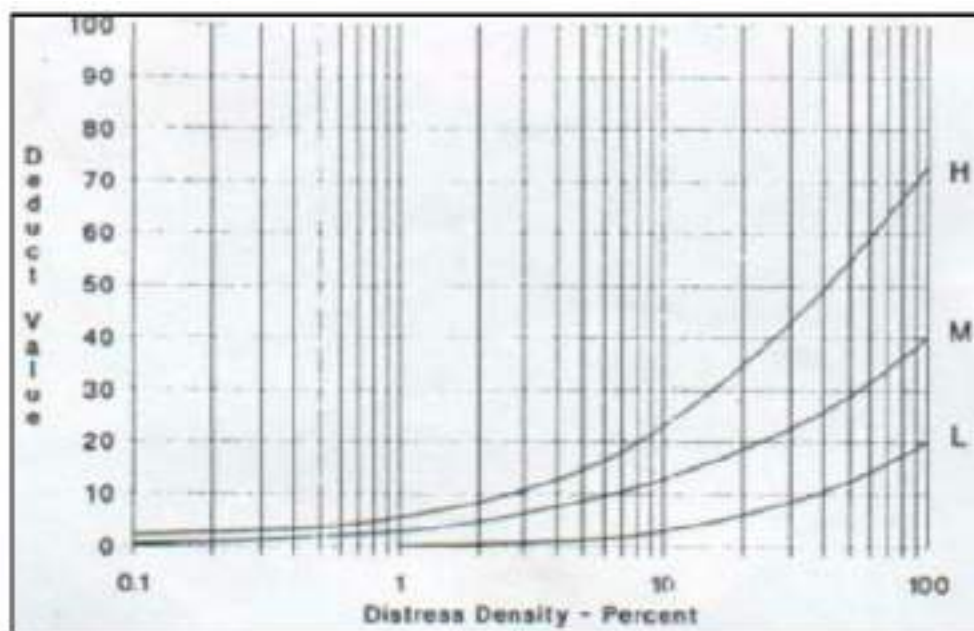


Figura 7 Valor deducido- EXUDACION

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

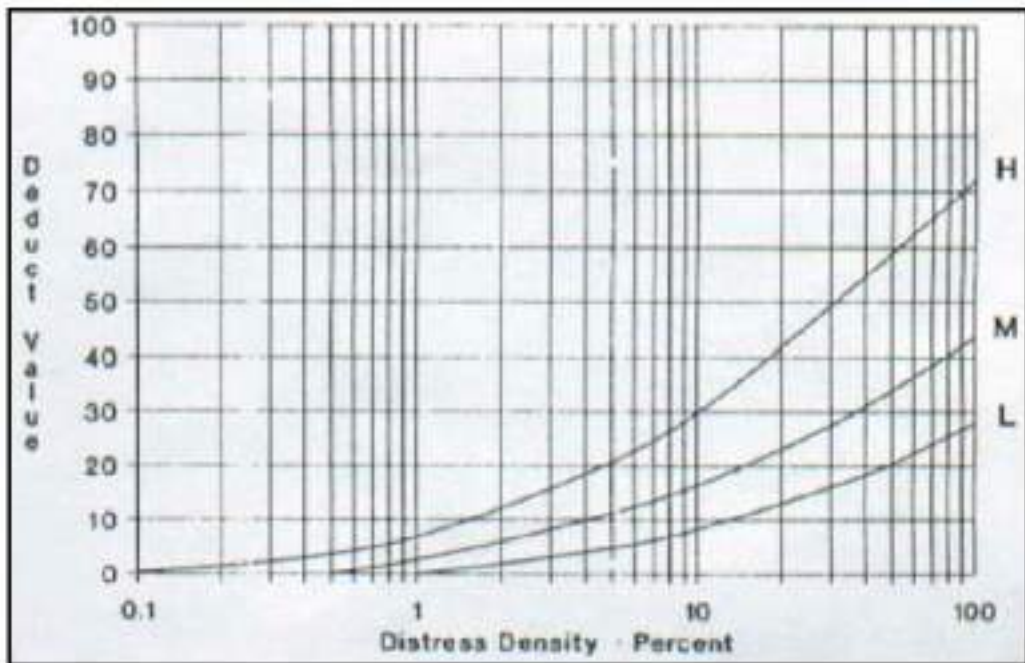


Figura 8 Valor deducido- FISURAS EN BLOQUE

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

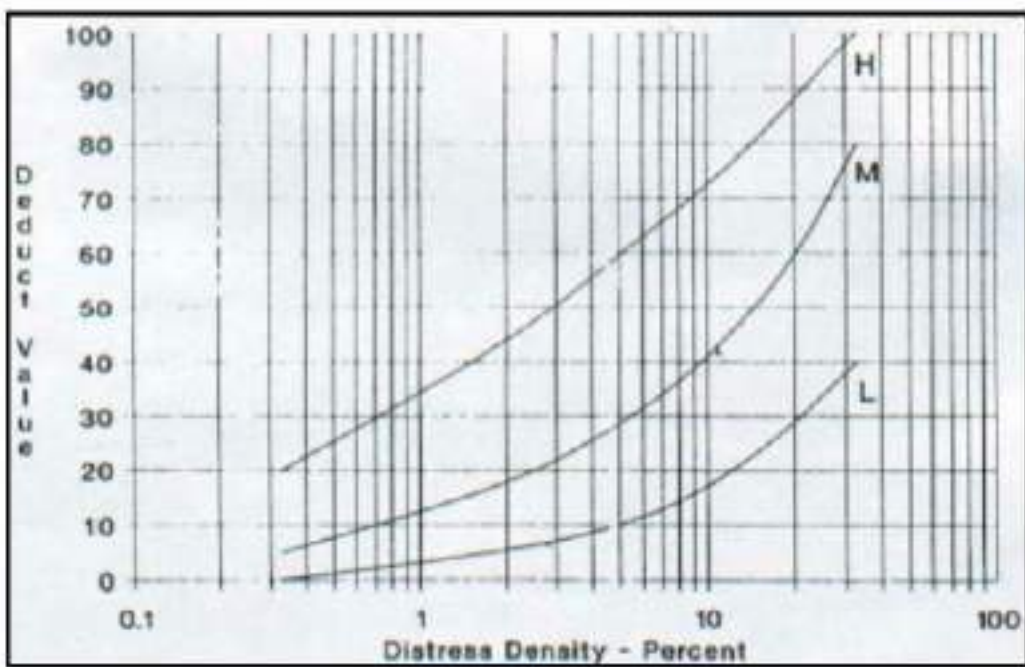


Figura 9 Valor deducido- ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

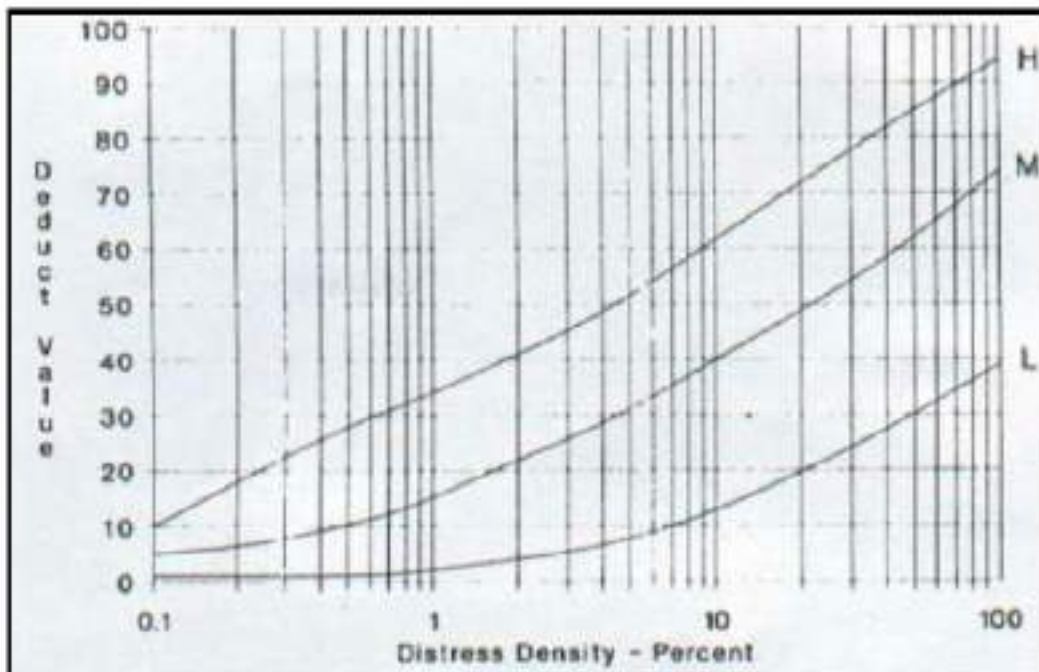


Figura 10 Valor deducido- CORRUGACION

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

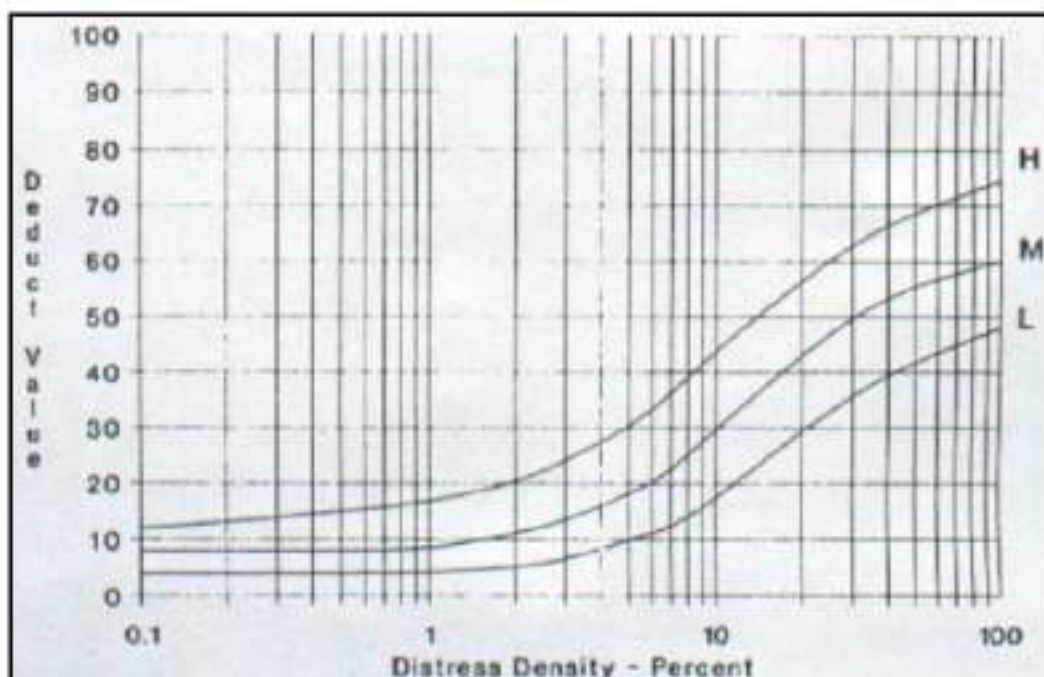


Figura 11 Valor deducido- DEPRESION

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)



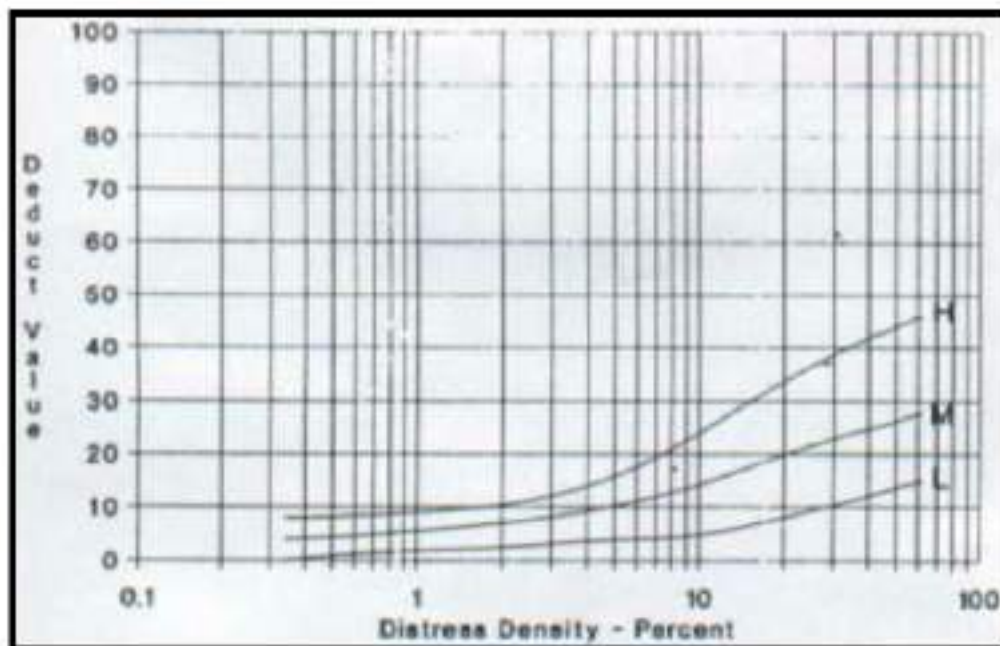


Figura 12 Valor deducido- FISURA DE BORDE

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

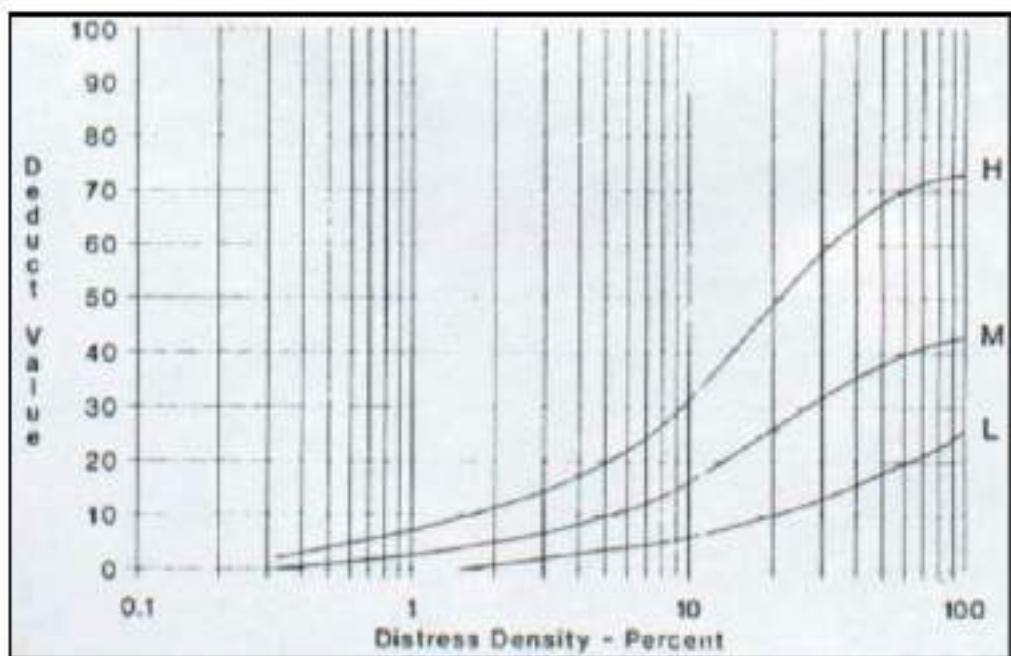


Figura 13 Valor deducido- FISURAS DE REFLEXION DE JUNTA

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

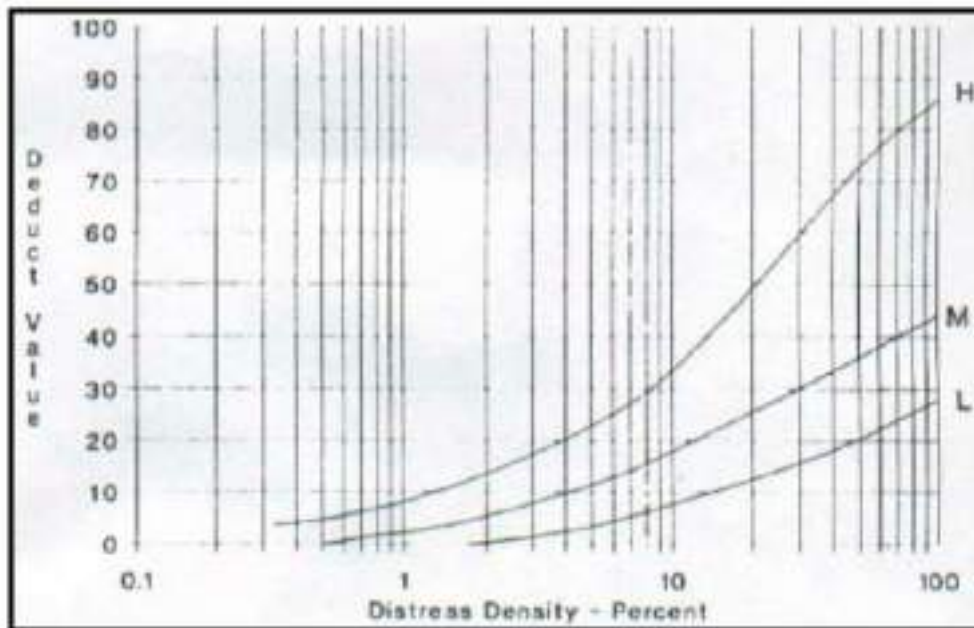


Figura 14 Valor deducido- DESNIVEL CARRIL BERMA

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

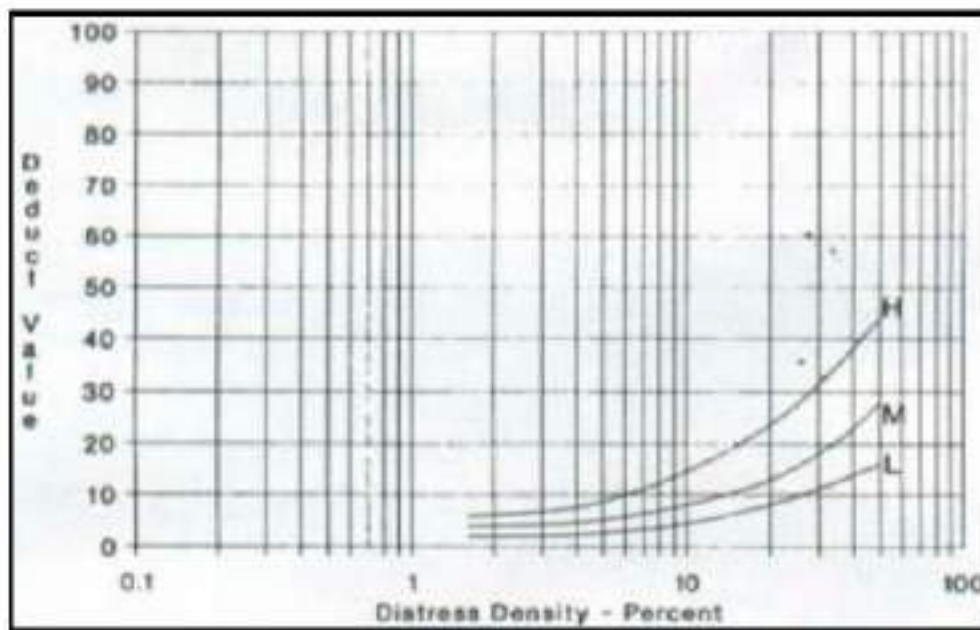


Figura 15 Valor deducido- FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

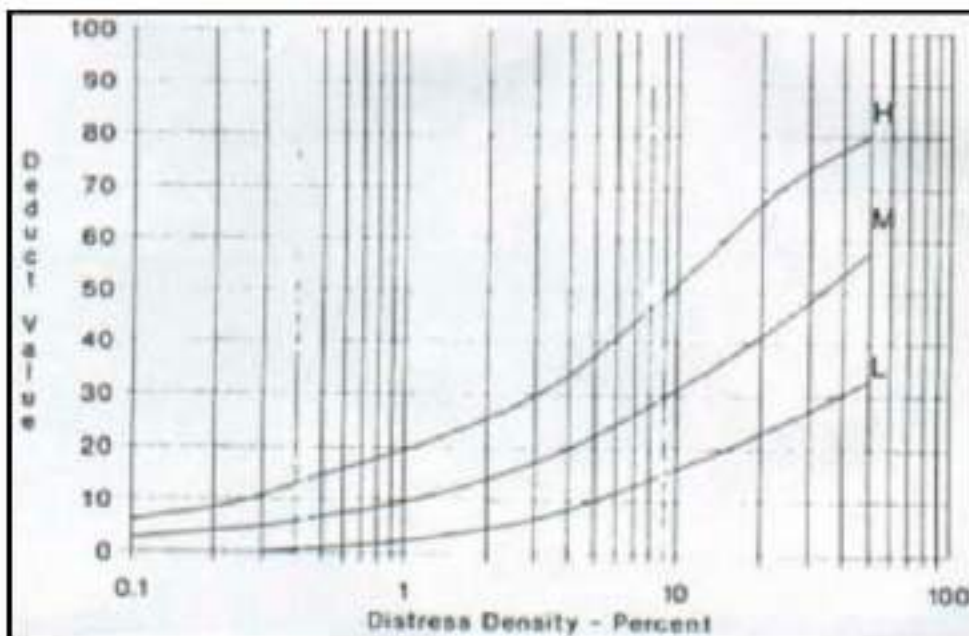


Figura 16 Valor deducido- PARCHES Y PARCHES DE CORTES UTILITARIOS

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

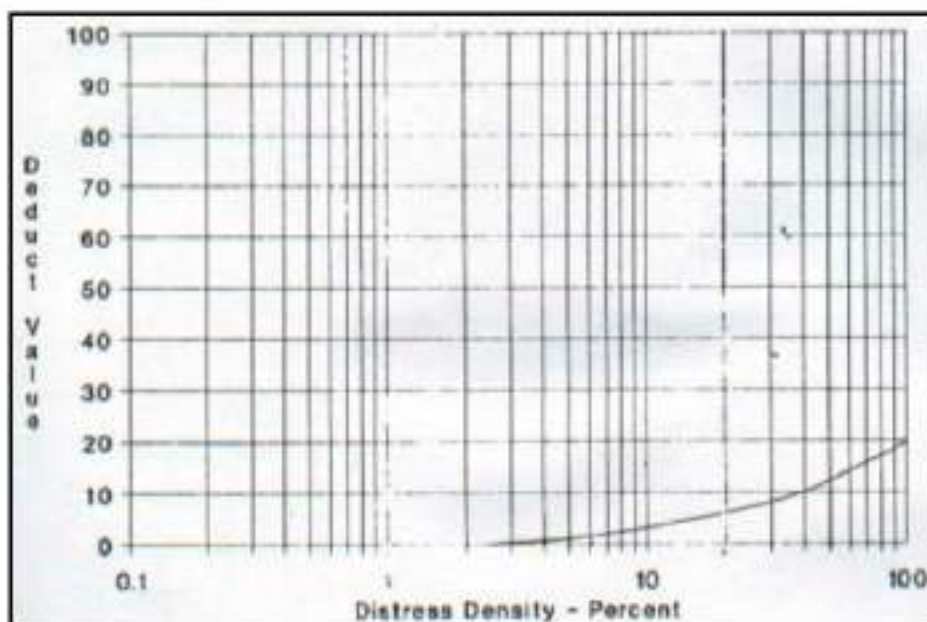


Figura 17 Valor deducido- PULIDO DE AGREGADO

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

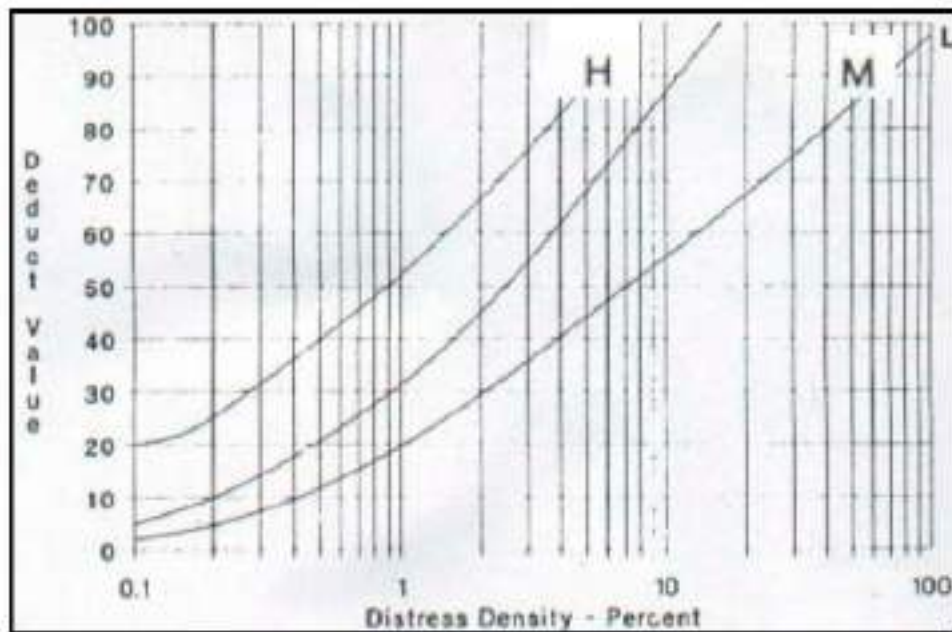


Figura 18 Valor deducido- BACHES

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

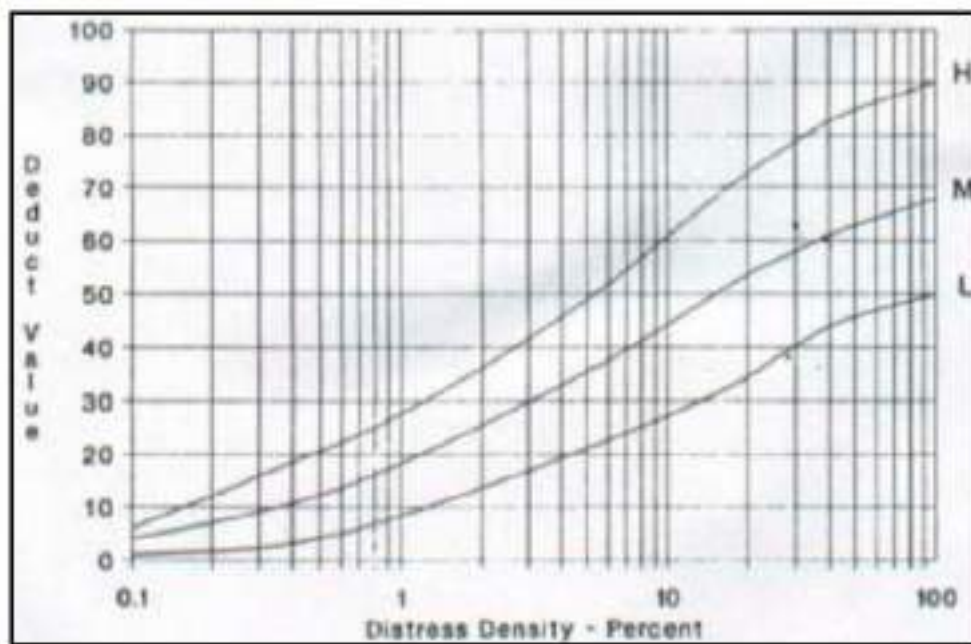


Figura 19 Valor deducido- AHUPELLAMIENTO

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

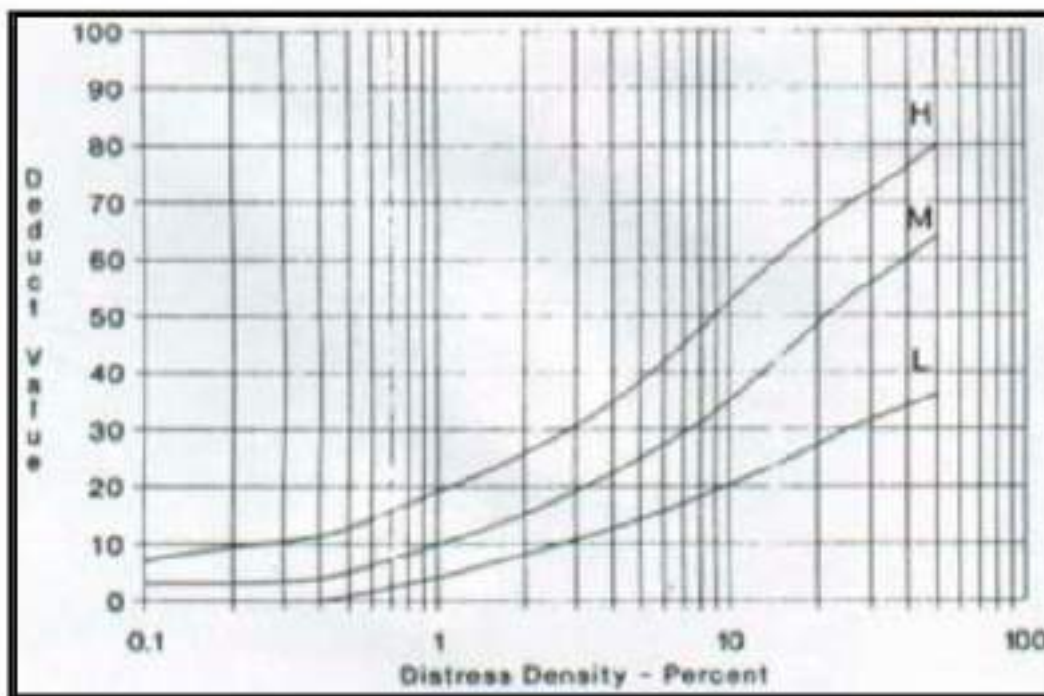


Figura 20 Valor deducido-DESPLAZAMIENTO

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

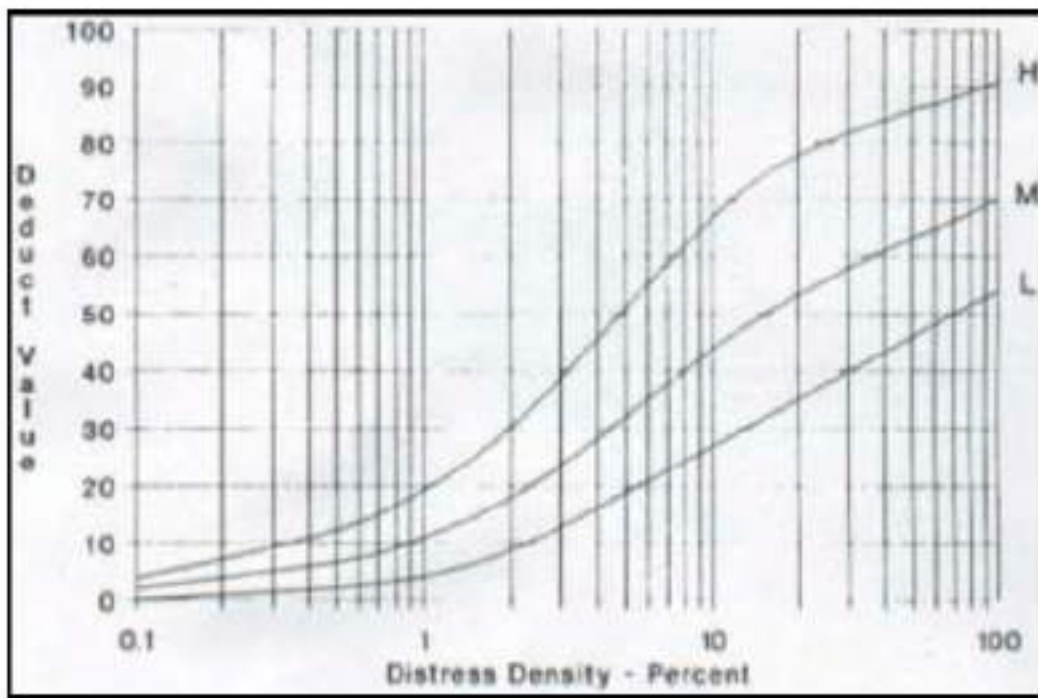


Figura 21 Valor deducido-FISURA PARABOLICA

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

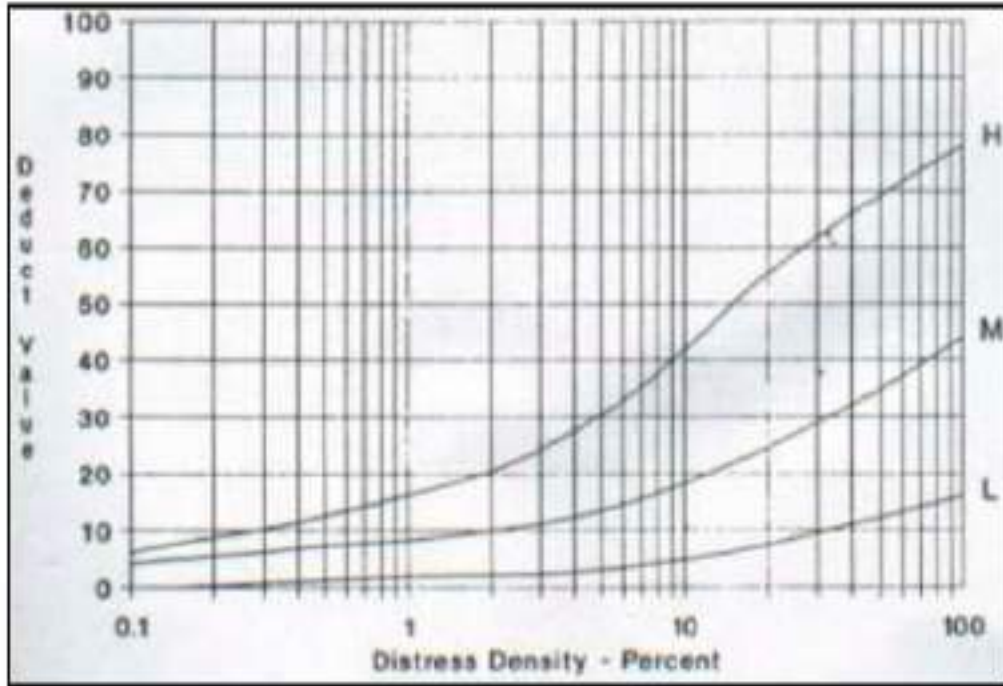


Figura 22 Valor deducido-PELADURA Y DESPRENDIMIENTO

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

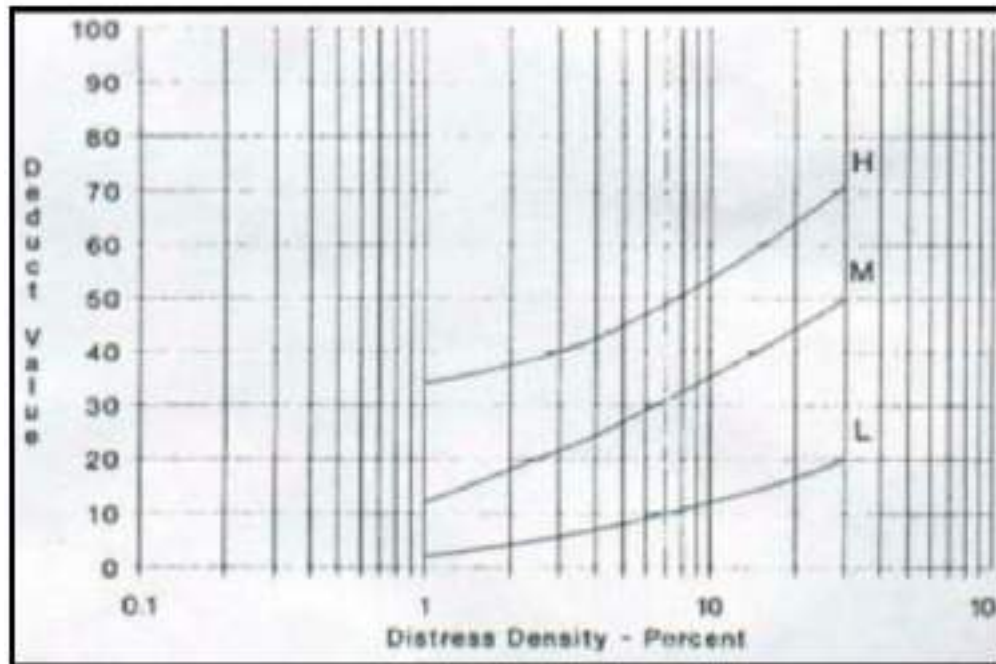


Figura 23 Valor deducido-PELADURA Y DESPRENDIMIENTO

Fuente: (VÁSQUEZ, 2002)

❖ PASO 8: Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos, el valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito posteriormente.

- Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente.
- Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, empleando la siguiente fórmula

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) 100 - HDV < 10$$

*Ecuación 8 número de deducciones permisibles*

Donde:

m = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez). Si contamos con un número de valores deducidos menor a “m”, todos los valores deducidos deben ser usados.

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

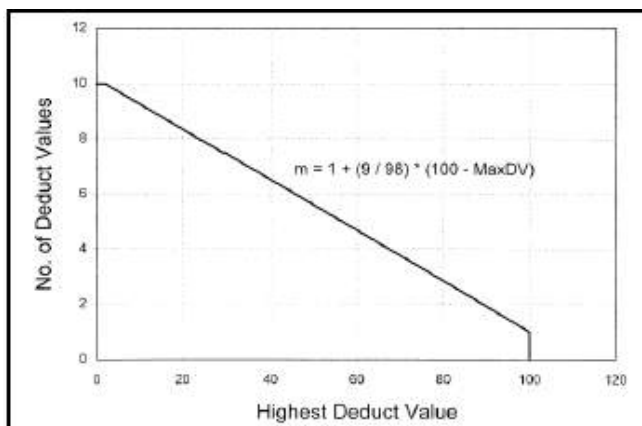


Figura 24 Ajuste del número del valor deducido

Fuente: (ASTM, 2003)

- Determinar el “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV en forma iterativa utilizando el siguiente formato

Tabla 6 Formato para las iteraciones del cálculo del CDV

Nº	Valor Deducido							Total	q	CDV
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Fuente: (ASTM, 2003)

- Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- Determinar el valor de CDV a partir del valor deducido total (CDT) y del valor de “q” utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos flexibles de la figura siguiente:

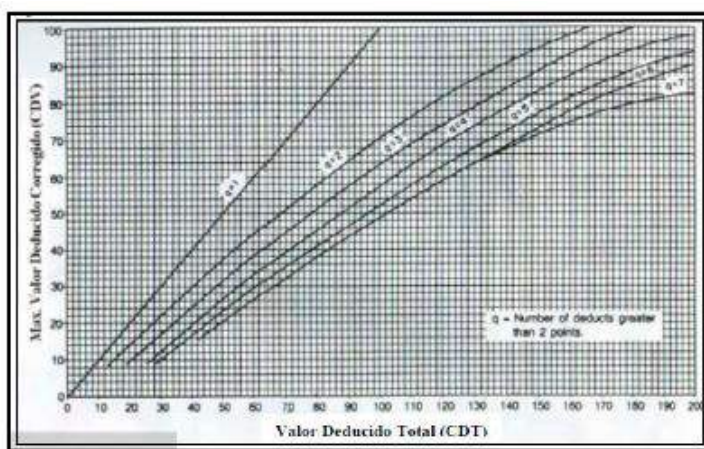


Figura 25 Valor deducido corregido para pavimentos asfálticos

Fuente: (ASTM,2003)

- Determine el “Valor Deducido Total” (CDT) sumando todos los valores deducidos individuales.
  - Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento anterior hasta que “q” sea igual a 1.
  - El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.
- ❖ PASO 9: Calcular el PCI restandole a 100 el máximo CDV

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

Ecuación 9 PCI de la unidad de muestreo





### 2.2.9. Vehículos Aéreos No Tripulados

Los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) comúnmente conocidos como drones, son en esencia pequeñas plataformas aéreas que se operan a distancia o en forma programada.

Los mismos ganaron popularidad en el mundo por sus aplicaciones militares, sin embargo, esta tecnología tiene un amplio espectro de usos pacíficos a partir de la obtención de fotografías las cuales después de un tratamiento digital, pueden ser convertidas en ortofotos y modelos 3D (Martinez, et al. 2009). Asimismo, el uso de vehículos aéreos no tripulados de bajo costo, se han empleado en investigaciones para

recolectar información de la condición de caminos rurales, obteniendo resultados con buena precisión y confiabilidad (Zhang, Elaksher 2012).

### 2.2.10. Método VANT

La presente metodología de evaluación consiste en dos etapas, una en campo y otra en gabinete. La etapa de campo consiste en relevar la información mediante un vuelo programado donde el VANT captura imágenes del estado superficial de la vía en estudio. Es importante resaltar que la persona quien realiza el vuelo debe ser un Operador o Piloto acreditado, con el fin de ejecutar un vuelo seguro y pueda tomar las decisiones acertadas frente a cualquier problema que se presente durante la ejecución del vuelo. La etapa de gabinete se basa en el procesamiento y análisis de las imágenes adquiridas para la obtención de ortofotos y modelos digitales en tres dimensiones que luego se usarán para la inspección del pavimento mediante el método PCI.

#### 2.2.10.1. Herramientas y Materiales

- **DRONE DJI modelo Phantom 4 Pro.**- Entre los instrumentos utilizados, como herramienta para la obtención de fotografías aéreas de la zona de estudio se adquirió un multi-rotor de la marca DJI modelo Phantom 4 Pro que se muestra en la Figura 26, el cual consta principalmente de 4 hélices con una cámara de 20 MP, montada sobre un sistema de giroscopio de estabilización que permite mantener la imagen estable independientemente de los movimientos propios del vuelo y las influencias del viento.



Figura 26 Multirrotor DJI Phantom 4 Pro

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para el procesamiento de imágenes se empleó el software Pix4dMapper Pro instalado en un computador con procesador i7, de 2.7 Ghz y de 12 GB de memoria RAM, cuya salida es el modelo digital de superficie en 3D y la ortofoto para proceder a la inspección de la vía y articular con los metrados obtenidos al Método PCI.

- **CIVIL 3D.**-Con la ortofoto de gran resolución y el modelo en 3D se procede a realizar el inventario de fallas de las 12 unidades de muestra de manera visual, determinando la longitud o área según el tipo de falla y su grado de severidad como se muestra en la Figura 27. En el programa CIVIL 3D se puede terminar el ancho, longitud o área de cada deterioro.

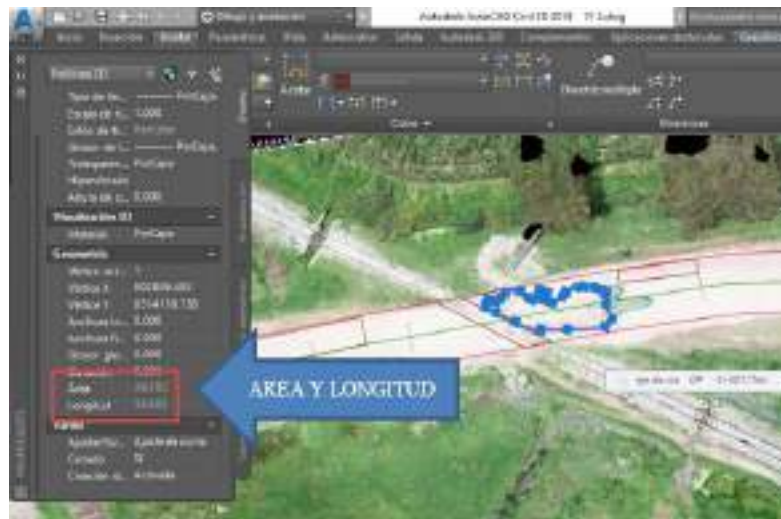


Figura 27 Modelado en el CIVIL 3D

Fuente: Elaboración propia, CIVIL 3D



## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis General

El estado del pavimento flexible de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo, respecto a su índice de serviciabilidad e índice de condición actual, es un indicativo de que la calidad del pavimento es la adecuada para su transitabilidad.

### 2.3.2. Sub Hipótesis

#### Sub Hipótesis N°01

El índice de rugosidad del pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo es el adecuado para su transitabilidad.

#### Sub Hipótesis N°02

El Índice de Serviciabilidad Presente del pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo es el adecuado para su transitabilidad

#### Sub Hipótesis N°03

En la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo, las fallas que predominan son Fisuras y Grietas, Deformaciones y Otras Fallas

#### Sub Hipótesis N°04

El índice de Condición del pavimento de la Ruta Cu-100 Tramo Izcuchaca-Huarocondo es el adecuado para su transitabilidad.

## 2.4. Definición de variables

### 2.4.1. Variables Dependientes

Estado actual del pavimento de la vía Izcuchaca-Huarocondo.

#### Indicadores de variables dependientes

- ✓ Valor del índice de Serviciabilidad del pavimento
- ✓ Valor del índice de condición del pavimento

### 2.4.2. Variables independientes

- ✓ Rugosidad del pavimento
- ✓ Serviciabilidad del pavimento
- ✓ Fallas del pavimento
- ✓ Condición del pavimento

#### Indicadores de variables independientes

- ✓ Valor del índice de rugosidad del pavimento



- ✓ Valor del índice de serviciabilidad del pavimento
- ✓ Densidad de fallas (%)
- ✓ Valor del índice de condición del pavimento

### 2.4.3. Cuadro de operacionalizacion de variables

Tabla 7 Cuadro de operacionalizacion de variables

VARIABLES	INDICADORES	INTRUMENTOS
<b>Variables Independientes</b>	<b>Ind. de variables independientes</b>	
Estado actual del pavimento: Estado en el que se encuentra la superficie del pavimento flexible	Valor del índice de Condición del Pavimento.  Valor del índice de Serviciabilidad del Pavimento.	Norma ASTM 6433 Norma AASHTO
<b>Variables Dependientes</b>	<b>Ind. De variables dependientes</b>	<b>EQUIPOS/ACCESORIOS</b>
Rugosidad del pavimento	Valor del indice de rugosidad del pavimento	Utilizando el equipo de merlin
Serviciavilidad del pavimento	Valor del indice de servicialidad del pavimento	Norma AASHTO
Fallas del pavimento	Densidad %	Utilizando el equipo el dron
Condicion del pavimento	Valor del indice de condicion del pavimento	Norma ASTM 6433

Fuente: Elaboración propia.



## **CAPITULO 3 METODOLOGIA**

### **3.1. Metodología de la tesis**

#### **3.1.1. Enfoque de la investigación**

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas según su enfoque cualitativo ya que se utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación, probar hipótesis establecidas previamente y confiar en la medición de datos reales en este caso a la clase, severidad, cantidad de fallas encontradas y la rugosidad del pavimento, los cuales serán procesados estadísticamente.

#### **3.1.2. Nivel o alcance de la investigación**

Esta investigación reúne las características de un estudio de tipo descriptivo debido a que busca describir y analizar las fallas del pavimento flexible, la regularidad superficial de la vía, confort y seguridad para los usuarios.

#### **3.1.3. Método de investigación**

El método seleccionado para esta investigación fue hipotético-deductivo, ya que se tiene que observar el fenómeno a estudiar y crear de una hipótesis para explicar dicho fenómeno.

### **3.2. Diseño de la investigación**

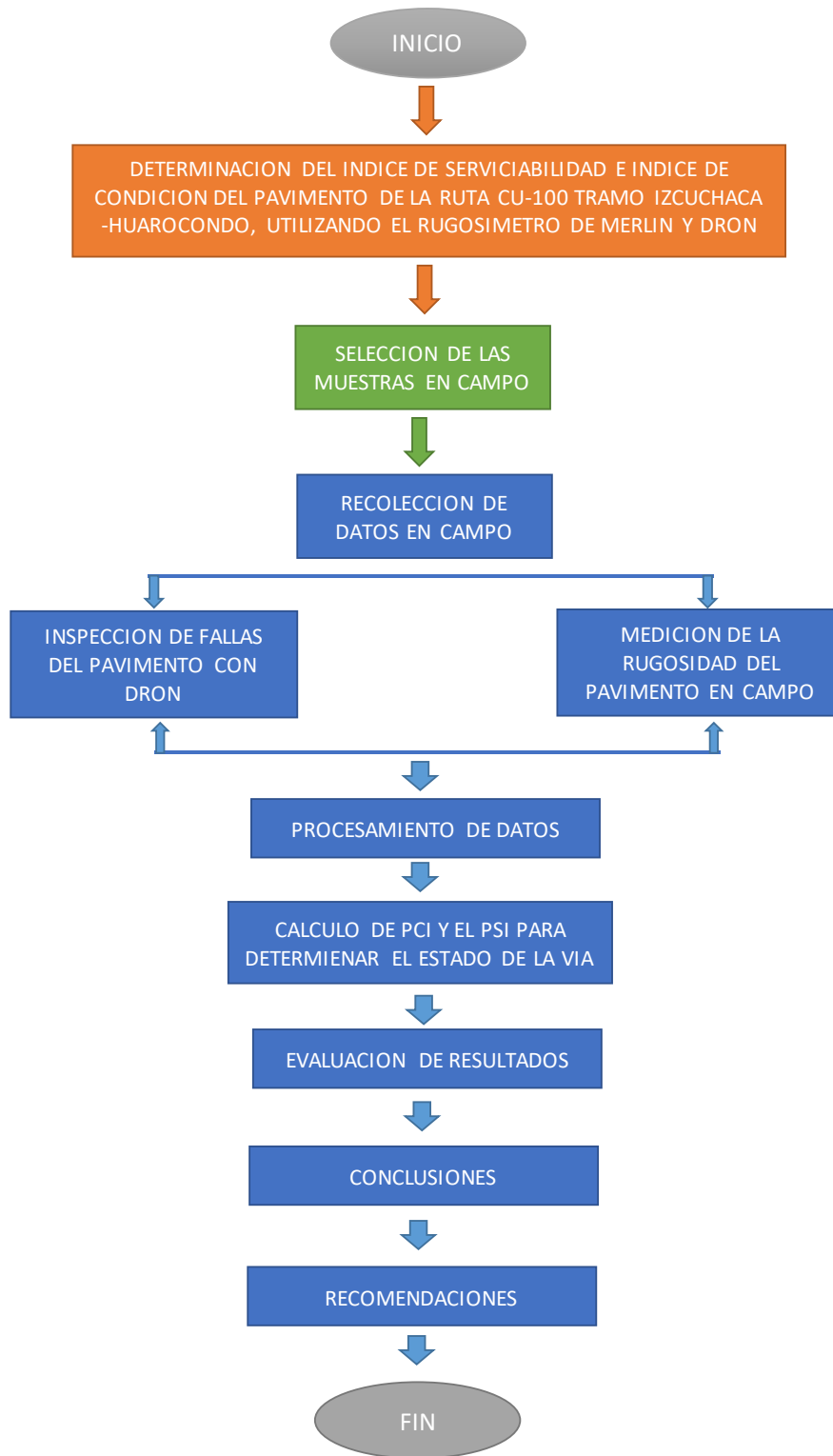
#### **3.2.1. Diseño metodológico**

En la literatura sobre la investigación es posible encontrar diferentes clasificaciones de los tipos de diseño. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006) Consideran vigente la siguiente clasificación “investigación experimental e investigación no experimental”.

En un estudio del tipo no experimental podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular variables. Es decir, se trata de investigaciones donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, por lo tanto, el diseño metodológico de la presente investigación es de tipo no experimental ya que es una investigación basada en la observación, evaluación de las fallas en el pavimento flexible y medición de la rugosidad del pavimento, sin alterar en lo más mínimo ni el entorno ni el fenómeno estudiado y también porque no se tiene control de esta variable independiente.



### 3.2.2. Diseño de ingeniería



Fuente: Elaboración propia.



### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

##### 3.3.1.1. Descripción de la población

Para la presente investigación la población está dada por el pavimento flexible de la vía Izcuchaca – Huarocondo.

##### 3.3.1.2. Cuantificación de la población

En la presente investigación la población es el pavimento flexible y comprende 08+245 km de estudio.

#### 3.3.2. Muestra

##### 3.3.2.1. Descripción de la muestra

- **Para el índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)**

Para la presente investigación la muestra a evaluar para determinar la serviciabilidad del pavimento y el IRI, está dada por el pavimento flexible de la vía Izcuchaca – Huarocondo

- **Para el índice de condición del pavimento (PCI)**

Para la presente investigación la muestra a evaluar para determinar el PCI son unidades representativas obtenidas con el DRON de la vía Izcuchaca – Huarocondo las cuales son de pavimento flexible y serán estudiadas en gabinete.

##### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

- **Para el índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)**

Para la presente investigación la muestra es el pavimento flexible y comprende 08+245 km de estudio.

- **Para el índice de condición del pavimento (PCI)**

Para esta investigación las unidades de muestreo fueron 12 de acuerdo al cálculo realizado según la fórmula establecida en la norma ASTM D6433 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys), donde cada una de las unidades de muestreo tienen una longitud de  $L=100$  m y un ancho de  $A= 6.00$ m, haciendo un total de 600 m<sup>2</sup>.



#### 3.3.2.3. Método de muestreo

- **Para el índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)**

El método de muestreo utilizado para determinar el índice de serviciabilidad del pavimento es No Probabilístico, debido a que evaluaremos muestras representativas por kilometro

- **Para el índice de condición del pavimento (PCI)**

El método de muestreo utilizado para determinar el PCI es Probabilístico, ya que las muestras serán electas, el cual la primera será escogida aleatoriamente y las demás en un intervalo de muestreo.

#### 3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

Las muestras se analizaron con guías de recolección de datos en campo, con formatos prediseñados, para el caso del PSI se realizó un recorrido con el Rugosímetro de Merlín registrando datos de elevaciones o depresiones presentes en el pavimento y para el caso del PCI se realizó un inventario de fallas donde se registró el tipo, la cantidad y severidad de las unidades de muestra, dichos datos fueron procesados estadísticamente y los resultados permitirán demostrar en qué estado se halla la vía de Izcuchaca-Huarocondo.

#### 3.3.3. Criterios de inclusión

En esta investigación se incluirá todas las muestras del pavimento flexible el cual fue realizado sobre la carpeta de rodadura, la información y datos obtenidos proceden de la vía Izcucha-Huarocondo estudiada en el año 2019 y posteriormente en el año 2020 con el Dron, el estado de la vía corresponde a dichos años.





### 3.4. Instrumentos

#### 3.4.1. Instrumentos metodológicos

- a) Formato de recolección de datos para el índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)

Tabla 8 Formato de recolección de datos para el índice de rugosidad



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
	ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN										
NOMBRE DE LA VÍA	IZCUCHACA - HUAROCONDO					MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA						EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC				
TRAMO						HORA DE INICIO					
CARRIL						HORA DE FINALIZACIÓN					
	N° DE ENSAYO					KM					
Li:											
Lf:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Fuente: Elaboración propia, Norma AASHTO



b) Formato de recolección de datos para el índice de condición del pavimento (PCI)

Tabla 9 Formato de recolección de datos para el PCI

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>																												
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b>																												
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>																												
	<b>HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA</b>																												
<b>TESIS: "DE TERMINACION DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO,UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>			<b>METODO PCI</b>		<b>ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBL</b>																								
			<b>EJECUTORES</b>		<b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>																								
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b>		<b>SECCION</b>			<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>		<b>1</b>																					
<b>PROGRESIVA</b>	<b>0+000-0+100</b>		<b>FECHA</b>			<b>AREA</b>		<b>600</b>	<b>m<sup>2</sup></b>																				
<b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>		<table border="0"> <tr> <td>1. Pel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Pactes y pactes de cortes utilitarios</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de bveda</td> <td>12. Agrogado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloque</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Baches</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desmenujamiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abatamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel cantil-bornea</td> <td>14. Afuallamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Corugación</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>								1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Pactes y pactes de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de bveda	12. Agrogado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desmenujamiento de agregados	4. Abatamientos y hundimientos	9. Desnivel cantil-bornea	14. Afuallamiento		5. Corugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	
1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Pactes y pactes de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																										
2. Exudación	7. Fisura de bveda	12. Agrogado pulido	17. Hinchamiento																										
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desmenujamiento de agregados																										
4. Abatamientos y hundimientos	9. Desnivel cantil-bornea	14. Afuallamiento																											
5. Corugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																											
<b>ALTO</b>	<b>H (HIGH)</b>																												
<b>MEDIO</b>	<b>M (MEDIUM)</b>																												
<b>BAJO</b>	<b>L (LOW)</b>																												
<b>FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																				

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433

**3.4.2. Instrumentos de ingeniería**

- Rugosímetro de Merlín.
- Conos de seguridad vial.
- Laptop
- Cámara de celular.
- Dron.

### 3.5. Procedimiento de recolección de datos

#### 3.5.1. Procedimiento de recolección de datos con el Rugosímetro de Merlin

a) Equipos

- Rugosímetro de Merlin
- Conos de seguridad

b) Procedimiento

- i. Se inicia con la calibración del equipo, colocando este sobre una superficie horizontal y lisa para luego ajustar sus puntos de apoyo hasta que el equipo este nivelado y el puntero marque 25.



Figura 28 rugosímetro de merlin

Fuente: Elaboración propia.

- ii. Colocar el rugosímetro en el punto de inicio del ensayo y leer la primera lectura ( $L_i$ ), después la otra lectura con la pastilla de calibración colocada ( $L_f$ ), este proceso es para determinar el factor de corrección. Así mismo se debe determinar el espesor de la pastilla en mm el cual viene a ser el promedio de 4 medidas diametralmente opuestas.
- iii. Para llevar a cabo el ensayo se necesita de 2 personas que trabajen conjuntamente un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y otro auxiliar que anota las lecturas, al mismo tiempo colocando los conos de seguridad.



- iv. Se inició el ensayo en el carril derecho teniendo como punto inicial Izcuchaca y punto final Huarcocondo, el ensayo consiste en que el operador toma el equipo por las manijas y lo desplaza a una distancia constante, en este caso la vuelta completa que da la rueda (2 m), luego el equipo se apoya en sus 3 puntos fijos y se da lectura a la posición que toma el puntero que corresponderá a un valor entre 1 y 50 como muestra la escala graduada en el tablero del equipo, el dato que muestre será anotado en los formatos de recolección. Así sucesivamente hasta completar las 200 mediciones continuas o lecturas de las irregularidades que presenta el pavimento, en una longitud aproximada de 400m en cada ensayo.



Figura 29 Inicio de levantamiento de datos de rugosidad

Fuente: Elaboración propia.



Figura 30 Proceso de levantamiento de datos

Fuente: Elaboración propia.

- v. Repetimos el paso iv. hasta culminar todas las muestras representativas por kilómetro.
- vi. Así mismo se realiza el paso iv. para el carril izquierdo teniendo como punto de inicio Huarcoondo y punto final Izcuchaca.

c) Toma de datos

El total de ensayos efectuados a lo largo de la vía de 08+500 km fue de 18 ensayos, 9 para el carril derecho y 9 para el carril izquierdo. A continuación, se presenta los ensayos realizados.



Tabla 10 Toma de datos del ensayo N° 1 carril derecho método IRI

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
	ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN										
NOMBRE DE LA VÍA	IZCUCHACA - HUAROCONDO					MÉTODO IRI					
	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL										
FECHA	17/10/2019					EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO	0+000 - 0+400					HORA DE INICIO			09:00		
CARRIL	DERECHO					HORA DE FINALIZACIÓN			09:45		
	N° DE ENSAYO		1		KM		0+000				
Li:	28										
Lf:	19										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	27	26	26	28	24	26	24	21	23	
2	26	24	24	26	23	25	20	26	27	26	
3	26	24	25	28	27	24	29	24	26	26	
4	29	21	25	23	28	28	25	27	26	23	
5	27	29	27	23	23	23	24	25	28	23	
6	22	29	28	28	25	26	21	27	26	25	
7	29	28	24	28	32	21	25	23	26	26	
8	27	24	23	26	30	26	23	28	26	26	
9	21	20	23	25	23	28	27	28	24	25	
10	22	28	25	19	35	25	18	27	27	27	
11	22	28	24	27	29	28	27	24	28	26	
12	26	33	24	26	25	26	29	25	25	24	
13	21	27	23	28	23	25	29	26	24	25	
14	27	21	24	24	27	29	27	27	23	23	
15	27	26	27	23	28	27	28	26	21	25	
16	27	26	23	22	19	27	25	24	25	27	
17	25	26	26	22	24	26	26	25	25	27	
18	26	28	26	26	28	28	28	26	23	21	
19	26	26	23	26	22	24	27	27	23	28	
20	26	27	27	25	27	24	26	24	27	26	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 11 Toma de datos del ensayo N° 2 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN											
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO					MÉTODO IRI						
		ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL											
FECHA		17/10/2019					EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC				
TRAMO		01+000-01+400					HORA DE INICIO		10:20				
CARRIL		DERECHO					HORA DE FINALIZACIÓN		10:55				
		N° DE ENSAYO		2		KM		01+000					
Li:		29											
Lf:		21											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	25	28	22	33	26	25	19	23	24	23			
2	20	29	24	30	23	26	28	27	24	26			
3	24	27	26	27	26	24	23	31	23	29			
4	21	25	27	24	27	26	26	27	24	23			
5	27	23	19	29	24	23	27	26	24	22			
6	30	28	29	29	26	24	24	26	25	15			
7	23	22	23	24	27	25	20	21	25	40			
8	15	26	22	22	27	28	24	19	22	22			
9	26	28	17	24	25	23	27	22	22	20			
10	28	26	34	27	25	25	26	24	23	24			
11	25	21	31	24	25	24	28	24	19	26			
12	28	22	20	22	28	25	24	23	24	28			
13	26	25	20	22	21	20	24	27	16	23			
14	17	28	19	26	27	27	24	27	25	17			
15	29	28	28	30	24	25	25	23	25	29			
16	15	26	25	30	24	23	27	24	22	25			
17	27	27	26	24	21	25	25	25	23	29			
18	18	22	24	23	24	26	24	22	23	20			
19	27	24	27	25	26	27	27	24	22	28			
20	24	24	27	27	24	26	22	24	26	18			

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 12 Toma de datos del ensayo N° 3 carril derecho método IRI



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
	ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN										
NOMBRE DE LA VÍA	IZCUCHACA - HUAROCONDO					MÉTODO IRI					
	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL										
FECHA	17/10/2019					EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO	02+000-02+400					HORA DE INICIO			11:15		
CARRIL	DERECHO					HORA DE FINALIZACIÓN			12:06		
	N° DE ENSAYO		3		KM		02+000				
Li:	26										
Lf:	17										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24	23	21	20	31	4	18	20	28	23	
2	23	13	24	35	30	33	12	29	27	29	
3	20	27	25	32	32	21	27	28	21	29	
4	20	25	23	31	28	34	22	23	29	27	
5	21	23	23	31	27	28	28	27	19	22	
6	26	26	28	30	16	33	24	27	27	28	
7	26	24	26	33	33	30	15	28	19	29	
8	22	26	27	33	21	27	27	22	35	29	
9	20	28	22	30	31	28	28	29	27	30	
10	23	24	27	37	23	30	27	36	27	29	
11	20	23	34	20	32	34	28	27	22	28	
12	26	23	28	26	14	27	22	29	27	26	
13	26	19	27	15	32	34	9	28	28	21	
14	26	19	28	28	34	41	26	28	22	27	
15	24	21	33	30	13	28	23	25	28	32	
16	23	25	20	34	13	30	28	29	23	30	
17	28	23	27	29	43	26	29	28	22	22	
18	27	26	20	29	35	24	27	19	28	28	
19	20	22	28	23	45	28	26	26	25	32	
20	27	24	34	21	8	18	25	27	29	36	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO







Tabla 13 Toma de datos del ensayo N° 4 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	18/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	03+000-03+400		HORA DE INICIO	09:30							
CARRIL	DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN	10:12							
		N° DE ENSAYO	4		KM	03+000					
Li:	31										
Lf:	21										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	18	28	28	20	28	27	39	20	25	
2	28	23	19	25	19	22	22	30	23	31	
3	10	23	23	40	30	22	20	33	27	31	
4	38	14	29	28	30	21	37	30	24	28	
5	21	11	33	27	29	21	27	32	21	15	
6	18	24	38	29	34	15	19	31	21	30	
7	20	39	37	23	37	23	24	38	32	33	
8	29	22	35	6	31	19	21	32	27	30	
9	25	20	32	30	15	17	21	18	32	30	
10	30	17	33	31	22	5	24	29	19	29	
11	20	21	40	21	18	34	29	30	32	27	
12	28	30	33	23	39	30	28	32	21	22	
13	20	20	27	37	18	18	13	27	21	31	
14	22	25	9	28	22	32	23	22	24	21	
15	22	26	44	17	18	21	29	28	23	33	
16	28	9	41	31	10	29	22	32	23	28	
17	24	38	34	17	37	31	22	28	38	34	
18	29	21	21	22	28	23	27	14	15	18	
19	31	27	37	25	30	32	33	19	33	26	
20	30	32	27	28	31	32	39	26	23	25	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 14 Toma de datos del ensayo N° 5 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCACHA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	18/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	04+000-04+400		HORA DE INICIO	10:30							
CARRIL	DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN	11:16							
		N° DE ENSAYO	5		KM	04+000					
Li:	29										
Lf:	21										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	29	18	22	23	24	24	27	24	32	
2	23	29	36	12	29	29	19	25	23	29	
3	29	17	13	18	32	32	22	25	26	28	
4	28	40	30	25	36	24	21	27	31	34	
5	27	41	17	23	31	24	28	23	27	30	
6	25	44	17	24	31	25	27	23	26	18	
7	21	22	23	22	31	31	20	21	24	17	
8	37	22	16	28	32	32	29	22	27	22	
9	19	23	15	21	35	29	27	27	24	22	
10	30	43	18	24	9	32	23	21	22	24	
11	21	16	27	20	29	35	27	22	23	22	
12	25	28	25	21	32	40	19	20	26	23	
13	21	32	17	26	32	31	25	25	27	26	
14	28	27	27	29	33	16	22	29	19	30	
15	26	26	17	33	30	34	28	22	27	30	
16	15	28	22	21	15	36	24	20	29	32	
17	22	24	23	24	27	20	22	20	21	33	
18	45	25	26	28	29	32	25	22	21	30	
19	22	28	29	28	30	29	28	23	7	34	
20	21	19	21	35	29	37	27	22	29	26	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 15 Toma de datos del ensayo N° 6 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		18/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		05+000-05+400		HORA DE INICIO		12:05					
CARRIL		DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN		12:43					
		N° DE ENSAYO		6		KM		05+000			
Li:		30									
Lf:		22									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	24	24	29	12	12	24	27	31	41	
2	27	21	23	32	17	17	22	20	33	34	
3	28	26	24	29	26	36	23	27	30	31	
4	28	25	23	33	9	4	26	26	31	34	
5	28	18	26	34	34	34	28	27	29	36	
6	22	26	27	35	32	32	18	23	28	36	
7	22	22	29	38	28	28	27	27	33	22	
8	30	28	26	35	22	22	25	26	34	32	
9	20	23	22	38	26	26	22	22	34	30	
10	27	23	23	30	30	36	31	26	30	28	
11	27	23	20	24	15	15	16	26	32	29	
12	23	22	27	33	35	35	15	28	31	31	
13	27	27	28	24	28	28	32	23	35	31	
14	22	27	21	24	20	20	28	30	28	31	
15	22	26	27	36	32	32	26	27	28	38	
16	20	24	35	31	15	15	26	31	39	29	
17	30	24	32	36	27	27	26	36	33	22	
18	27	22	29	26	22	22	23	21	32	28	
19	19	18	32	33	23	23	29	29	29	27	
20	22	17	33	27	22	22	28	30	33	29	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 16 Toma de datos del ensayo N° 7 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		20/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		06+000-06+400		HORA DE INICIO		08:30					
CARRIL		DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN		09:12					
		N° DE ENSAYO		7		KM		06+000			
Li:		27									
Lf:		19									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		25	34	30	21	32	33	23	25	28	23
2		27	29	27	15	28	28	22	24	20	34
3		21	33	30	27	27	31	28	24	22	15
4		21	31	31	34	30	33	22	25	26	24
5		20	29	21	31	24	39	21	25	27	22
6		23	33	35	29	33	33	23	28	7	26
7		21	21	13	30	28	22	25	24	20	24
8		22	28	30	21	31	31	21	27	27	29
9		35	34	34	31	32	34	25	27	21	24
10		21	24	37	27	30	39	23	22	23	25
11		32	32	33	31	31	21	28	23	24	28
12		29	27	7	24	37	29	25	28	25	30
13		19	27	34	32	32	27	27	27	21	30
14		29	32	32	32	31	28	21	23	25	38
15		29	41	30	30	31	32	33	27	25	31
16		35	34	18	25	37	24	27	30	28	16
17		34	21	33	30	32	29	30	22	28	31
18		30	29	21	22	18	28	27	27	27	21
19		29	31	33	30	38	27	22	19	25	18
20		33	31	37	30	19	24	25	27	28	35

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 17 Toma de datos del ensayo N° 8 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA	20/10/2019				EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO	07+000-07+400				HORA DE INICIO	09:40					
CARRIL	DERECHO				HORA DE FINALIZACIÓN	10:25					
		N° DE ENSAYO		8		KM		07+000			
Li:	28										
Lf:	18										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	22	34	18	24	22	20	19	27	31	
2	28	22	21	29	31	27	22	23	26	37	
3	21	29	31	39	33	22	22	28	34	37	
4	27	23	32	31	31	26	28	24	29	37	
5	20	21	30	32	31	26	23	24	31	29	
6	25	29	19	28	29	24	22	25	21	30	
7	29	29	22	15	31	20	25	27	27	39	
8	28	19	23	18	28	23	27	23	30	31	
9	28	27	29	27	25	29	22	24	33	22	
10	20	29	26	20	26	25	22	27	32	33	
11	22	21	26	31	25	23	27	26	29	31	
12	29	30	35	19	25	20	26	22	33	35	
13	28	24	18	24	27	25	22	24	31	31	
14	31	31	21	27	26	27	27	23	31	35	
15	28	28	32	21	26	26	29	25	21	28	
16	22	27	35	32	25	20	23	26	30	31	
17	30	31	29	40	24	18	25	28	20	30	
18	30	17	14	32	26	22	26	26	27	30	
19	25	30	14	29	26	25	25	28	29	35	
20	29	35	19	31	27	27	26	23	32	32	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 18 Toma de datos del ensayo N° 9 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		20/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		08+000-08+400		HORA DE INICIO		11:00					
CARRIL		DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN		11:42					
		N° DE ENSAYO		9		KM		08+000			
Li:		27									
Lf:		18									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	32	20	26	21	24	26	23	29	21	
2	30	30	19	25	21	22	23	28	31	19	
3	29	25	27	23	27	26	25	30	20	24	
4	29	31	24	26	26	26	22	28	30	30	
5	29	30	29	28	24	22	24	29	18	28	
6	20	32	18	20	24	27	24	33	31	29	
7	29	21	29	23	16	22	27	34	35	29	
8	22	34	18	26	21	19	22	33	29	32	
9	30	27	29	22	25	21	24	30	27	31	
10	31	28	27	27	30	23	22	28	37	26	
11	29	32	33	22	25	27	23	32	16	28	
12	24	34	28	23	23	21	30	27	19	30	
13	32	32	27	22	25	26	27	35	18	29	
14	21	32	28	24	24	27	25	32	8	30	
15	27	30	24	24	27	25	27	20	33	24	
16	27	27	23	26	20	22	25	35	22	29	
17	22	34	26	27	26	24	21	37	31	32	
18	28	27	23	28	26	25	22	32	20	40	
19	27	22	28	29	20	24	25	39	35	38	
20	27	17	27	26	18	24	26	35	26	34	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 19 Toma de datos del ensayo N° 1 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		20/10/2019				EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO		0+000 - 0+400				HORA DE INICIO		12:10			
CARRIL		IZQUIERDO				HORA DE FINALIZACIÓN		12:48			
		N° DE ENSAYO				1		KM		0+000	
Li:		27									
Lf:		19									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	11	7	20	31	21	28	25	22	29	
2	23	15	27	17	29	15	27	24	24	32	
3	29	27	22	30	21	17	23	24	26	31	
4	27	29	21	18	23	21	25	21	26	17	
5	16	23	25	28	29	22	22	27	24	22	
6	28	16	27	19	27	22	24	24	24	27	
7	26	19	22	14	15	26	21	23	15	28	
8	22	22	23	29	19	25	26	24	27	30	
9	21	16	26	22	26	24	26	27	24	30	
10	29	19	28	22	26	27	25	22	25	29	
11	19	27	27	20	26	27	26	21	35	28	
12	15	22	31	31	27	27	22	19	23	12	
13	30	23	28	20	24	25	26	24	29	31	
14	27	26	28	32	23	24	21	26	21	28	
15	8	19	17	21	19	27	20	22	28	24	
16	27	20	30	27	21	21	24	26	23	20	
17	23	28	17	29	21	22	21	27	23	31	
18	33	26	30	30	23	21	26	23	20	28	
19	14	27	22	22	23	26	28	28	23	32	
20	29	24	31	18	22	26	21	22	31	28	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 20 Toma de datos del ensayo N° 2 carril izquierdo método IRI



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		20/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		01+000-01+400		HORA DE INICIO		14:00					
CARRIL		IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN		14:44					
		N° DE ENSAYO		2		KM		01+000			
Li:		26									
Lf:		18									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		23	27	30	31	28	23	22	25	25	30
2		22	30	28	19	31	25	27	23	27	37
3		17	31	27	20	21	27	20	27	20	27
4		30	30	21	27	29	19	23	27	25	27
5		27	23	30	23	27	25	26	28	23	31
6		21	21	21	29	30	26	27	26	26	22
7		27	25	23	28	30	20	22	28	20	29
8		29	28	30	22	29	24	23	25	25	23
9		24	29	27	25	19	24	25	14	23	28
10		23	21	17	29	23	22	23	24	29	29
11		35	25	23	20	29	19	24	26	31	23
12		25	22	28	28	16	23	25	25	31	23
13		29	32	34	34	18	29	16	24	39	27
14		28	30	30	34	25	23	27	26	27	31
15		18	29	22	34	27	26	26	23	22	27
16		27	29	17	33	22	27	25	20	19	22
17		18	27	21	32	24	23	27	22	33	24
18		24	30	34	28	24	26	24	20	29	20
19		29	28	29	32	24	25	27	27	29	29
20		27	28	22	32	25	25	26	24	31	29

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO







Tabla 21 Toma de datos del ensayo N° 3 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		20/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		02+000-02+400				HORA DE INICIO		15:00			
CARRIL		IZQUIERDO				HORA DE FINALIZACIÓN		15:30			
		N° DE ENSAYO		3		KM		02+000			
Li:		29									
Lf:		21									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	22	28	26	24	31	30	29	24	3	
2	25	25	26	27	28	35	28	22	28	26	
3	26	24	27	25	29	22	15	30	27	25	
4	25	22	27	28	29	27	19	30	26	26	
5	28	24	27	22	24	29	21	28	24	23	
6	29	23	27	22	27	30	21	33	27	24	
7	22	24	22	24	23	29	30	30	25	19	
8	21	26	25	26	20	33	31	29	26	28	
9	22	22	20	24	28	27	30	30	25	24	
10	23	23	25	26	32	18	31	31	28	27	
11	27	24	22	24	30	18	39	28	23	17	
12	23	24	27	30	29	27	39	22	27	15	
13	27	26	28	32	32	30	24	15	28	27	
14	27	24	22	30	35	27	30	26	17	30	
15	24	21	29	30	29	8	28	29	27	27	
16	25	26	23	19	18	30	29	18	26	32	
17	26	26	27	33	27	27	23	27	5	35	
18	26	29	25	33	35	35	28	28	18	23	
19	23	20	24	23	27	29	20	24	24	19	
20	22	22	23	31	30	20	22	23	37	10	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 22 Toma de datos del ensayo N° 4 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		21/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		03+000-03+400		HORA DE INICIO		09:10					
CARRIL		IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN		09:55					
		N° DE ENSAYO		4		KM		03+000			
Li:		31									
Lf:		22									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		24	22	30	27	25	21	25	23	21	24
2		24	26	31	26	30	25	25	27	22	20
3		25	28	22	15	29	21	23	22	22	21
4		27	22	24	27	22	23	22	24	20	26
5		20	25	27	22	30	19	26	24	21	19
6		23	27	28	21	28	18	19	31	22	27
7		26	24	24	28	24	24	28	24	28	34
8		24	24	28	30	24	27	21	24	29	21
9		26	25	23	32	24	29	22	28	27	17
10		26	26	23	25	29	18	24	27	22	18
11		24	26	22	27	26	29	26	21	27	18
12		27	27	25	20	29	28	11	15	27	19
13		28	25	24	22	14	23	24	28	28	29
14		27	21	27	26	21	28	26	27	20	23
15		27	21	25	28	26	27	26	22	21	22
16		28	23	22	25	15	30	24	19	23	18
17		27	22	26	26	26	21	15	18	26	24
18		27	20	24	25	26	19	23	26	27	38
19		26	25	21	24	17	15	25	25	27	24
20		28	5	24	24	18	23	26	26	22	24

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 23 Toma de datos del ensayo N° 5 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCACHA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		21/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		04+000-04+400		HORA DE INICIO		10:12					
CARRIL		IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN		10:45					
		N° DE ENSAYO		5		KM		04+000			
Li:		28									
Lf:		18									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	19	30	27	22	23	23	20	23	30	
2	25	30	31	20	18	29	23	22	18	23	
3	24	23	22	22	26	28	22	24	19	26	
4	22	29	24	23	22	24	24	30	21	18	
5	20	29	23	24	23	27	21	30	19	13	
6	26	31	23	25	26	19	16	29	18	18	
7	19	31	35	21	20	23	28	29	19	28	
8	23	29	34	26	21	21	20	24	24	20	
9	25	25	23	21	21	23	10	23	16	29	
10	23	23	22	20	27	26	24	24	24	22	
11	26	22	30	21	22	27	31	26	19	32	
12	30	23	24	23	19	25	24	25	24	26	
13	21	29	26	22	28	23	26	23	21	18	
14	35	24	23	23	22	22	31	31	25	18	
15	23	25	26	23	26	26	21	23	17	22	
16	21	29	22	25	31	24	30	24	20	29	
17	22	30	23	23	27	25	22	24	30	31	
18	22	28	20	27	29	23	18	19	32	22	
19	31	30	25	28	27	21	24	23	18	21	
20	27	24	21	25	30	22	24	23	20	16	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 24 Toma de datos del ensayo N° 6 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	21/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	05+000-05+400		HORA DE INICIO	11:00							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	11:38							
		N° DE ENSAYO	6		KM	05+000					
Li:	26										
Lf:	17										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	16	21	22	19	24	24	32	9	24	26	
2	13	20	17	18	18	30	24	14	28	23	
3	26	18	20	18	18	22	17	28	28	27	
4	22	21	24	20	20	24	26	28	14	26	
5	20	23	15	17	17	19	24	30	25	28	
6	21	18	20	22	22	29	35	29	25	21	
7	19	24	22	20	20	27	18	33	28	18	
8	19	21	15	21	21	25	23	25	28	22	
9	26	13	27	22	22	26	28	23	23	24	
10	25	18	30	22	22	24	27	23	23	22	
11	19	22	10	29	29	24	28	22	22	23	
12	24	20	21	29	29	24	29	25	23	29	
13	27	28	14	23	23	27	30	24	24	20	
14	21	29	22	25	25	30	35	23	21	25	
15	13	18	18	26	26	24	9	24	27	31	
16	20	18	18	25	25	22	26	25	23	24	
17	17	17	22	24	24	29	24	26	24	31	
18	19	20	19	23	23	32	12	25	28	25	
19	18	17	20	26	26	30	29	25	25	31	
20	18	21	21	27	27	29	37	24	24	31	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 25 Toma de datos del ensayo N° 7 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		22/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		06+000-06+400		HORA DE INICIO		10:00					
CARRIL		IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN		10:40					
		N° DE ENSAYO		7		KM		06+000			
Li:		27									
Lf:		18									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	23	21	27	22	23	24	19	30	23	
2	24	27	24	24	18	29	28	18	23	23	
3	24	21	28	22	26	28	28	18	26	22	
4	22	24	23	26	22	24	14	20	18	24	
5	23	27	24	25	23	27	25	17	13	21	
6	25	27	28	22	26	19	25	22	18	16	
7	24	24	22	25	20	23	28	20	28	28	
8	24	22	29	24	21	21	28	21	20	20	
9	28	24	26	23	21	23	23	22	29	10	
10	22	24	24	24	27	26	23	22	22	24	
11	25	26	26	23	22	27	22	29	32	31	
12	26	26	26	21	19	25	23	29	26	24	
13	24	22	21	20	28	23	24	23	18	26	
14	27	22	26	31	22	22	21	25	18	31	
15	25	24	26	29	26	26	27	26	22	21	
16	28	26	22	29	31	24	23	25	29	30	
17	22	21	24	23	27	25	24	24	31	22	
18	24	27	26	19	29	23	28	23	22	18	
19	28	25	25	24	27	21	25	26	21	24	
20	24	26	23	26	30	22	24	27	16	24	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 26 Toma de datos del ensayo N° 8 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		22/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		07+000-07+400		HORA DE INICIO		11:00					
CARRIL		IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN		11:35					
		N° DE ENSAYO		8		KM		07+000			
Li:		29									
Lf:		20									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		25	27	24	23	26	26	24	9	21	16
2		21	25	22	22	25	22	18	14	24	13
3		30	20	24	22	31	25	18	28	28	26
4		30	24	22	22	21	26	20	28	23	22
5		25	22	29	23	25	23	17	30	24	20
6		27	22	26	19	25	22	22	29	28	21
7		25	20	14	22	20	18	20	33	22	19
8		33	31	22	21	26	20	21	25	29	19
9		21	20	20	22	24	28	22	23	26	26
10		23	31	20	24	23	22	22	23	24	25
11		26	21	23	30	25	21	29	22	26	19
12		24	25	22	20	23	21	29	25	26	24
13		23	27	23	24	25	24	23	24	21	27
14		33	22	21	21	22	23	25	23	26	21
15		25	27	23	22	20	23	26	24	26	13
16		20	30	34	23	28	22	25	25	22	20
17		24	22	23	21	21	20	24	26	24	17
18		24	27	26	28	21	23	23	25	26	19
19		23	27	23	23	23	22	26	25	25	18
20		21	27	31	22	24	27	27	24	23	18

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 27 Toma de datos del ensayo N° 9 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		20/10/2019		EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC					
TRAMO		08+000-08+400		HORA DE INICIO		11:00					
CARRIL		DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN		11:42					
		N° DE ENSAYO		9		KM		08+000			
Li:		27									
Lf:		18									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	32	20	26	21	24	26	23	29	21	
2	30	30	19	25	21	22	23	28	31	19	
3	29	25	27	23	27	26	25	30	20	24	
4	29	31	24	26	26	26	22	28	30	30	
5	29	30	29	28	24	22	24	29	18	28	
6	20	32	18	20	24	27	24	33	31	29	
7	29	21	29	23	16	22	27	34	35	29	
8	22	34	18	26	21	19	22	33	29	32	
9	30	27	29	22	25	21	24	30	27	31	
10	31	28	27	27	30	23	22	28	37	26	
11	29	32	33	22	25	27	23	32	16	28	
12	24	34	28	23	23	21	30	27	19	30	
13	32	32	27	22	25	26	27	35	18	29	
14	21	32	28	24	24	27	25	32	8	30	
15	27	30	24	24	27	25	27	20	33	24	
16	27	27	23	26	20	22	25	35	22	29	
17	22	34	26	27	26	24	21	37	31	32	
18	28	27	23	28	26	25	22	32	20	40	
19	27	22	28	29	20	24	25	39	35	38	
20	27	17	27	26	18	24	26	35	26	34	

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



### 3.5.2. Procedimiento de recolección de datos con DRON

- a) Equipos
  - Dron
- b) Procedimiento

#### **Procedimiento para la obtención de ORTOFOTOS**

##### **i. Metodología**

Para la obtención del entregable (ortofoto) se utilizó la metodología de restitución fotogramétrica mediante la obtención de imágenes tomadas mediante Aeronave pilotada Remotamente (RPA), para lo que se utilizó 01 aeronave modelo Phantom 4 pro v.2.0 (obsidian versión), obteniendo vuelos que garanticen la obtención de imágenes de alta resolución (4cm) en la ortofoto.

##### **A. Características de la Aeronave**

###### **Aeronave**

- Tiempo de vuelo: 18 minutos
- Rango de control de hasta 7 Km
- Sensor. 1” CMOS píxeles efectivos: 20M.
- Velocidad máxima: Modo S: 72 km/h, Modo A: 58 km/h, Modo P: 50 km/h.
- Sistemas de posicionamiento: GPS / GLONASS
- Reducción de ruido de 4 dB
- Puede grabar video en 4 K a 60 fps
- Rango de detección de 30 metros
- Detección de obstáculos en 5 direcciones

###### **Cámara**

- Sensor: 1 ” CMOS píxeles efectivos: 20M
- Lente: FOV 84 ° 8.8 mm / 24 mm (formato equivalente a 35 mm) f / 2.8 – f / 11 enfoque automático a 1 m – ∞
- Rango ISO: Video: 100 – 3200 (Auto) 100 – 6400 (Manual) Foto: 100 – 3200 (Auto) 100 – 12800 (Manual)
- Velocidad de obturación mecánica: 8 – 1/2000 seg.
- Velocidad de obturador electrónica de 8 – 1/8000 seg.
- Max Bitrate de video: 100 Mbps.





- Foto: JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG.
- Vídeo: MP4 / MOV (AVC / H.264; HEVC / H.265).
- Tarjetas SD compatibles: Capacidad Micro SD Max: 128GB Velocidad de escritura  $\geq 15\text{MB / s}$ , clasificación Clase 10 o UHS-1 requerida

#### **Control remoto**

- Frecuencia: 2.400 – 2.483 GHz y 5.725 – 5.850 GHz.
- Distancia máxima de transmisión: 2.400 – 2.483 GHz (sin obstrucciones, sin interferencia) FCC: 7 km. CE: 4 km. SRRC: 4 km 5.725 – 5.850 GHz (sin obstrucciones, sin interferencia). FCC: 7 km. CE: 2 km. SRRC: 5 km.
- Batería: 6000 mAh LiPo 2S.
- Dispositivo móvil: GL300K: Dispositivo de visualización incorporado (pantalla de 5,5 pulgadas,  $1920 \times 1080$ , 1000 cd / m<sup>2</sup>, sistema Android, memoria RAM de 4 GB + 16 GB) GL300L: tabletas y teléfonos inteligentes.

#### **Batería**

- Capacidad de 5870 mAh
- Voltaje 15.2 V
- Tipo de Batería: LiPo 4S.
- Peso neto de 468 gramos
- Rango de temperatura de carga: 5 ° a 40 ° C.

### **B. Características del Hardware para restitución**

#### **Sistema**

- **Procesador:** AMD Ryzen 7 3800X 8Core – Procesador 3.90GHz
- **Memoria RAM:** 32.0 GB
- **Tipo de Sistema:** Sistema 64 Bits, procesador x 64
- **Lápiz y entrada Táctil:** Compatibilidad con entrada Manuscrita (Tableta digitalizadora HUION P1060Pro+)

### **C. Características del Software para captura de imágenes**

#### **Map Pilot (IOS 12.0)**

- Gestión de varias baterías
- Selección manual del punto de reinicio



- FlightSync to Maps simplificado
- Sincronización de misión y límites con mapas simplificada
- Gestión de la zona de vuelo
- Definición del punto de reinicio manual
- Autorizaciones de LAANC a través de AirMap
- Modos automáticos, prioridad de apertura / obturador y exposición manual
- Almacenamiento en caché de mapas base para operaciones sin conexión
- Disparo de cámara sin conexión
- Marcadores y datos de mapas externos a través de MapBox
- Pantalla de huella de imagen consciente del terreno
- Conocimiento del terreno con capacidad total sin conexión (IAP)
- Planificación de misión lineal de múltiples pasadas (IAP)
- Importación de datos de terreno personalizados
- •Planificación de misión de cuadrícula 3D
- Coordinación de varios vuelos
- Punto de inicio móvil para rastrear al piloto (IAP)
- Guardar / editar misiones
- Refly Saved Missions
- Ver registros 3D en el dispositivo con Google Earth
- Importar KML por correo electrónico o AirDrop
- Exportar KML, archivos de registro y archivos de vuelos por correo electrónico o AirDrop
- Revisión del registro de vuelo
- Simulador integrado para pruebas
- Carga de AirData desde el Administrador de archivos de registro
- Imágenes RAW disponibles mediante compra en la aplicación
- El uso más completo posible de cada batería
- Disparo de cámara apropiado
- Gestión de superposiciones
- Gestión de velocidad
- Despegue y aterrizaje automático



- Vista previa de video en vivo (grandes y pequeños)
- Advertencia de calidad de la señal
- Indicador de línea de visión
- Captura automáticamente la imagen de referencia de elevación (imagen del suelo)
- Asistencia de aterrizaje natural
- Vista de mapa en vivo

#### **D. Características del Software para restitución de imágenes Agisoft Metashape (Windows 10)**

Dentro de los procesos que podemos ejecutar mediante este software son:

##### **Triangulación fotogramétrica**

- Procesamiento de diversos tipos de imágenes: aéreas (nadir, oblicuas) y de corto alcance.

##### **Nube de puntos densos: edición y clasificación**

- Elaborar la edición del modelo para obtener resultados precisos. Clasificación de puntos para personalizar la reconstrucción de la geometría. Exportación en formato LAS.

##### **Modelo de elevación digital: exportación DSM / DTM**

- Superficie digital y / o modelo de terreno digital, según el proyecto. Georreferenciación basada en metadatos / registro de vuelo EXIF: datos de GPS / GCP. Soporte de sistemas de coordenadas de registro EPSG: WGS84, UTM, etc.

##### **Exportación ortomosaico georeferenciado**

- Ortomosaico georeferenciado: el formato GeoTIFF más compatible con GIS; Archivo .KML para ubicarse en Google Earth. Exportación en bloques para grandes proyectos. Corrección de color para una textura homogénea. Medidas: distancias, áreas, volúmenes.

##### **Herramientas incorporadas para medir distancias, áreas y volúmenes.**

- Para realizar un análisis métrico más sofisticado, los productos Metashape se pueden transferir sin problemas a herramientas externas gracias a una variedad de formatos de exportación.



### **Puntos de control de tierra: topografía de alta precisión**

- Importación de GCPs para controlar la exactitud de los resultados. Detección automática de objetivos codificados / no codificados para una entrada rápida de GCP.
- Esta información puede ser proporcionada por el uso de módulo RTK o mediante trabajo PPK.

### **ii. Descripción de la actividad**

Se realizó la verificación de información por parte del Usuario para programar el plan de trabajo a realizar en campo:

#### **1. Fase de pre campo**

Identificación del área de trabajo – Se identificó la ruta de Huarcoondo a Izcuchaca para revisar la distancia que abarca, adicional de las interferencias pertinentes en la ruta.



Figura 31 Identificación de área de campo

Fuente: Elaboración propia.



Para la planificación del vuelo, utilizando el software map pilot en IOS, obteniendo los tiempos de vuelo para la programación de vuelos en la ruta.

## 2. Fase de campo

### Informe de Salida de campo

Para las actividades realizadas en campo se dispuso la salida de la ciudad del cusco el domingo 8 de marzo del 2020 a las 07:00 horas, para comenzar el trabajo alrededor de las 09:30 horas desde Huarcocondo.



Figura 32 Proceso de levantamiento de datos

Fuente: Elaboración propia.

- Se realizó la inspección de la ruta para identificar interferencias al momento del vuelo

Se comenzó con las configuraciones de seguridad del RPA

#### Del Control de vuelo

- Altitud de retorno al Home: 40 m
- Altitud Máxima: 40 m
- Distancia límite horizontal: 5000 m
- Calibración de IMU

#### De los sensores de Obstáculos

- Activación de los sensores de obstáculos

#### Del Control Stick

- Modo 2

Una vez configurado los controles de vuelo, se comenzó con las configuraciones de Misiones teniendo las siguientes Bitacoras:

o **Bitácora 1 (Misión Huarocondo 1)**

- Ubicación inicio de vuelo (Home) 19S - E: 802762.97 N: 8513884.72 3334 m.s.n.m.
- Altura de Vuelo: 40 m sobre el home
- Longitud de Vuelo: 2594 m.
- Puntos marcados o Waypoints: 25 pts
- Tiempo de vuelo: 12m 57s
- Fotos tomadas: 315
- K-index para ese día: Tormenta Geomagnética en un rango de 3 para esas horas (verde)
- Hora de inicio de tomas: 09:42 horas



Figura 33 Bitácora 1

Fuente: Elaboración propia.

o **Bitácora 2 (Misión Huarocondo 2)**

- Ubicación inicio de vuelo (Home) 18S - E: 802429.97 N: 8511374.08 3319 m.s.n.m.
- Altura de Vuelo: 35 m sobre el home
- Longitud de vuelo: 3542 m.
- Puntos marcados o Waypoints: 31 pts
- Tiempo de vuelo: 18m 40s

- Fotos tomadas: 329
- K-index para ese día: Tormenta Geomagnética en un rango de 3 para esas horas (verde)
- Hora de inicio de tomas: 10:40 horas



Figura 34 Bitácora 2

Fuente: Elaboración propia.

o **Bitácora 3 (Misión Huarcocondo3)**

- Ubicación inicio de vuelo (Home) 18S - E: 805902.35 N: 8510930.35 3328 m.s.n.m.
- Altura de Vuelo: 38 m sobre el home
- Longitud de vuelo: 3190 m.
- Puntos marcados o Waypoints: 24 pts
- Tiempo de vuelo: 16m 20s
- Fotos tomadas: 354
- K-index para ese día: Tormenta Geomagnética en un rango de 3 para esas horas (verde)
- Hora de inicio de tomas: 11:30 horas



Figura 35 Bitácora 3

Fuente: Elaboración propia.

o **Bitácora 4 (Misión Huarocondo 4)**

- Ubicación inicio de vuelo (Home) 19S - E: 806788.69 N: 8510507.32  
3340 m.s.n.m.
- Altura de Vuelo: 38 m sobre el home
- Longitud de vuelo: 1813 m.
- Puntos marcados o Waypoints: 15 pts
- Tiempo de vuelo: 13m 59s
- Fotos tomadas: 314
- K-index para ese día: Tormenta Geomagnética en un rango de 3 para esas horas (verde)
- Hora de inicio de tomas: 12:18 horas





Figura 36 Bitácora 4

Fuente: Elaboración propia.

Se retornó a la ciudad del cusco para el respectivo procesamiento de información.

### 3. Fase de gabinete

Se realizó el procesamiento de las imágenes utilizando el software Agisoft Metashape, para los 04 vuelos, utilizando el siguiente proceso:

- Obtención de la ubicación y alineamiento de cámaras (Nube de puntos densa)
- Obtención de la nube de puntos densa
- Obtención del Modelo digital de elevación (MDT)
- Obtención del Ortomosaico
- Exportación de resultados

Los procesos se realizaron utilizando procesos de selección y corrección de distorsiones que pudieron haberse encontrado por factores de humedad del aire, precipitación, o desenfoque de cámara, asegurando la limpieza de los resultados obtenidos en la exportación final.

### iii. Resultados

#### 1.- Modelo digital de elevación

Se obtuvo 01 archivo del Modelo Digital del terreno, con las siguientes características:

Nombre DEM 01

SRC EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S - Proyectado

Unidad metros

TAMAÑO PÍXELES



X 398030

Y 338397

Tipo de datos Float32 - Número de coma flotante de 32 bits

Descripción del controlador de GDAL GTiff

Metadatos del controlador de GDAL GeoTIFF

Compresión LZW

Banda 1

STATISTICS\_APPROXIMATE=YES

STATISTICS\_MAXIMUM=5508.5307617188

STATISTICS\_MEAN=5358.3930603399

STATISTICS\_MINIMUM=5176.87109375

STATISTICS\_STDDEV=89.344360317706

STATISTICS\_VALID\_PERCENT=47.2

Dimensiones X: 398030 Y: 338397

Bandas: 1

Tamaño de píxel 0.05000000000000105055,-0.050000000000000705269

**DEM 01:**



Figura 37 DEM 1

Fuente: Elaboración propia.



## 2.- Ortomosaico

Se obtuvo 01 Ortomosaico, con las siguientes características:

Nombre ORTOFOTO 01

SRC EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S - Proyectado

Unidad metros

TAMAÑO PÍXELES

X 398031

Y 338398

Tipo de datos Byte - Entero natural de 8 bits

Descripción del controlador de GDAL GTiff

Metadatos del controlador de GDAL GeoTIFF

Compresión LZW

Banda 1

STATISTICS\_APPROXIMATE=YES

STATISTICS\_MAXIMUM=240

STATISTICS\_MEAN=95.103680061899

STATISTICS\_MINIMUM=0

STATISTICS\_STDDEV=88.30980703176

STATISTICS\_VALID\_PERCENT=100

Banda 2

STATISTICS\_APPROXIMATE=YES

STATISTICS\_MAXIMUM=235

STATISTICS\_MEAN=95.466826248851

STATISTICS\_MINIMUM=0

STATISTICS\_STDDEV=88.489538768895

STATISTICS\_VALID\_PERCENT=100

Banda 3

STATISTICS\_APPROXIMATE=YES

STATISTICS\_MAXIMUM=236

STATISTICS\_MEAN=96.428453987137



STATISTICS\_MINIMUM=0

STATISTICS\_STDDEV=89.130813661094

STATISTICS\_VALID\_PERCENT=100

Banda 4

Más información

AREA\_OR\_POINT=Area

Dimensiones X: 45593 Y: 38185

Bandas: 4

Tamaño de píxel 0.0399999999999995226,-0.040000000000000193678

Ortofoto 01:

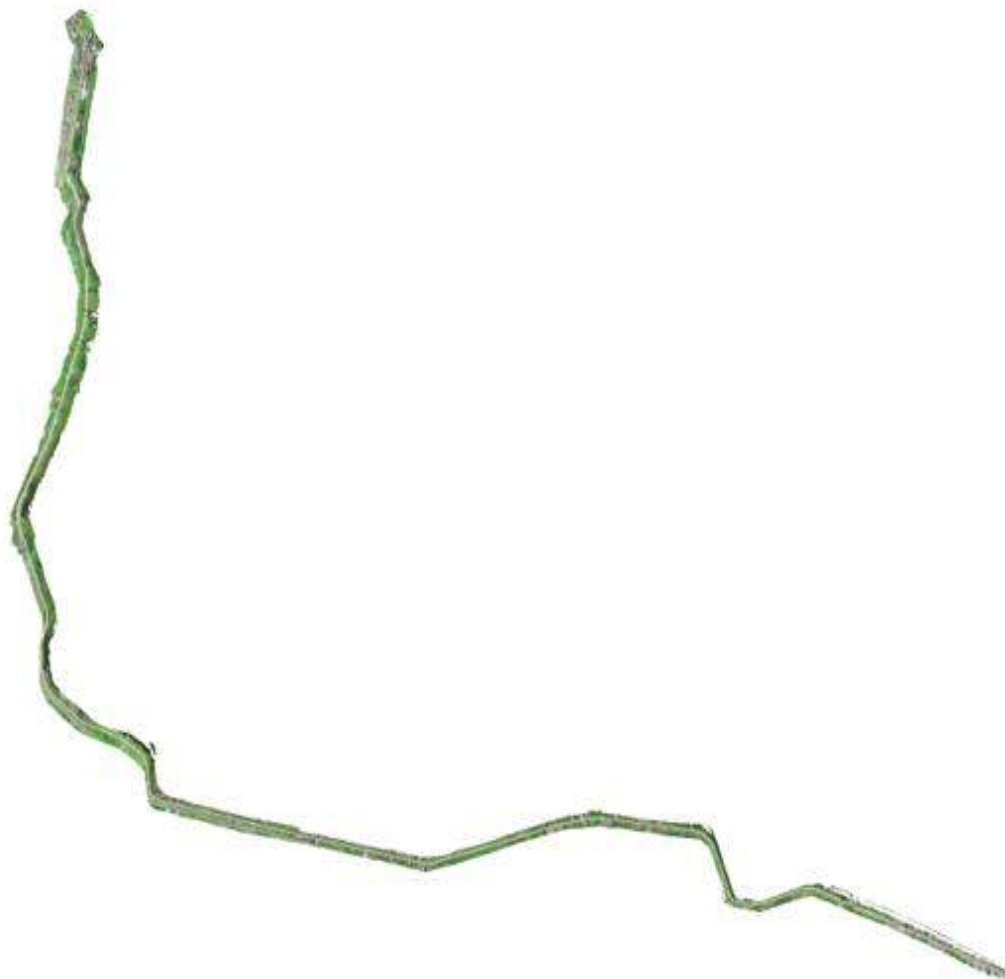


Figura 38 Ortomosaico  
Fuente: Elaboración propia.



### 3.- Del Procesamiento

#### Calidad de Cámara

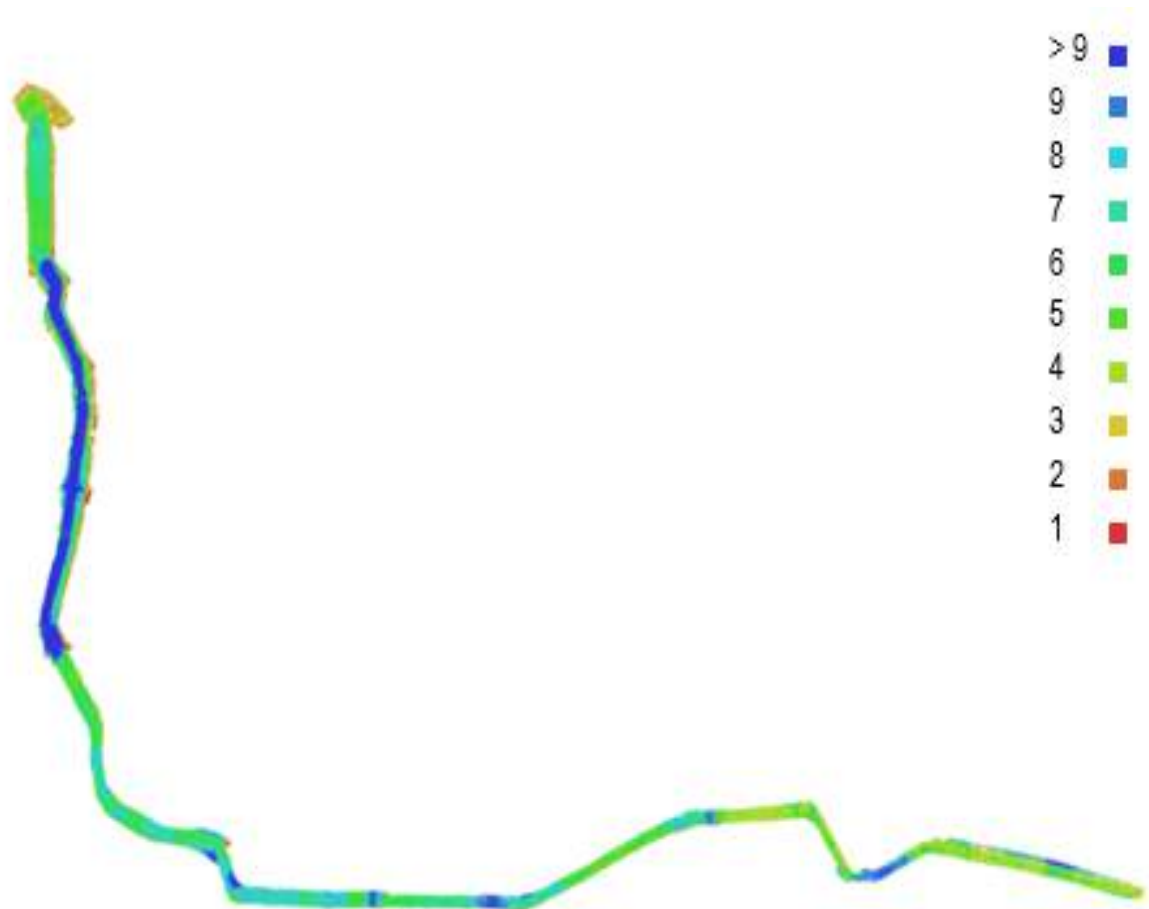
Número de imágenes: 1,312 Posiciones de cámara: 1,272

Altitud media de vuelo: 58.6 m Puntos de enlace: 372,121

Resolución en terreno: 1.06 cm/pix Proyecciones: 1,130,460

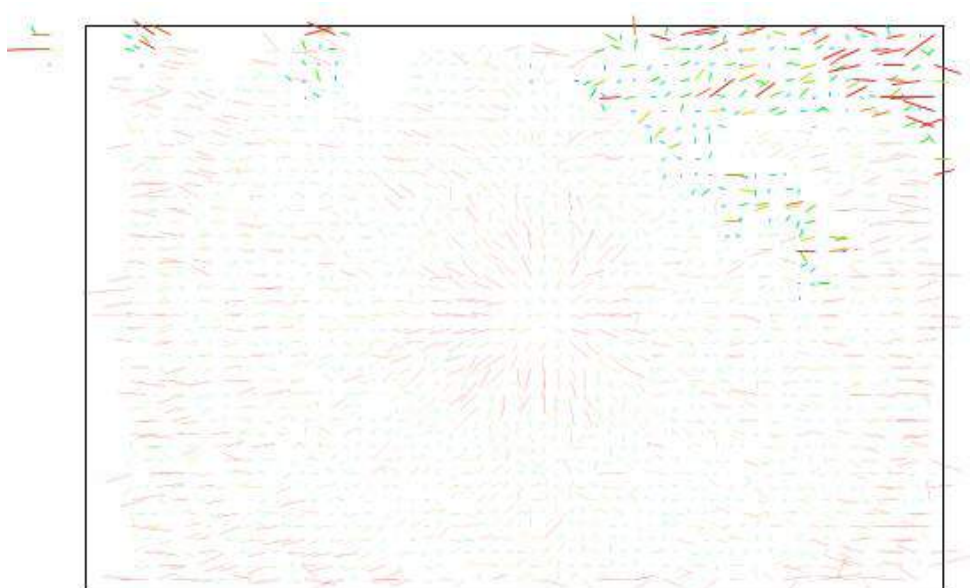
Superficie cubierta: 0.9 km<sup>2</sup> Error de Re proyección: 0.956 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC 6310 (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	SI





### Calibración de Imágenes



Residuales para FC6310 (8.8 mm).

FC6310 (8.8 mm)  
1272 imágenes

Resolución  
5472 x 3648

Dinstancia focal  
8.8 mm

Tamaño de píxel  
2.41 x 2.41 micras

Precalibrada  
Si

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	P1	P2	P3
<b>K2</b>	<b>-0.0567256</b>										
<b>K3</b>	<b>0.0792593</b>										
<b>K4</b>	<b>-0.0302385</b>										
<b>P4</b>	<b>-0.111399</b>										
<b>F</b>	<b>3631.02</b>	0.87	1.00	0.50	-0.20	0.12	-0.06	-0.10	0.56	0.03	-0.03
<b>Cx</b>	<b>209.494</b>	0.49		1.00	-0.15	0.28	0.01	0.06	0.76	0.04	0.56
<b>Cy</b>	<b>-27.4012</b>	0.58			1.00	-0.54	0.40	0.04	-0.17	-0.11	-0.02
<b>B1</b>	<b>7.09022</b>	0.16				1.00	-0.18	-0.08	0.23	-0.08	0.09
<b>B2</b>	<b>-1.08359</b>	0.14					1.00	-0.15	-0.21	-0.13	-0.15
<b>K1</b>	<b>0.00907452</b>	1.1e-						1.00	0.27	-0.14	0.52
<b>P1</b>	<b>0.0166303</b>	4.2e-							1.00	0.05	0.65
<b>P2</b>	<b>-0.000510239</b>	2.7e-								1.00	0.05
<b>P3</b>	<b>-0.0814779</b>	0.0005									1.00

### Posición de Cámaras

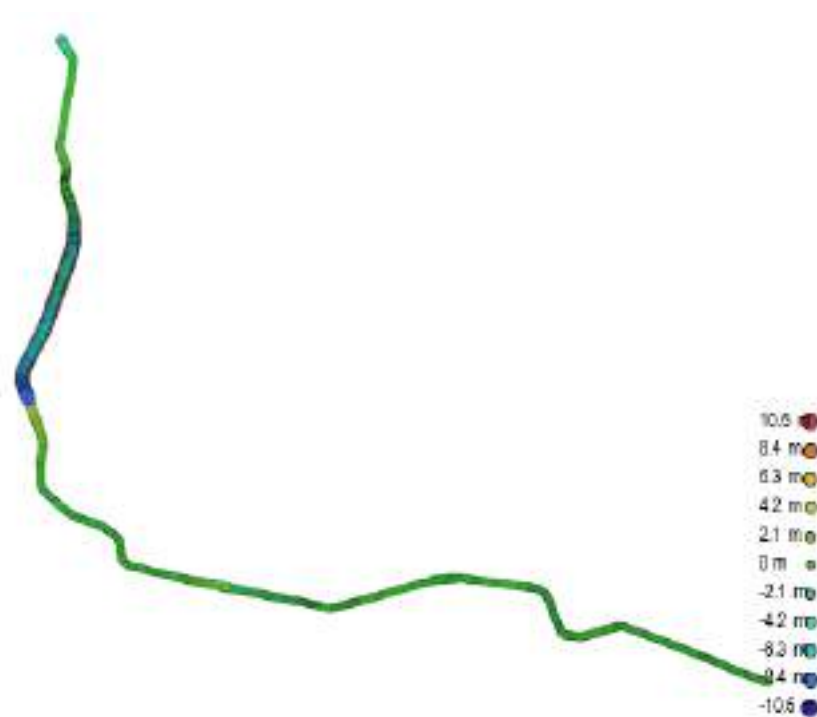


Figura 39 Posición de cámaras

Fuente: Elaboración propia.

Posiciones de cámaras y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en X Y.

Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (cm)	Error en Y(cm)	XY error (cm)	Error en Z(cm)	Error compuesto
0.287493	0.717054	0.77254	0.252958	0.8129

### Parámetros de procesamiento

#### Generales

Cámaras	1312
Cámaras orientadas	1272
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)



**Nube de puntos**

Puntos	372,121 de 402,110
RMS error de Re proyección	0.137383 (2.17093 pix)
Error de Re proyección máximo	0.414754 (42.1003 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	14.8331 pix
Superposición efectiva	3.0626

**Parámetros de orientación**

Precisión	Máxima
Pre-procesar emparejamiento de imágenes	Referencia
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	1,000
Restricción de máscara activa	No
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	2 horas 15 minutos
Tiempo de orientación	16 horas 35 minutos

**Nube de puntos densa**

Puntos	17,820,561
--------	------------

**Parámetros de reconstrucción**

Calidad	Medio
Filtrado de profundidad	Agresivo
Duración del procesamiento	8 horas 51 minutos
Modelo	
Caras	143,499
Vértices	81,381
Parámetros de reconstrucción	f, b1, b2, cx, cy, k1, p1-p3
Tipo de superficie	Bajorreliève / terreno
Moderado Número de caras	200,000
Duración del procesamiento	9 horas 15 minutos

**DEM**

Tamaño	45,594 x 38,186
Sistema de coordenadas (EPSG::32718)	WGS 84 / UTMzone 18S





Parámetros de reconstrucción

Datos fuente	Malla
Interpolación	Habilitada
Duración del procesamiento	40 minutos 30 segundos

**Ortomosaico**

Tamaño	398,031 x 338,398
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)
Canales	3, uint8
Modo de mezcla	Mosaico
Parámetros de reconstrucción	
Superficie	Malla
Permitir la corrección de color	No
Duración del procesamiento	1 hora 45 minutos

**Software**

Versión	1.2.5 build 2594
Plataforma	Windows 64 bit

Los tamaños de pixel solicitados de 4x4cm, son distorsionados por la corrección geométrica de la UTM WGS84-18s, debido a que la medida planar para la revisión del os atributos fue asignada en este datum.



### Procedimiento para la determinación de Fallas

- i. Se selecciona el área de la unidad de muestreo, la misma que según la tabla N° 5 “tamaño de la muestra” el cual considera que para un pavimento flexible el tamaño de muestra y se eligió 600 m<sup>2</sup>, valor que será utilizado en la evaluación, es decir la unidad de muestra tendrá una longitud de 100 m y un ancho de 6.00 m.
- ii. Como siguiente paso se determinó el número mínimo de unidades de muestro a ser evaluadas “n”, cuyos resultados para la vía son los siguientes:

Teniendo los datos:

- Longitud total = 8245 m
- Ancho de sección (carril) = 6 m
- Área total de la vía = L \* A = 8245 \* 6 = 49470 m<sup>2</sup>

Tamaño de la muestra elegida según tabla 5: 600 m<sup>2</sup>

Calculo del número de muestras totales (N):

$$N = A / \text{tamaño de la muestra}$$

$$N = 8245 / 600$$

$$N = 82$$

Para el cálculo del número mínimo de unidades de muestra a evaluar se utilizó la ecuación 1

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

N: Número total de unidades de muestra = 83

s: Desviación estándar = 10 (se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico)

e: error admisible = 5 %, ya que la ecuación la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{82 * 10^2}{\left(\frac{5^2}{4}\right) (82 - 1) + 10^2}$$

$$n = 12$$

El número mínimo de unidades de muestreo resultantes a evaluar fue de 12 unidades.



Tabla 28 Determinación de muestreo para evaluar la vía

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																						
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																						
DETERMINACION DE MUESTREO PARA EVALUAR VIA (PCI)																						
Nombre de la vía	:	IZCUCHACA-HUAROCONDO																				
Longitud total	:	8245 m.																				
Ancho de la sección	:	6.00 m.																				
Area total de la vía	:	49470m2.																				
Tamaño de muestra elegido	:	600 m2.																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo de Pavimento</th> <th colspan="3">Tamaño de la Muestra</th> </tr> <tr> <th>Ideal</th> <th>Minimo</th> <th>Máximo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rigidos</td> <td>20 losas</td> <td>12 losas</td> <td>28 losas</td> </tr> <tr> <td>Flexible</td> <td>450 m<sup>2</sup></td> <td>270 m<sup>2</sup></td> <td>630 m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Mixto</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tipo de Pavimento	Tamaño de la Muestra			Ideal	Minimo	Máximo	Rigidos	20 losas	12 losas	28 losas	Flexible	450 m <sup>2</sup>	270 m <sup>2</sup>	630 m <sup>2</sup>	Mixto			
Tipo de Pavimento	Tamaño de la Muestra																					
	Ideal	Minimo	Máximo																			
Rigidos	20 losas	12 losas	28 losas																			
Flexible	450 m <sup>2</sup>	270 m <sup>2</sup>	630 m <sup>2</sup>																			
Mixto																						
Numero de muestras	:	83																				
Numero minimo de muestras	:																					
$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$																						
<p>Donde:</p> <p>n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.</p> <p>N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.</p> <p>e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)</p> <p>σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.</p>																						
	N:	83																				
	s:	10%	n=12																			
	e:	5%																				

Fuente: Elaboración propia

- iii. Se selecciona las unidades de muestra a inspeccionar, las cuales se recomienda que deben estar igualmente espaciada, se utiliza la siguiente ecuacion

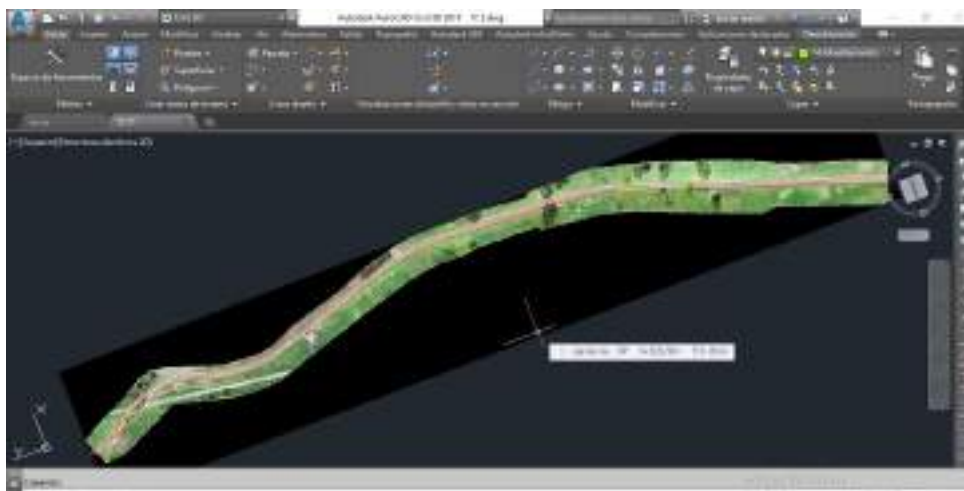
$$i = N/n$$

$$i = 83/12$$

$$i = 6.91 \Rightarrow i = 7 \text{ (se redondea al número entero inferior)}$$

Por lo tanto, la selección de estas unidades se dio de la siguiente manera: la primera fue de manera aleatoria y las demás fueron delimitadas cada 700 ml, cada unidad de muestra de 600 m<sup>2</sup> con L =100 m hasta llegar a los 08+245 km.

- iv. Teniendo el área escogida de 600 m<sup>2</sup>, el número de muestras y la delimitación, se empieza a hallar las fallas del pavimento, para ello primero se dividió los ortofotos por kilómetro en formato JP2 y posteriormente abrir el archivo en el programa CIVIL 3D



*Figura 40 Ortofoto de la zona de estudio por kilómetro*

Fuente: Elaboración propia, (CIVIL 3D, 2019)

- v. Se trazó el eje de vía con el fin de ubicar nuestras unidades de muestra, después se graficó y se halló el área de las fallas del pavimento, para ello se utilizó el programa CIVIL 3D



*Figura 41 Determinación del área de fallas*

Fuente: Elaboración propia, (CIVIL 3D, 2019)



Como último paso se inspecciona individualmente cada unidad de muestra seleccionada de 600 m<sup>2</sup>, usando los formatos de recolección de datos, se registra el tipo de falla y la extensión de la misma, también se registra el grado de severidad en la que se encuentran, los daños pueden medirse en área, metro lineal o número según sea el tipo y el método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla.

El parámetro considerado en la Toma de datos en campo está acorde a la metodología de evaluación seleccionada, estos parámetros son:

- ✚ Tipo De Falla: considerando 19 tipos de según la metodología de evaluación del PCI.
- ✚ La severidad o nivel de daño: considerando tres niveles de daño (baja, media o alta) dependiendo del ancho de la grieta, elevación o profundidad de la falla, disgregación del material, o efecto sobre la calidad de rodaje.
- ✚ La densidad: se refiere al área que abarca la falla registrada, esta puede estar dada dependiendo del tipo en número de fallas, metros lineales, o metros cuadrados.

c) Toma de datos

Se registraron un total de 12 unidades de muestreo en toda la vía de Izcuchaca-Huarocondo, a continuación, las muestras:



Tabla 29 Toma de datos para el PCI Muestra N°1

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA		METODO PCI	
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"		EJECUTORES		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC		UNIDAD DE MUESTRA		1	
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCHACA - HUAROCONDO		AREA		600		m2	
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo		5. Depresión		11. Puentes y puentes de cortes estirados		15. Fisura parabólica o por deslizamiento	
ALTO	H(HIGH)	2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Agregado pulido		17. Hinchamiento	
MEDIO	M(MEDIUM)	3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Bochas		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	
BAJO	L(LOW)	4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel conl-bornera		14. Abultamiento			
FALLA	SEVERIDAD	5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento			
		CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
19	H(HIGH)	16.57							
13	H(HIGH)	1.00	0.75						
3	L(LOW)	165.82	181.04						
1	M(MEDIUM)	3.16	11.12						
2	H(HIGH)	39.79							
18	H(HIGH)	6.00	5.80						



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 30 Toma de datos para el PCI Muestra N°2




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																					
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																					
HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																					
<b>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>		<b>METODO PCI</b>																					
		<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>																					
		<b>EJECUTORES</b>	<b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>																				
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>2</b>																				
<b>PROGRESIVA</b>	<b>0+800-0+900</b>	<b>AREA</b>	<b>600 m2</b>																				
<b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>	<table border="0"> <tr> <td>1. Pel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Parches y parches de cortes estirados</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agregado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloque</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Bochas</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desmenuzamiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel camión-bomba</td> <td>14. Abultamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Corregación</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>			1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes estirados	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Bochas	18. Peladura por intemperismo y desmenuzamiento de agregados	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camión-bomba	14. Abultamiento		5. Corregación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	
1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes estirados	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento																				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Bochas	18. Peladura por intemperismo y desmenuzamiento de agregados																				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camión-bomba	14. Abultamiento																					
5. Corregación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																					
<b>ALTO</b>	<b>H (HIGH)</b>																						
<b>MEDIO</b>	<b>M (MEDIUM)</b>																						
<b>BAJO</b>	<b>L (LOW)</b>																						
<b>FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL DENSIDAD VALOR DEDUCIDO</b>																				
1	M (MEDIUM)	10.90																					
14	M (MEDIUM)	13.72	15.69	9.42																			
7	L (LOW)	42.97																					
10	L (LOW)	6.95	1.46	0.72																			



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 31 Toma de datos para el PCI Muestra N°3

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA								
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA								
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"					MÉTODO PCI					
					ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE					
					EJECUTORES		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA		3		
PROGRESIVA		1+600-1+700				ÁREA		600 m <sup>2</sup>		
SEVERIDAD DE FALLAS		<p>1. Pel de cocodrilo      6. Depresión      11. Puentes y puentes de cortes auxiliares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento</p> <p>2. Exudación      7. Fisura de bveda      12. Agregado pulido      17. Hinchamiento</p> <p>3. Fisuras en bloque      8. Fisura de reflexión de junta      13. Baches      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel canchiborra      14. Abollamiento</p> <p>5. Corugación      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento</p>								
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
MEDIO	M (MEDIUM)									
BAJO	L (LOW)									
FALLA	SEVERIDAD									
13	M (MEDIUM)	0.43	0.16	0.26	0.10	0.48	0.36			
11	L (LOW)	0.56	2.82	0.98	0.98	0.82	1.64	2.63		
11	L (LOW)	0.62	0.75	1.18						
1	L (LOW)	3.21	3.70	1.45	4.78	3.26	13.67	12.28		
1	M (MEDIUM)	4.67	10.34							
18	M (MEDIUM)	0.40	2.61							
14	L (LOW)	29.90								
										

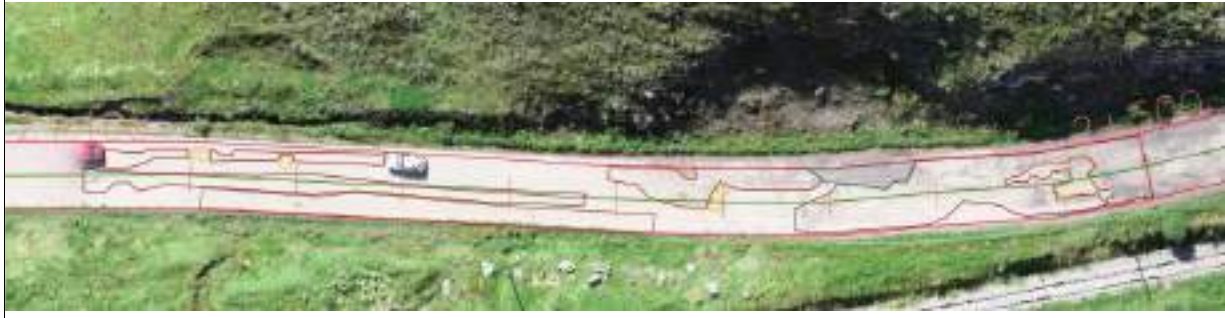
Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433





Tabla 32 Toma de datos para el PCI Muestra N°4

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA									
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"			METODO PCI								
NOMBRE DE LA VIA			IZCUCHACA - HUAROCONDO			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE					
						EJECUTORES			LUIS BRAYAN LANADO HUACAC		
PROGRESIVA			2+400-2+500			UNIDAD DE MUESTRA		4			
SEVERIDAD DE FALLAS			AREA			600		m2			
ALTO		H (HIGH)		1. Piel de cocodrilo                      6. Depresión                                      11. Puentes y puentes de cortes auxiliares                      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación                                      7. Fisura de borde                                      12. Agrietado pulido                                      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque                                      8. Fisura de reflexión de junta                                      13. Baches                                      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos                                      9. Desnivel cunil-bornea                                      14. Anudamiento                                      15. Desplazamiento 5. Corugación                                      10. Fisuras longitudinales y transversales                                      15. Desplazamiento							
MEDIO		M (MEDIUM)		BAJO		L (LOW)		FALLA		SEVERIDAD	
FALLA		SEVERIDAD		CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
18		H (HIGH)		13.14							
11		L (LOW)		1.84	1.11	2.46	6.80				
3		L (LOW)		75.52							
1		M (MEDIUM)		140.63	41.10						
1		L (LOW)		58.50	13.62	9.05					



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 33 Toma de datos para el PCI Muestra N°5

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																											
<b>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>				<b>METODO PCI</b>																									
				<b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>																									
				<b>EJECUTORES</b>			<b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>																						
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>		<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b>				<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>		<b>5</b>																					
<b>PROGRESIVA</b>		<b>3+000-3+100</b>				<b>AREA</b>		<b>600 m2</b>																					
<b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>		<table border="0"> <tr> <td>1. Pel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Potholes y potholes de cortes laterales</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agregado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloque</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Baches</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abatamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel castil/borra</td> <td>14. Anillamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>								1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Potholes y potholes de cortes laterales	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abatamientos y hundimientos	9. Desnivel castil/borra	14. Anillamiento		5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	
1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Potholes y potholes de cortes laterales	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																										
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento																										
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																										
4. Abatamientos y hundimientos	9. Desnivel castil/borra	14. Anillamiento																											
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																											
<b>ALTO</b>	<b>H (HIGH)</b>																												
<b>MEDIO</b>	<b>M (MEDIUM)</b>																												
<b>BAJO</b>	<b>L (LOW)</b>																												
<b>FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>						<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																			
3	L (LOW)	333.11																											
18	M (MEDIUM)	0.83	3.37	0.70	0.33	0.21																							
10	M (MEDIUM)	9.79	1.70	1.20	5.33	7.57	0.80	9.88																					
10	M (MEDIUM)	1.27	5.80	1.67	29.53	1.05	1.10	1.17																					

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



*Tabla 34 Toma de datos para el PCI Muestra N°6*

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>								
		<b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b>								
		<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>								
		<b>HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA</b>								
<b>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>						<b>METODO PCI</b>				
						<b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				
						<b>EJECUTORES</b>	<b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>			
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>		<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b>				<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>		<b>6</b>		
<b>PROGRESIVA</b>		<b>3+800-3+900</b>				<b>AREA</b>		<b>600 m2</b>		
<b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>		1. Pel de cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Fisura de borde 8. Fisura de reflexión de junta 9. Desnivel conllobos 10. Fisuras longitudinales y transversales 11. Pochos y pochos de cortes vitales 12. Agogado pulido 13. Baches 14. Afundimiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabolica o por deslizamiento 17. Hinchamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados								
<b>ALTO</b>	<b>H (HIGH)</b>									
<b>MEDIO</b>	<b>M (MEDIUM)</b>									
<b>BAJO</b>	<b>L (LOW)</b>									
<b>FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>						<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>
18	H (HIGH)	132.39	3.00	6.54	1.33	5.05	7.00			
1	M (MEDIUM)	4.16	22.91	3.50	0.73	1.57	2.75	44.14		
1	M (MEDIUM)	2.57	1.57	7.23	3.33	14.75	3.29			
3	L (LOW)	3.48	12.73	41.66	71.59	44.95				



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 35 Toma de datos para el PCI Muestra N°7

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA								
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA								
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"				MÉTODO PCI						
				ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
				EJECUTORES		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC				
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA		7		
PROGRESIVA		4+700-4+800				ÁREA		600 m <sup>2</sup>		
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo                      6. Depósito                                      11. Parches y parches de cortes verticales    16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación                                  7. Fisura de borde                                  12. Agregado pulido                                  17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloques                      8. Fisura de reflexión de junta                      13. Baches    18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos       9. Desnivel carril-borde                              14. Hinchamiento                                  15. Desplazamiento 5. Congestión                                  10. Fisuras longitudinales y transversales								
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
MEDIO	M (MEDIUM)									
BAJO	L (LOW)									
FALLA	SEVERIDAD									
3	L (LOW)	154.11								
1	M (MEDIUM)	3.28	18.78	18.89	1.79	1.37				
11	L (LOW)	1.80	2.34							
13	M (MEDIUM)	1.00								
18	M (MEDIUM)	2.00								
7	M (MEDIUM)	35.64								
10	L (LOW)	6.44	10.52	74.54	1.90	0.75	1.68	2.48		
10	L (LOW)	1.61	1.16	2.34	1.54	1.49				



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 36 Toma de datos para el PCI Muestra N°8

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																													
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																													
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																													
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																													
<b>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>						<b>METODO PCI</b>																									
						<b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>																									
						EJECUTORES			LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																						
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACHA - HUAROCONDO						UNIDAD DE MUESTRA			8																				
PROGRESIVA		5+100-5+200						AREA			600 m2																				
SEVERIDAD DE FALLAS		<table border="0" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Paredes y parches de cortes militares</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agregado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloques</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Baches</td> <td>18. Poliestira por intemperismo y desprendimiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel carril-borde</td> <td>14. Abollamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>										1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Paredes y parches de cortes militares	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloques	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Poliestira por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-borde	14. Abollamiento		5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Paredes y parches de cortes militares	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																												
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento																												
3. Fisuras en bloques	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Poliestira por intemperismo y desprendimiento de agregados																												
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-borde	14. Abollamiento																													
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																													
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																					
MEDIO	M (MEDIUM)	18.95	30.34	5.22	3.26	1.55	1.20	18.03																							
BAJO	L (LOW)	83.44																													
FALLA	SEVERIDAD	11.13	7.57	67.64	36.29	117.28																									
18	H (HIGH)																														
3	L (LOW)																														
1	L (LOW)																														



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 37 Toma de datos para el PCI Muestra N°9

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																											
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																											
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"				MÉTODO PCI																									
				ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																									
				EJECUTORES			LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																						
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA		9																					
PROGRESIVA		6+000-6+100				ÁREA		600 m <sup>2</sup>																					
SEVERIDAD DE FALLAS		<table border="0" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Pactes y pactes de cortes' auxiliares</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agregado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloques</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Baches</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel costil-borde</td> <td>14. Abollamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Congestión</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>								1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Pactes y pactes de cortes' auxiliares	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloques	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel costil-borde	14. Abollamiento		5. Congestión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Pactes y pactes de cortes' auxiliares	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																										
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento																										
3. Fisuras en bloques	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																										
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel costil-borde	14. Abollamiento																											
5. Congestión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																											
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																			
MEDIO	M (MEDIUM)																												
BAJO	L (LOW)																												
FALLA	SEVERIDAD																												
18	H (HIGH)	15.34	0.90																										
2	L (LOW)	17.41																											
1	M (MEDIUM)	28.22	11.27																										
3	L (LOW)	144.74																											



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 38 Toma de datos para el PCI Muestra N° 10




		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																											
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																											
<b>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>				<b>METODO PCI</b>																									
				<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>																									
				<b>EJECUTORES</b>			<b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>																						
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>		<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b>				<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>		<b>10</b>																					
<b>PROGRESIVA</b>		<b>6+600-6+700</b>				<b>AREA</b>		<b>600 m2</b>																					
<b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>		<table border="0"> <tr> <td>1. Pel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Rascos y picados de cortes alivianos</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agrietado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloques</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Baches</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel cunil-bornea</td> <td>14. Abultamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>								1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Rascos y picados de cortes alivianos	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agrietado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloques	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel cunil-bornea	14. Abultamiento		5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	
1. Pel de cocodrilo	6. Depresión	11. Rascos y picados de cortes alivianos	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																										
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agrietado pulido	17. Hinchamiento																										
3. Fisuras en bloques	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																										
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel cunil-bornea	14. Abultamiento																											
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																											
<b>ALTO</b>	<b>H (HIGH)</b>							<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																			
<b>MEDIO</b>	<b>M (MEDIUM)</b>																												
<b>BAJO</b>	<b>L (LOW)</b>																												
<b>FALLA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>																											
13	M (MEDIUM)	0.97	0.23	1.00																									
1	M (MEDIUM)	21.15	3.59	6.47	5.85																								
10	H (HIGH)	7.25	2.14																										
3	L (LOW)	71.05	190.70	38.91	23.29	45.29																							



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 39 Toma de datos para el PCI Muestra N° 11

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																																			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																			
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																																			
<b>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"</b>				<b>METODO PCI</b>																																																	
				<b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>																																																	
				<b>EJECUTORES</b>		<b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>																																															
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>		<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b>				<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>		<b>11</b>																																													
<b>PROGRESIVA</b>		<b>7+300-7+400</b>				<b>AREA</b>		<b>600 m2</b>																																													
<b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>		<table border="0"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Puentes y puentes de cortes vitarios</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agrietado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloque</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Bochas</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel canchiberna</td> <td>14. Abundamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Corrosión</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>								1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Puentes y puentes de cortes vitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agrietado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Bochas	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel canchiberna	14. Abundamiento		5. Corrosión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																									
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Puentes y puentes de cortes vitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																																																		
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agrietado pulido	17. Hinchamiento																																																		
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Bochas	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																																																		
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel canchiberna	14. Abundamiento																																																			
5. Corrosión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																																																			
<table border="1"> <tr> <th>ALTO</th> <th>H (HIGH)</th> </tr> <tr> <td>MEDIO</td> <td>M (MEDIUM)</td> </tr> <tr> <td>BAJO</td> <td>L (LOW)</td> </tr> </table>	ALTO	H (HIGH)	MEDIO	M (MEDIUM)	BAJO	L (LOW)																																															
ALTO	H (HIGH)																																																				
MEDIO	M (MEDIUM)																																																				
BAJO	L (LOW)																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FALLA</th> <th>SEVERIDAD</th> <th colspan="6">CANTIDAD</th> <th>TOTAL</th> <th>DENSIDAD</th> <th>VALOR DEDUCIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>M (MEDIUM)</td> <td>363.74</td> <td>39.63</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>M (MEDIUM)</td> <td>26.53</td> <td>6.67</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>M (MEDIUM)</td> <td>3.45</td> <td>3.33</td> <td>6.73</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	3	M (MEDIUM)	363.74	39.63								2	M (MEDIUM)	26.53	6.67								14	M (MEDIUM)	3.45	3.33	6.73															
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																																											
3	M (MEDIUM)	363.74	39.63																																																		
2	M (MEDIUM)	26.53	6.67																																																		
14	M (MEDIUM)	3.45	3.33	6.73																																																	
																																																					

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433





Tabla 40 Toma de datos para el PCI Muestra N° 12

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA								
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA								
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"				METODO PCI						
				ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
				EJECUTORES		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC				
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA		12		
PROGRESIVA		7+800-7+900				AREA		600 m <sup>2</sup>		
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo                      6. Depresión                                      11. Paredes y picados de cortes auxiliares                      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exhalación                                  7. Fisura de borde                                      12. Agregado pulido                                      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque                              8. Fisura de reflexión de junta                                      13. Bochas                                      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abatamientos y hundimientos                              9. Desnivel central/borde                                      14. Abullamiento                                      15. Desplazamiento 5. Corrugación                                  10. Fisuras longitudinales y transversales                                      15. Desplazamiento								
ALTO	H (HIGH)									
MEDIO	M (MEDIUM)									
BAJO	L (LOW)									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
3	M (MEDIUM)	51.49	27.26	34.00	49.85					
1	M (MEDIUM)	3.48								
13	M (MEDIUM)	1.00	1.00							



Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433

### 3.6. Procedimiento de análisis de datos

#### 3.6.1. Procedimiento de análisis de datos del PSI

a) Procesamiento y cálculos

A partir de los datos obtenidos en los ensayos de rugosidad, se buscó cuantificar el grado de irregularidad longitudinal del pavimento expresándolo a través de un parámetro denominado “D” el cual fue calculado mediante métodos estadísticos por medio del uso de un histograma de distribución de frecuencias. A continuación, se detalla el procedimiento usado para el cálculo del parámetro D.

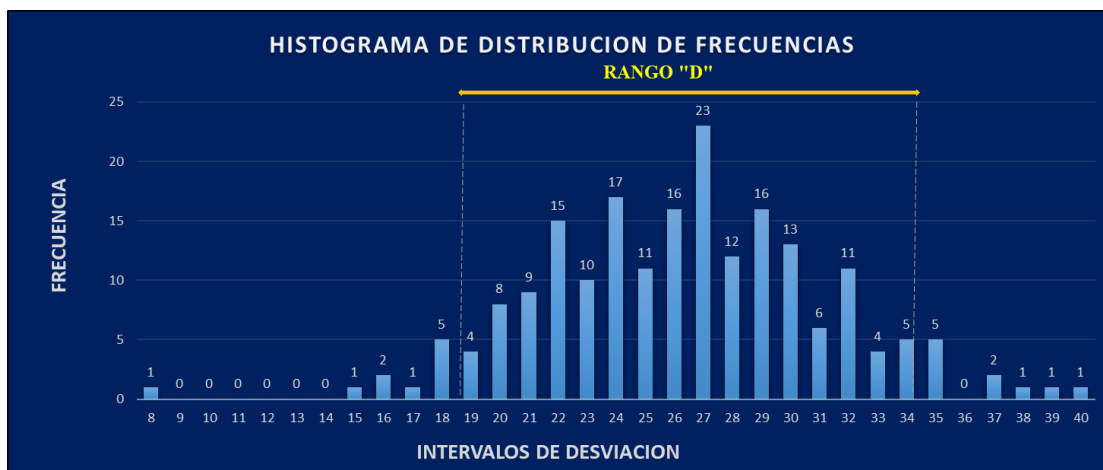
- i. De las 200 mediciones realizadas, contar cuantas veces se repiten los valores del casillero de cada formato de campo.

*Tabla 41 Repeticiones de los valores del casillero*

N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.
1	0	11	0	21	9	31	6	41	0
2	0	12	0	22	15	32	11	42	0
3	0	13	0	23	10	33	4	43	0
4	0	14	0	24	17	34	5	44	0
5	0	15	1	25	11	35	5	45	0
6	0	16	2	26	16	36	0	46	0
7	0	17	1	27	23	37	2	47	0
8	1	18	5	28	12	38	1	48	0
9	0	19	4	29	16	39	1	49	0
10	0	20	8	30	13	40	1	50	0

Fuente: Elaboración propia.

- ii. La dispersión de los datos obtenidos con el Merlín se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual se expresa en forma de histograma.



*Figura 42 Histograma de distribución de frecuencias*

Fuente: Elaboración propia.

- iii. Posteriormente se establece el rango D de los valores agrupados en intervalos de frecuencia luego de descartarse el 10% de datos que corresponden a posiciones erradas o poco representativas. En el análisis se eliminan el 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior del histograma

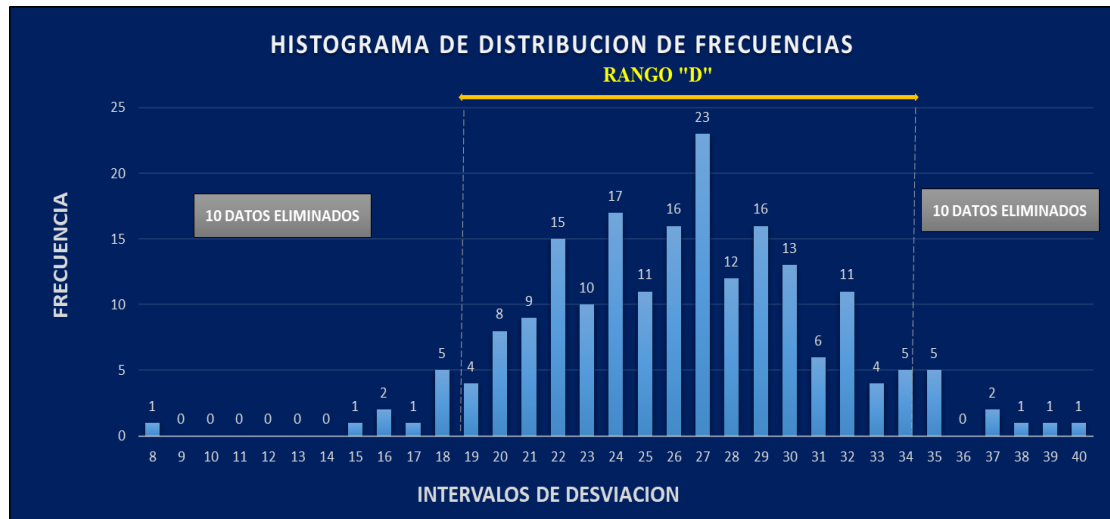


Figura 43 Histograma con datos eliminados

Fuente: Elaboración propia

- iv. Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia del descarte de datos, el rango D se debe expresar en milímetros, este se obtuvo multiplicando el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros en este caso fue multiplicado por 5.

Para el caso de la figura 39 el Rango D en unidades de merlín viene a ser:

$$\text{Rango D} = 17$$

Y el Rango D expresado en milímetros sería:

$$\text{Rango D} = 17 * 5 \text{ mm}$$

$$\text{Rango D} = 85 \text{ mm}$$

- v. Este valor de “D” fue corregido, para lo cual previamente se calculó el factor de calibración propio del equipo utilizado mediante la siguiente ecuación:



$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

Donde:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

Por ejemplo:

Si la posición inicial del puntero fue 27 y la final fue 18 y como dato tenemos que el valor del espesor de la pastilla es de 4.90 mm, entonces el Factor de Corrección será:

$$F.C. = (4.90 \times 10) / ((27 - 18) \times 5) = 1.09$$

Para el valor “D” corregido también se consideró la variación de relación de brazos que para el caso de nuestro estudio fue de 1 a 10 ya que el patín móvil está ubicada a 10 cm del punto de pivote. De esta manera el cálculo de D corregido se obtuvo de la siguiente ecuación

$$D_{\text{corregido}} = D \times F.C \times RB$$

Donde:

D: Rango D en mm

F.C: Factor de corrección

R.B: Relación de Brazos

Para el caso de nuestro ejemplo el rango D corregido sería:

$$D \text{ corregido} = 85 \text{ mm} \times 1.09 \times 1$$

$$D \text{ corregido} = 92.56 \text{ mm}$$

Al efectuar la ecuación 16 el valor D corregido estará dado en Unidades Merlín

- vi. Como sexto paso este valor D corregido fue introducido en una ecuación específica para así poder determinar el Índice de Rugosidad Internacional. Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$\text{Cuando } 2.4 < IRI < 15.9 \text{ ó } D \geq 50 \text{ mm; } IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

$$\text{Cuando } IRI < 2.4 \text{ ó } D < 50 \text{ mm; } IRI = 0.0485 D$$



- vii. Cálculo del PSI: Para determinar el PSI de la vía de estudio, se utilizará la siguiente relación:

$$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}$$

Dónde:

PSI: Índice de Serviciabilidad del Pavimento

IRI: Índice de Rugosidad Internacional

- b) Diagramas y tablas

Para la interpretación del cálculo del IRI se utilizará la siguiente Tabla:

*Tabla 42 estado vial según rugosidad*

PAVIMENTADAS	
ESTADO	RUGOSIDAD
<b>BUENO</b>	0<IRI≤2.8
<b>REGULAR</b>	2.8<IRI≤4.0
<b>MALO</b>	4.0<IRI≤5.0
<b>MUY MALO</b>	5<IRI

Fuente: (MTC, 2013)

Para la interpretación del PSI se utilizará la siguiente tabla:

*Tabla 43 Calificación del PSI*

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente: AASHTO, 1993

- c) Análisis de la prueba

A continuación, se presenta el procesamiento de los ensayos del carril derecho

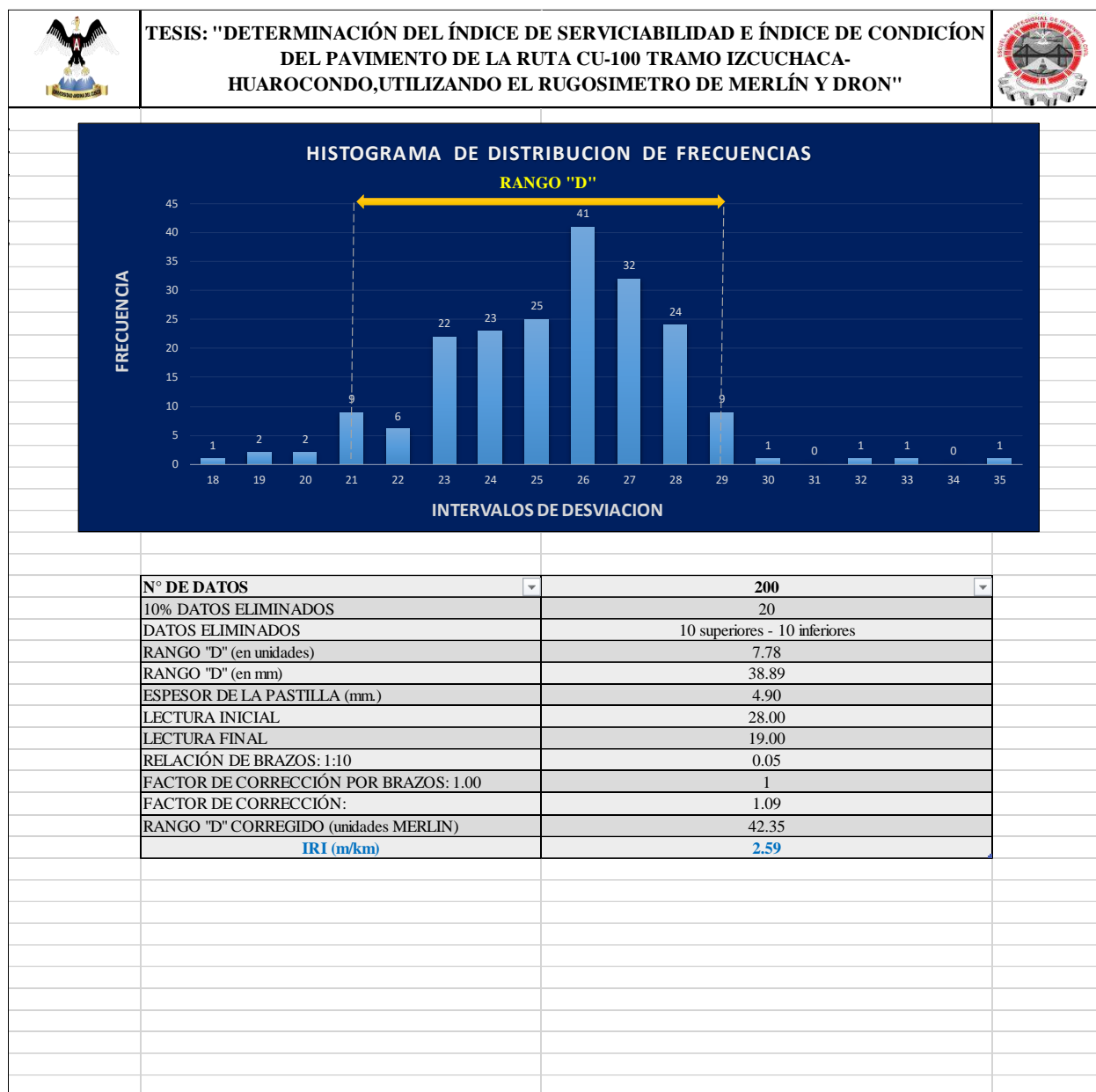


Tabla 44 Procesamiento de datos del ensayo N° 1 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	17/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	0+000 - 0+400		HORA DE INICIO	09:00							
CARRIL	DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN	09:45							
		N° DE ENSAYO		1		KM		0+000			
Li:	28										
Lf:	19										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	27	26	26	28	24	26	24	21	23	
2	26	24	24	26	23	25	20	26	27	26	
3	26	24	25	28	27	24	29	24	26	26	
4	29	21	25	23	28	28	25	27	26	23	
5	27	29	27	23	23	23	24	25	28	23	
6	22	29	28	28	25	26	21	27	26	25	
7	29	28	24	28	32	21	25	23	26	26	
8	27	24	23	26	30	26	23	28	26	26	
9	21	20	23	25	23	28	27	28	24	25	
10	22	28	25	19	35	25	18	27	27	27	
11	22	28	24	27	29	28	27	24	28	26	
12	26	33	24	26	25	26	29	25	25	24	
13	21	27	23	28	23	25	29	26	24	25	
14	27	21	24	24	27	29	27	27	23	23	
15	27	26	27	23	28	27	28	26	21	25	
16	27	26	23	22	19	27	25	24	25	27	
17	25	26	26	22	24	26	26	25	25	27	
18	26	28	26	26	28	28	28	26	23	21	
19	26	26	23	26	22	24	27	27	23	28	
20	26	27	27	25	27	24	26	24	27	26	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.
1	0	11	0	21	9	31	0	41	0		
2	0	12	0	22	6	32	1	42	0		
3	0	13	0	23	22	33	1	43	0		
4	0	14	0	24	23	34	0	44	0		
5	0	15	0	25	25	35	1	45	0		
6	0	16	0	26	41	36	0	46	0		
7	0	17	0	27	32	37	0	47	0		
8	0	18	1	28	24	38	0	48	0		
9	0	19	2	29	9	39	0	49	0		
10	0	20	2	30	1	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO

Tabla 45 Histograma del ensayo N° 1 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



Tabla 46 Procesamiento de datos del ensayo N° 2 carril derecho método IRI

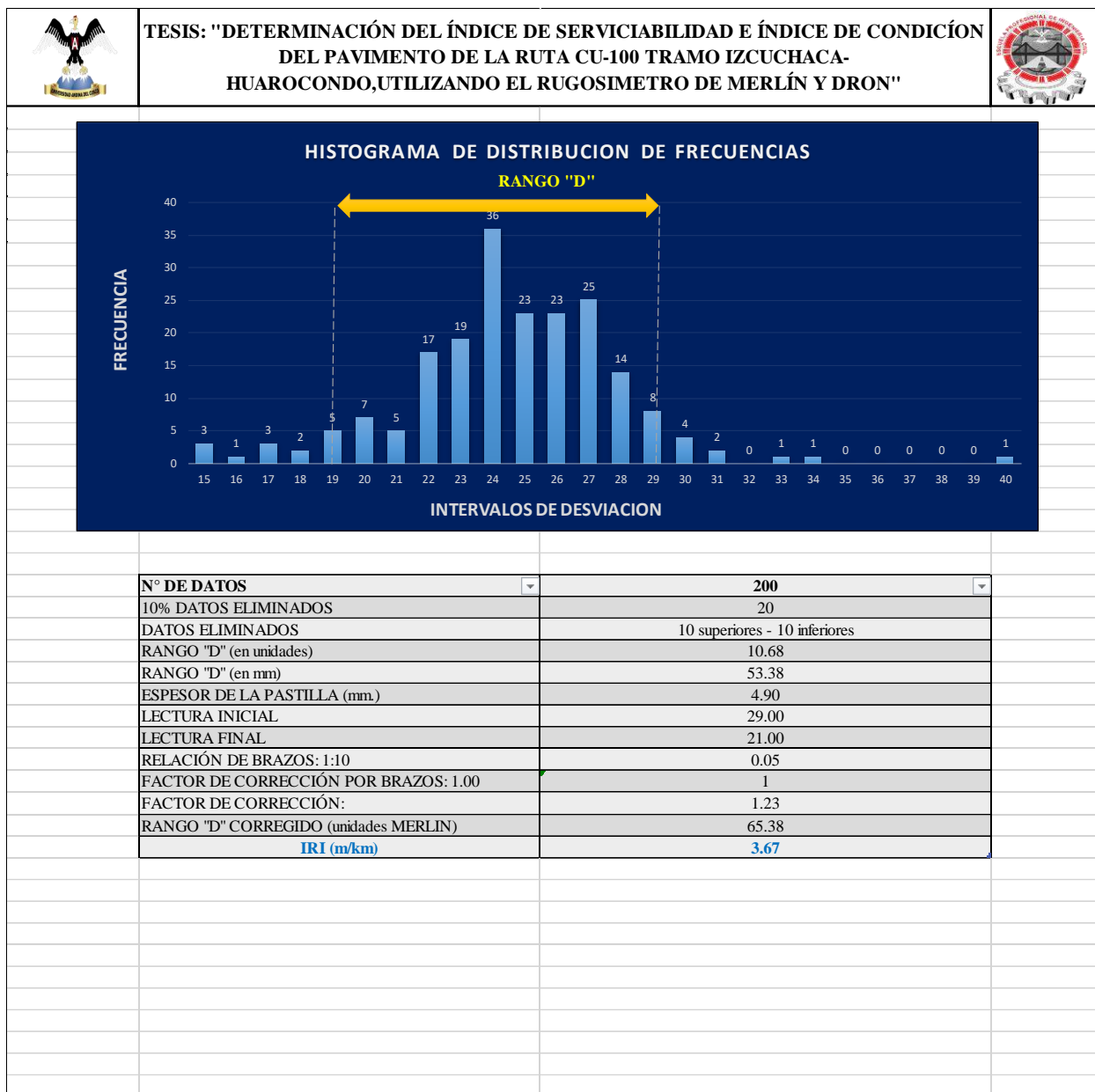
		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		17/10/2019				EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO		01+000-01+400				HORA DE INICIO		10:20			
CARRIL		DERECHO				HORA DE FINALIZACIÓN		10:55			
		N° DE ENSAYO				2		KM		01+000	
Li:		29									
Lf:		21									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	28	22	33	26	25	19	23	24	23	
2	20	29	24	30	23	26	28	27	24	26	
3	24	27	26	27	26	24	23	31	23	29	
4	21	25	27	24	27	26	26	27	24	23	
5	27	23	19	29	24	23	27	26	24	22	
6	30	28	29	29	26	24	24	26	25	15	
7	23	22	23	24	27	25	20	21	25	40	
8	15	26	22	22	27	28	24	19	22	22	
9	26	28	17	24	25	23	27	22	22	20	
10	28	26	34	27	25	25	26	24	23	24	
11	25	21	31	24	25	24	28	24	19	26	
12	28	22	20	22	28	25	24	23	24	28	
13	26	25	20	22	21	20	24	27	16	23	
14	17	28	19	26	27	27	24	27	25	17	
15	29	28	28	30	24	25	25	23	25	29	
16	15	26	25	30	24	23	27	24	22	25	
17	27	27	26	24	21	25	25	25	23	29	
18	18	22	24	23	24	26	24	22	23	20	
19	27	24	27	25	26	27	27	24	22	28	
20	24	24	27	27	24	26	22	24	26	18	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	5	31	2	41	0		
2	0	12	0	22	17	32	0	42	0		
3	0	13	0	23	19	33	1	43	0		
4	0	14	0	24	36	34	1	44	0		
5	0	15	3	25	23	35	0	45	0		
6	0	16	1	26	23	36	0	46	0		
7	0	17	3	27	25	37	0	47	0		
8	0	18	2	28	14	38	0	48	0		
9	0	19	5	29	8	39	0	49	0		
10	0	20	7	30	4	40	1	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 47 Histograma del ensayo N° 2 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



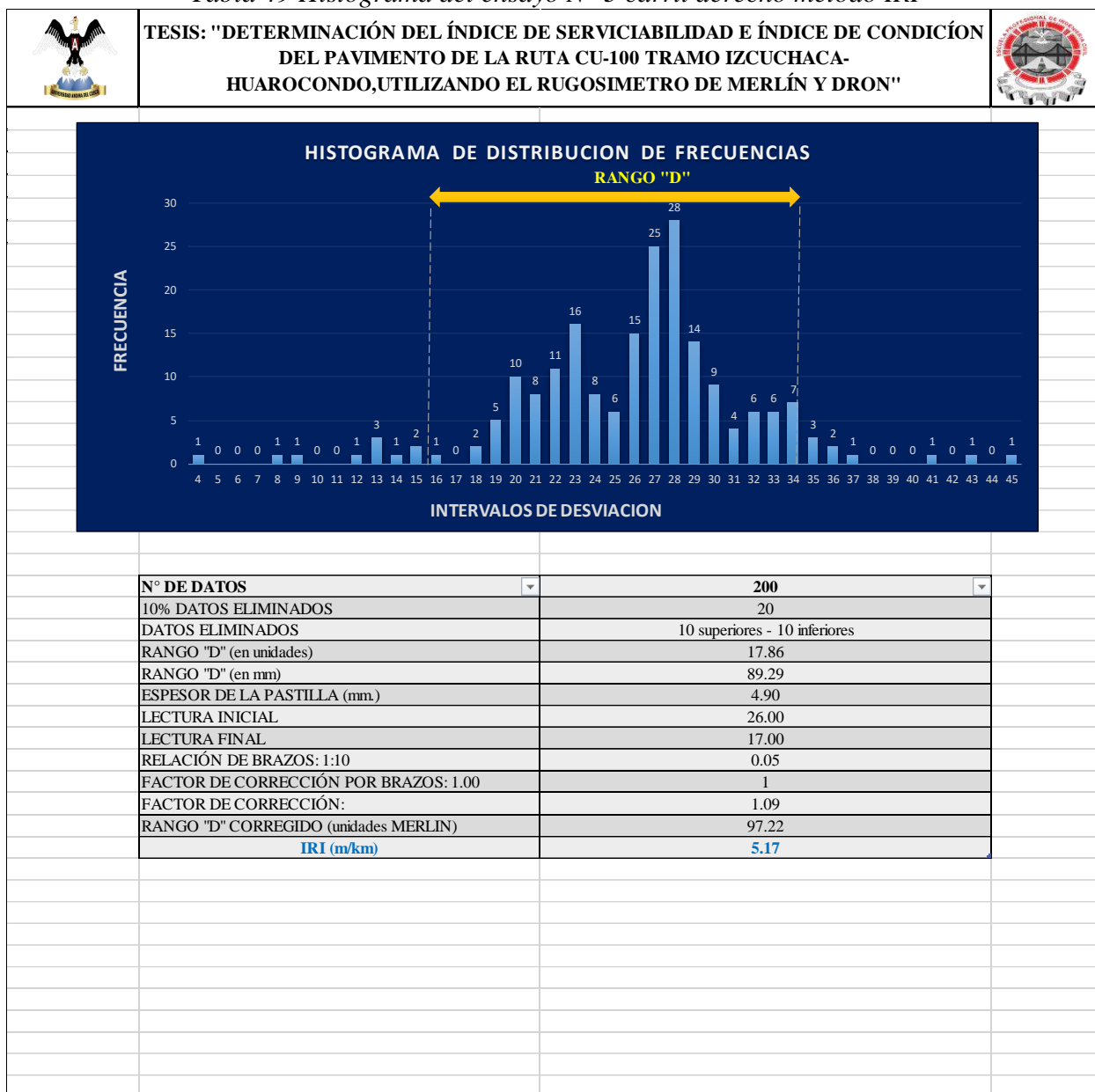
Tabla 48 Procesamiento de datos del ensayo N° 3 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		17/10/2019				EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO		02+000-02+400				HORA DE INICIO		11:15			
CARRIL		DERECHO				HORA DE FINALIZACIÓN		12:06			
		N° DE ENSAYO		3		KM		02+000			
Li:		26									
Lf:		17									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	23	21	20	31	4	18	20	28	23	
2	23	13	24	35	30	33	12	29	27	29	
3	20	27	25	32	32	21	27	28	21	29	
4	20	25	23	31	28	34	22	23	29	27	
5	21	23	23	31	27	28	28	27	19	22	
6	26	26	28	30	16	33	24	27	27	28	
7	26	24	26	33	33	30	15	28	19	29	
8	22	26	27	33	21	27	27	22	35	29	
9	20	28	22	30	31	28	28	29	27	30	
10	23	24	27	37	23	30	27	36	27	29	
11	20	23	34	20	32	34	28	27	22	28	
12	26	23	28	26	14	27	22	29	27	26	
13	26	19	27	15	32	34	9	28	28	21	
14	26	19	28	28	34	41	26	28	22	27	
15	24	21	33	30	13	28	23	25	28	32	
16	23	25	20	34	13	30	28	29	23	30	
17	28	23	27	29	43	26	29	28	22	22	
18	27	26	20	29	35	24	27	19	28	28	
19	20	22	28	23	45	28	26	26	25	32	
20	27	24	34	21	8	18	25	27	29	36	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	8	31	4	41	1		
2	0	12	1	22	11	32	6	42	0		
3	0	13	3	23	16	33	6	43	1		
4	1	14	1	24	8	34	7	44	0		
5	0	15	2	25	6	35	3	45	1		
6	0	16	1	26	15	36	2	46	0		
7	0	17	0	27	25	37	1	47	0		
8	1	18	2	28	28	38	0	48	0		
9	1	19	5	29	14	39	0	49	0		
10	0	20	10	30	9	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 49 Histograma del ensayo N° 3 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



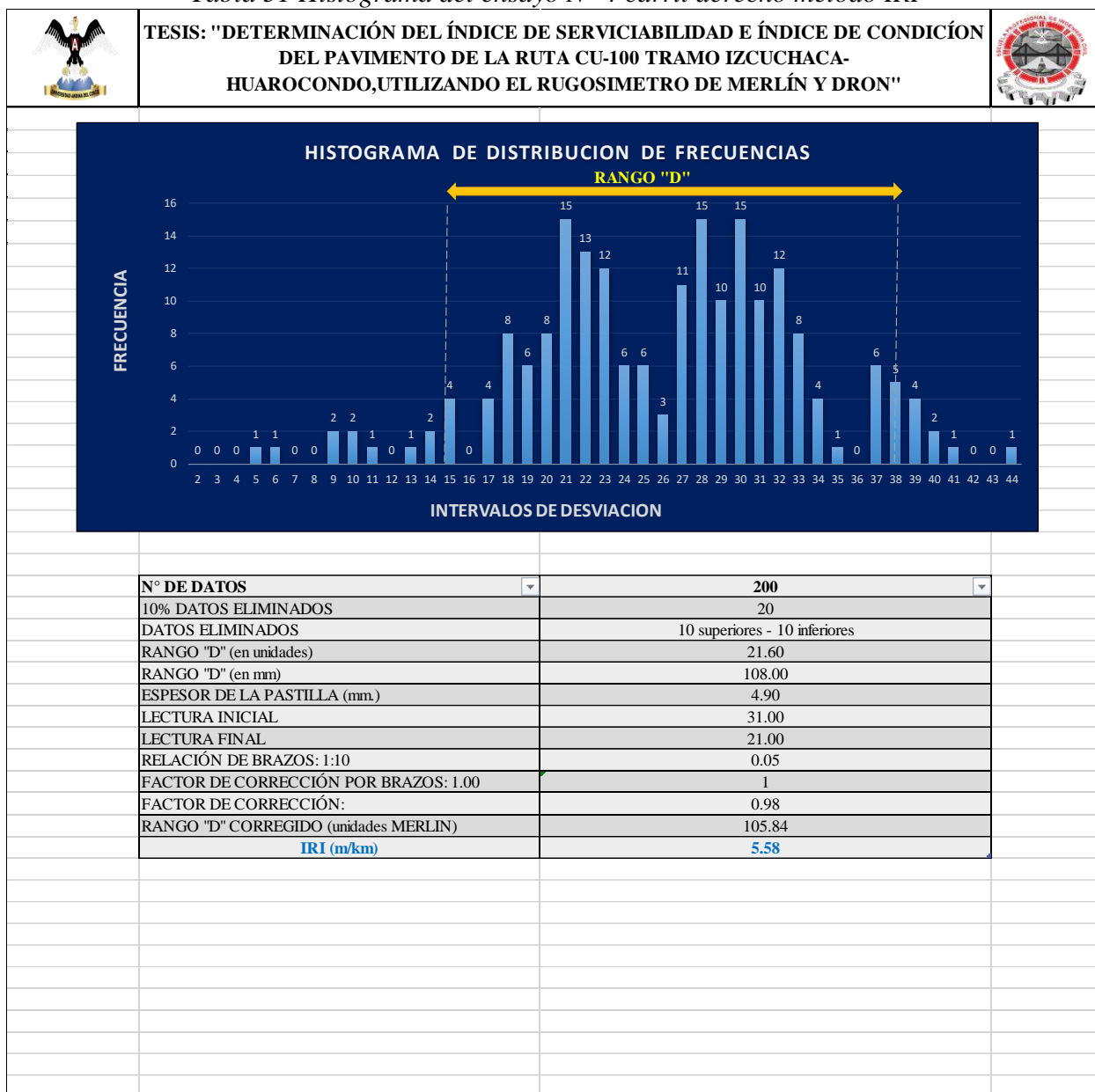
Tabla 50 Procesamiento de datos del ensayo N° 4 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	18/10/2019			EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC						
TRAMO	03+000-03+400			HORA DE INICIO	09:30						
CARRIL	DERECHO			HORA DE FINALIZACIÓN	10:12						
		N° DE ENSAYO			4		KM		03+000		
Li:	31										
Lf:	21										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	18	28	28	20	28	27	39	20	25	
2	28	23	19	25	19	22	22	30	23	31	
3	10	23	23	40	30	22	20	33	27	31	
4	38	14	29	28	30	21	37	30	24	28	
5	21	11	33	27	29	21	27	32	21	15	
6	18	24	38	29	34	15	19	31	21	30	
7	20	39	37	23	37	23	24	38	32	33	
8	29	22	35	6	31	19	21	32	27	30	
9	25	20	32	30	15	17	21	18	32	30	
10	30	17	33	31	22	5	24	29	19	29	
11	20	21	40	21	18	34	29	30	32	27	
12	28	30	33	23	39	30	28	32	21	22	
13	20	20	27	37	18	18	13	27	21	31	
14	22	25	9	28	22	32	23	22	24	21	
15	22	26	44	17	18	21	29	28	23	33	
16	28	9	41	31	10	29	22	32	23	28	
17	24	38	34	17	37	31	22	28	38	34	
18	29	21	21	22	28	23	27	14	15	18	
19	31	27	37	25	30	32	33	19	33	26	
20	30	32	27	28	31	32	39	26	23	25	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	1	21	15	31	10	41	1		
2	0	12	0	22	13	32	12	42	0		
3	0	13	1	23	12	33	8	43	0		
4	0	14	2	24	6	34	4	44	1		
5	1	15	4	25	6	35	1	45	0		
6	1	16	0	26	3	36	0	46	0		
7	0	17	4	27	11	37	6	47	0		
8	0	18	8	28	15	38	5	48	0		
9	2	19	6	29	10	39	4	49	0		
10	2	20	8	30	15	40	2	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 51 Histograma del ensayo N° 4 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



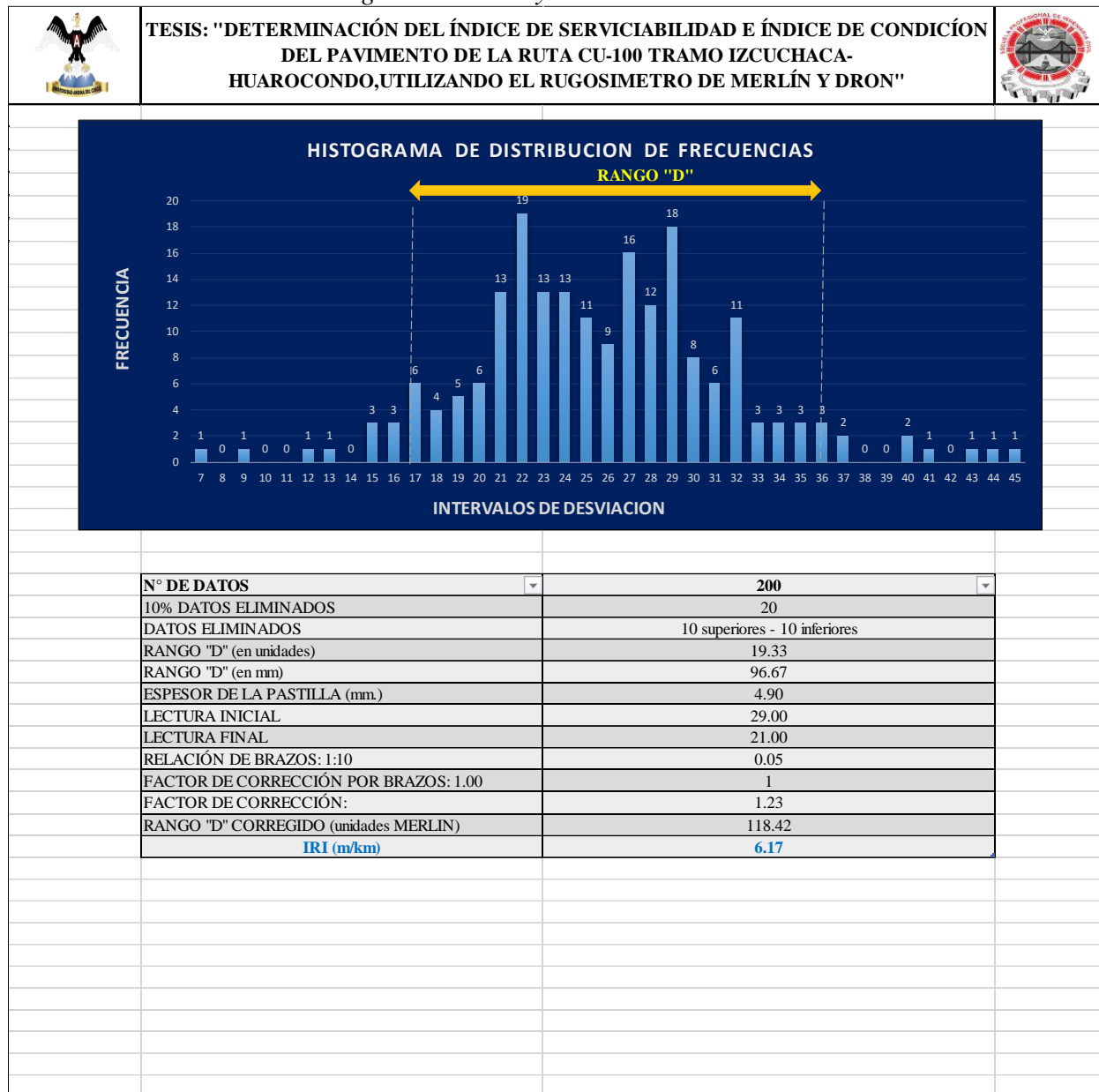
Tabla 52 Procesamiento de datos del ensayo N° 5 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	18/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	04+000-04+400		HORA DE INICIO	10:30							
CARRIL	DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN	11:16							
		N° DE ENSAYO			5		KM		04+000		
Li:	29										
Lf:	21										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	29	18	22	23	24	24	27	24	32	
2	23	29	36	12	29	29	19	25	23	29	
3	29	17	13	18	32	32	22	25	26	28	
4	28	40	30	25	36	24	21	27	31	34	
5	27	41	17	23	31	24	28	23	27	30	
6	25	44	17	24	31	25	27	23	26	18	
7	21	22	23	22	31	31	20	21	24	17	
8	37	22	16	28	32	32	29	22	27	22	
9	19	23	15	21	35	29	27	27	24	22	
10	30	43	18	24	9	32	23	21	22	24	
11	21	16	27	20	29	35	27	22	23	22	
12	25	28	25	21	32	40	19	20	26	23	
13	21	32	17	26	32	31	25	25	27	26	
14	28	27	27	29	33	16	22	29	19	30	
15	26	26	17	33	30	34	28	22	27	30	
16	15	28	22	21	15	36	24	20	29	32	
17	22	24	23	24	27	20	22	20	21	33	
18	45	25	26	28	29	32	25	22	21	30	
19	22	28	29	28	30	29	28	23	7	34	
20	21	19	21	35	29	37	27	22	29	26	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	13	31	6	41	1		
2	0	12	1	22	19	32	11	42	0		
3	0	13	1	23	13	33	3	43	1		
4	0	14	0	24	13	34	3	44	1		
5	0	15	3	25	11	35	3	45	1		
6	0	16	3	26	9	36	3	46	0		
7	1	17	6	27	16	37	2	47	0		
8	0	18	4	28	12	38	0	48	0		
9	1	19	5	29	18	39	0	49	0		
10	0	20	6	30	8	40	2	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 53 Histograma del ensayo N° 5 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



Tabla 54 Procesamiento de datos del ensayo N° 6 carril derecho método IRI

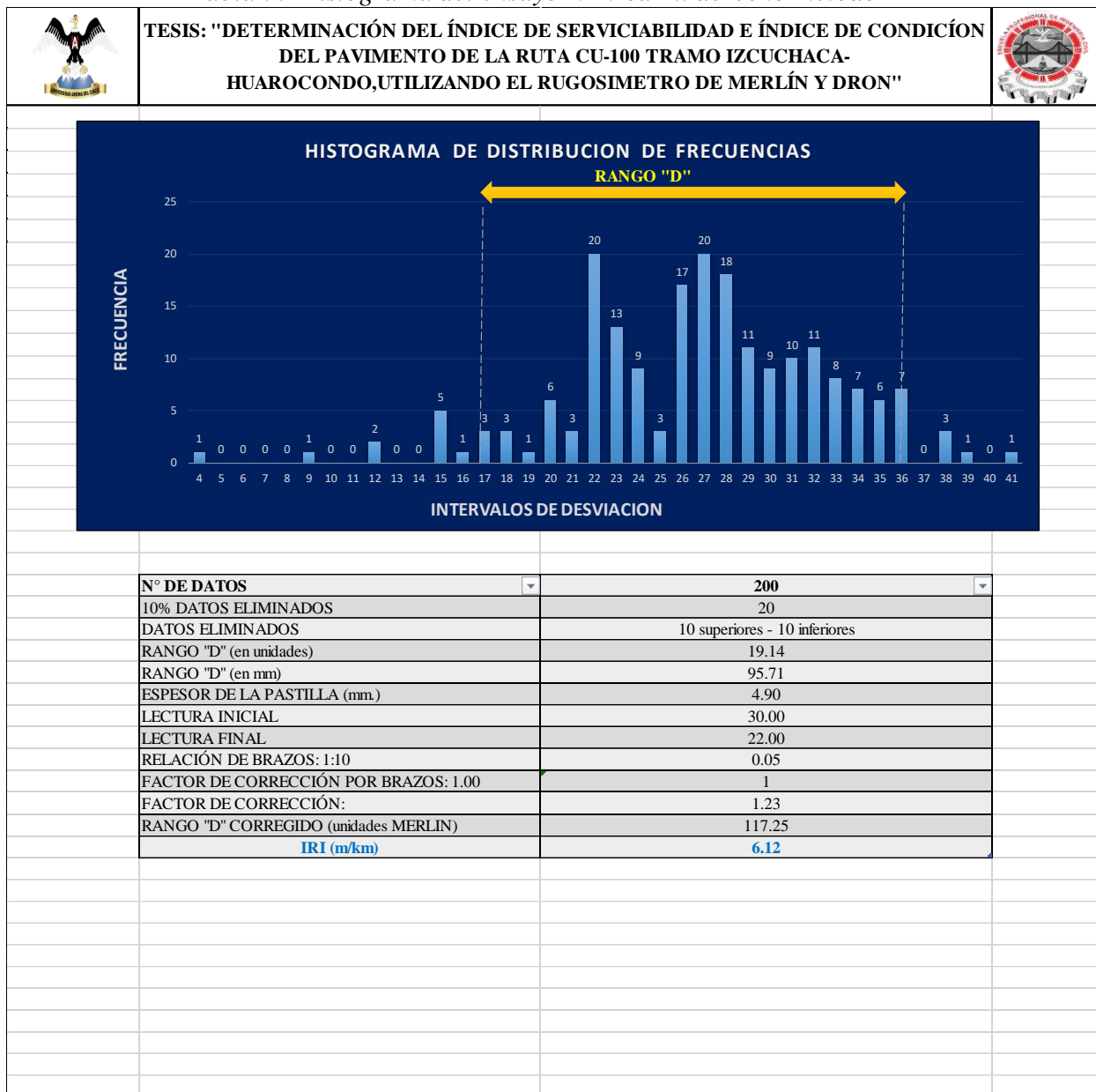
		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	18/10/2019			EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC						
TRAMO	05+000-05+400			HORA DE INICIO	12:05						
CARRIL	DERECHO			HORA DE FINALIZACIÓN	12:43						
		N° DE ENSAYO			6		KM		05+000		
Li:	30										
Lf:	22										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	24	24	29	12	12	24	27	31	41	
2	27	21	23	32	17	17	22	20	33	34	
3	28	26	24	29	26	36	23	27	30	31	
4	28	25	23	33	9	4	26	26	31	34	
5	28	18	26	34	34	34	28	27	29	36	
6	22	26	27	35	32	32	18	23	28	36	
7	22	22	29	38	28	28	27	27	33	22	
8	30	28	26	35	22	22	25	26	34	32	
9	20	23	22	38	26	26	22	22	34	30	
10	27	23	23	30	30	36	31	26	30	28	
11	27	23	20	24	15	15	16	26	32	29	
12	23	22	27	33	35	35	15	28	31	31	
13	27	27	28	24	28	28	32	23	35	31	
14	22	27	21	24	20	20	28	30	28	31	
15	22	26	27	36	32	32	26	27	28	38	
16	20	24	35	31	15	15	26	31	39	29	
17	30	24	32	36	27	27	26	36	33	22	
18	27	22	29	26	22	22	23	21	32	28	
19	19	18	32	33	23	23	29	29	29	27	
20	22	17	33	27	22	22	28	30	33	29	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	3	31	10	41	1		
2	0	12	2	22	20	32	11	42	0		
3	0	13	0	23	13	33	8	43	0		
4	1	14	0	24	9	34	7	44	0		
5	0	15	5	25	3	35	6	45	0		
6	0	16	1	26	17	36	7	46	0		
7	0	17	3	27	20	37	0	47	0		
8	0	18	3	28	18	38	3	48	0		
9	1	19	1	29	11	39	1	49	0		
10	0	20	6	30	9	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 55 Histograma del ensayo N° 6 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



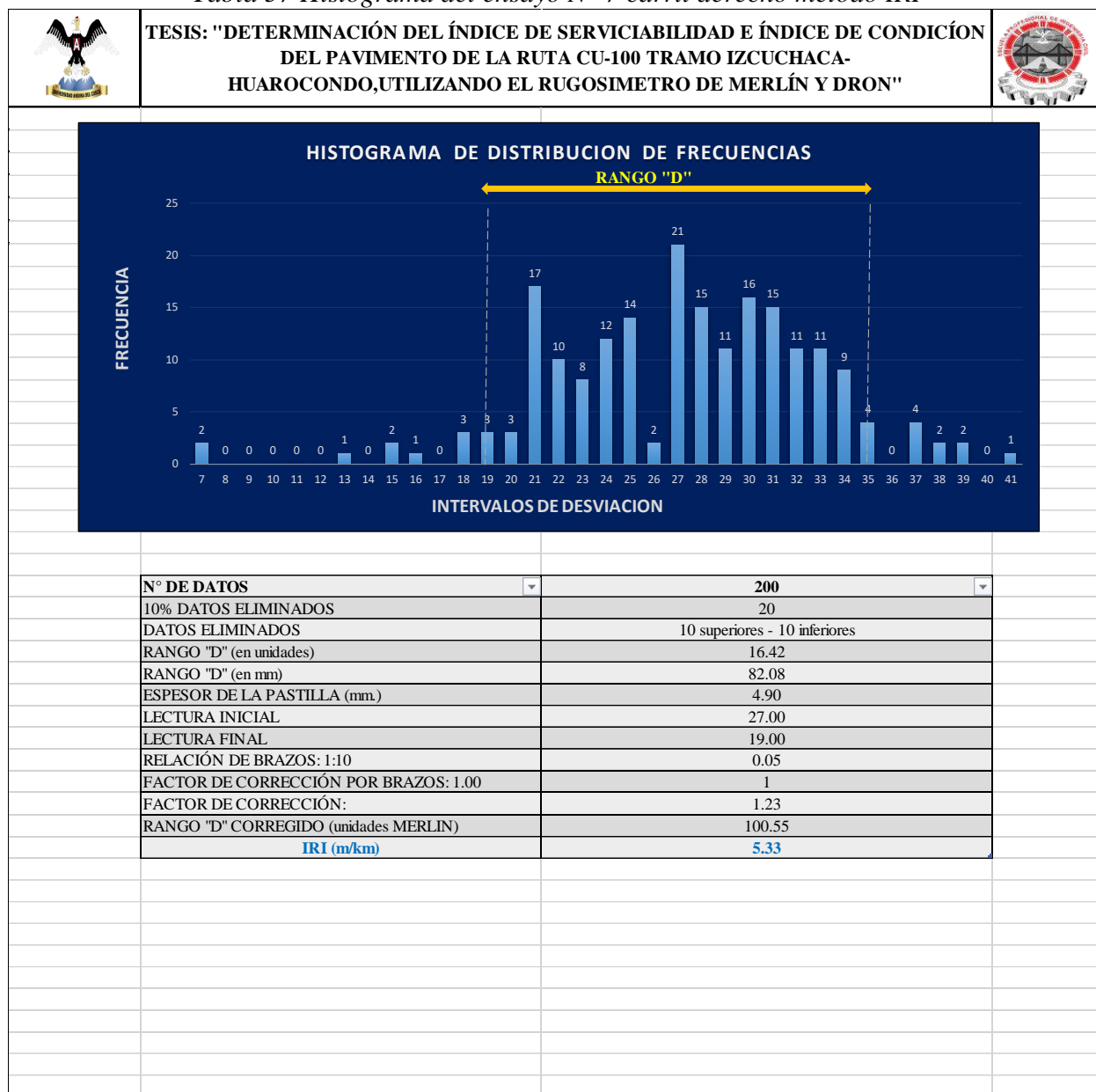
Tabla 56 Procesamiento de datos del ensayo N° 7 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	20/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	06+000-06+400		HORA DE INICIO	08:30							
CARRIL	DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN	09:12							
		N° DE ENSAYO	7		KM	06+000					
Li:	27										
Lf:	19										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	34	30	21	32	33	23	25	28	23	
2	27	29	27	15	28	28	22	24	20	34	
3	21	33	30	27	27	31	28	24	22	15	
4	21	31	31	34	30	33	22	25	26	24	
5	20	29	21	31	24	39	21	25	27	22	
6	23	33	35	29	33	33	23	28	7	26	
7	21	21	13	30	28	22	25	24	20	24	
8	22	28	30	21	31	31	21	27	27	29	
9	35	34	34	31	32	34	25	27	21	24	
10	21	24	37	27	30	39	23	22	23	25	
11	32	32	33	31	31	21	28	23	24	28	
12	29	27	7	24	37	29	25	28	25	30	
13	19	27	34	32	32	27	27	27	21	30	
14	29	32	32	32	31	28	21	23	25	38	
15	29	41	30	30	31	32	33	27	25	31	
16	35	34	18	25	37	24	27	30	28	16	
17	34	21	33	30	32	29	30	22	28	31	
18	30	29	21	22	18	28	27	27	27	21	
19	29	31	33	30	38	27	22	19	25	18	
20	33	31	37	30	19	24	25	27	28	35	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	17	31	15	41	1		
2	0	12	0	22	10	32	11	42	0		
3	0	13	1	23	8	33	11	43	0		
4	0	14	0	24	12	34	9	44	0		
5	0	15	2	25	14	35	4	45	0		
6	0	16	1	26	2	36	0	46	0		
7	2	17	0	27	21	37	4	47	0		
8	0	18	3	28	15	38	2	48	0		
9	0	19	3	29	11	39	2	49	0		
10	0	20	3	30	16	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 57 Histograma del ensayo N° 7 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia

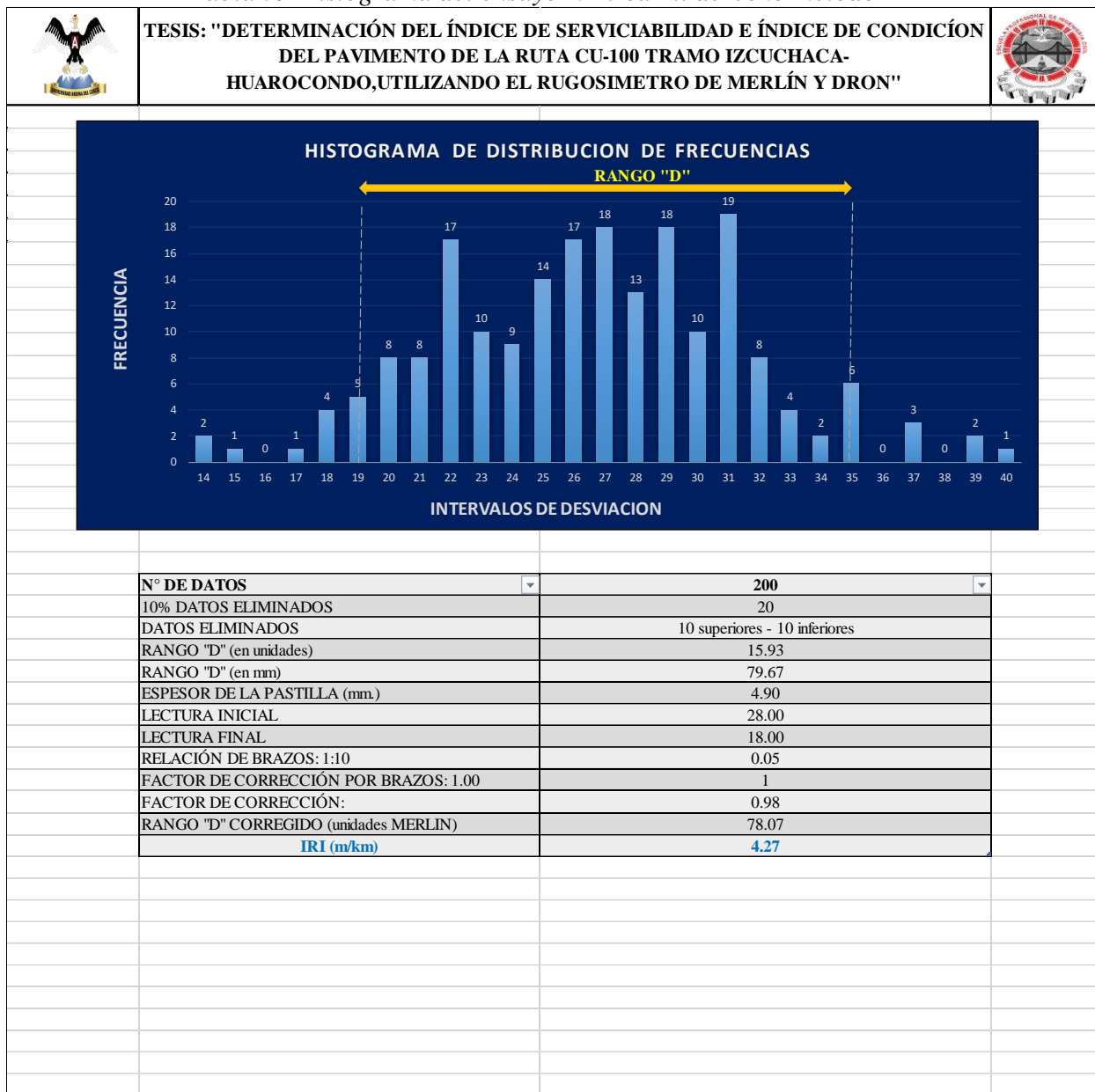


Tabla 58 Procesamiento de datos del ensayo N° 8 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	20/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	07+000-07+400		HORA DE INICIO	09:40							
CARRIL	DERECHO		HORA DE FINALIZACIÓN	10:25							
		N° DE ENSAYO		8		KM		07+000			
Li:	28										
Lf:	18										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	22	34	18	24	22	20	19	27	31	
2	28	22	21	29	31	27	22	23	26	37	
3	21	29	31	39	33	22	22	28	34	37	
4	27	23	32	31	31	26	28	24	29	37	
5	20	21	30	32	31	26	23	24	31	29	
6	25	29	19	28	29	24	22	25	21	30	
7	29	29	22	15	31	20	25	27	27	39	
8	28	19	23	18	28	23	27	23	30	31	
9	28	27	29	27	25	29	22	24	33	22	
10	20	29	26	20	26	25	22	27	32	33	
11	22	21	26	31	25	23	27	26	29	31	
12	29	30	35	19	25	20	26	22	33	35	
13	28	24	18	24	27	25	22	24	31	31	
14	31	31	21	27	26	27	27	23	31	35	
15	28	28	32	21	26	26	29	25	21	28	
16	22	27	35	32	25	20	23	26	30	31	
17	30	31	29	40	24	18	25	28	20	30	
18	30	17	14	32	26	22	26	26	27	30	
19	25	30	14	29	26	25	25	28	29	35	
20	29	35	19	31	27	27	26	23	32	32	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	8	31	19	41	0		
2	0	12	0	22	17	32	8	42	0		
3	0	13	0	23	10	33	4	43	0		
4	0	14	2	24	9	34	2	44	0		
5	0	15	1	25	14	35	6	45	0		
6	0	16	0	26	17	36	0	46	0		
7	0	17	1	27	18	37	3	47	0		
8	0	18	4	28	13	38	0	48	0		
9	0	19	5	29	18	39	2	49	0		
10	0	20	8	30	10	40	1	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO

Tabla 59 Histograma del ensayo N° 8 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia

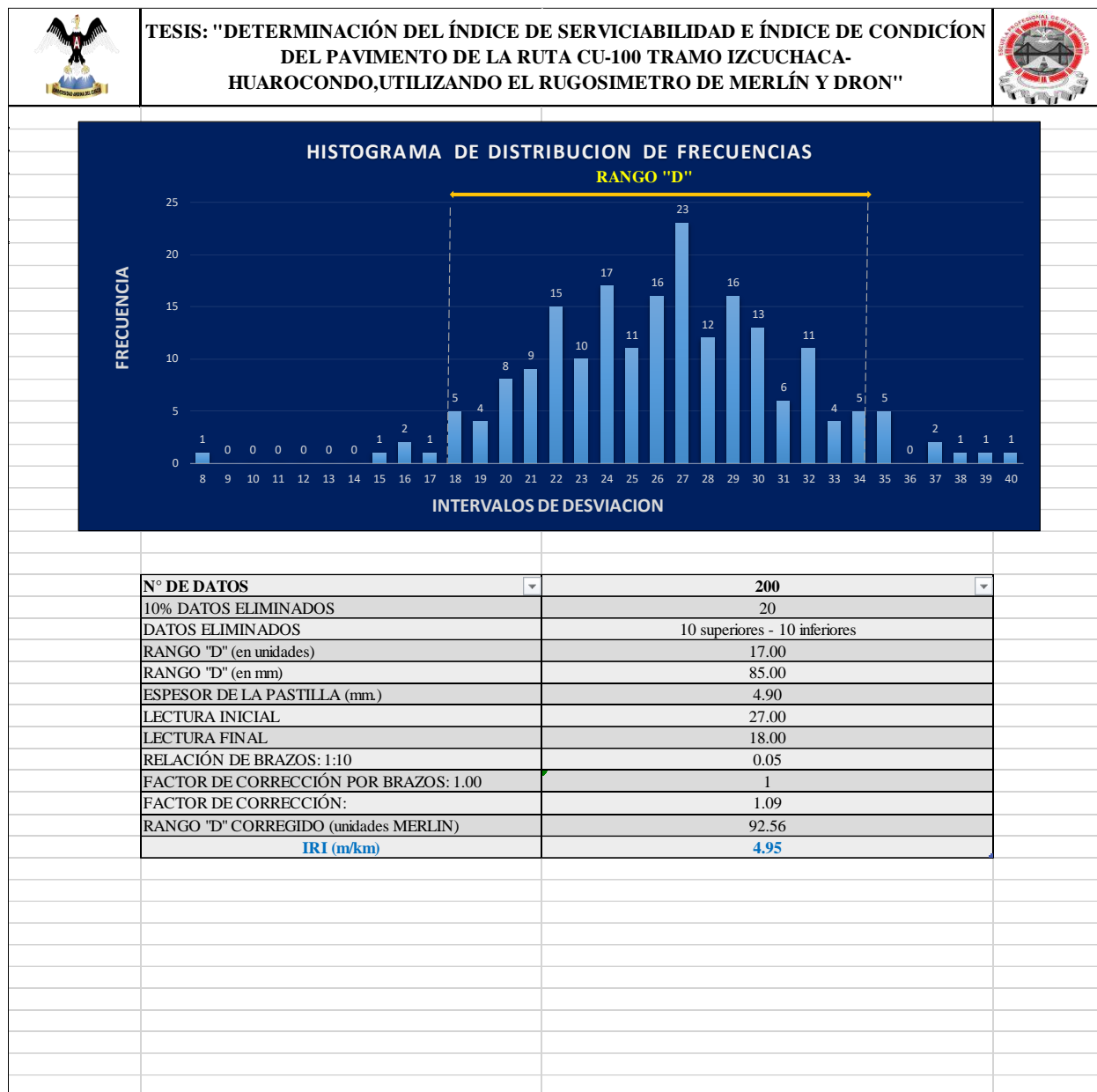


Tabla 60 Procesamiento de datos del ensayo N° 9 carril derecho método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	20/10/2019			EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC						
TRAMO	08+000-08+400			HORA DE INICIO	11:00						
CARRIL	DERECHO			HORA DE FINALIZACIÓN	11:42						
		N° DE ENSAYO			9		KM		08+000		
Li:	27										
Lf:	18										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	32	20	26	21	24	26	23	29	21	
2	30	30	19	25	21	22	23	28	31	19	
3	29	25	27	23	27	26	25	30	20	24	
4	29	31	24	26	26	26	22	28	30	30	
5	29	30	29	28	24	22	24	29	18	28	
6	20	32	18	20	24	27	24	33	31	29	
7	29	21	29	23	16	22	27	34	35	29	
8	22	34	18	26	21	19	22	33	29	32	
9	30	27	29	22	25	21	24	30	27	31	
10	31	28	27	27	30	23	22	28	37	26	
11	29	32	33	22	25	27	23	32	16	28	
12	24	34	28	23	23	21	30	27	19	30	
13	32	32	27	22	25	26	27	35	18	29	
14	21	32	28	24	24	27	25	32	8	30	
15	27	30	24	24	27	25	27	20	33	24	
16	27	27	23	26	20	22	25	35	22	29	
17	22	34	26	27	26	24	21	37	31	32	
18	28	27	23	28	26	25	22	32	20	40	
19	27	22	28	29	20	24	25	39	35	38	
20	27	17	27	26	18	24	26	35	26	34	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	9	31	6	41	0		
2	0	12	0	22	15	32	11	42	0		
3	0	13	0	23	10	33	4	43	0		
4	0	14	0	24	17	34	5	44	0		
5	0	15	1	25	11	35	5	45	0		
6	0	16	2	26	16	36	0	46	0		
7	0	17	1	27	23	37	2	47	0		
8	1	18	5	28	12	38	1	48	0		
9	0	19	4	29	16	39	1	49	0		
10	0	20	8	30	13	40	1	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO

Tabla 61 Histograma del ensayo N° 9 carril derecho método IRI



Fuente: Elaboración propia



Tabla 62 Procesamiento de datos del ensayo N°1 carril izquierdo método IRI

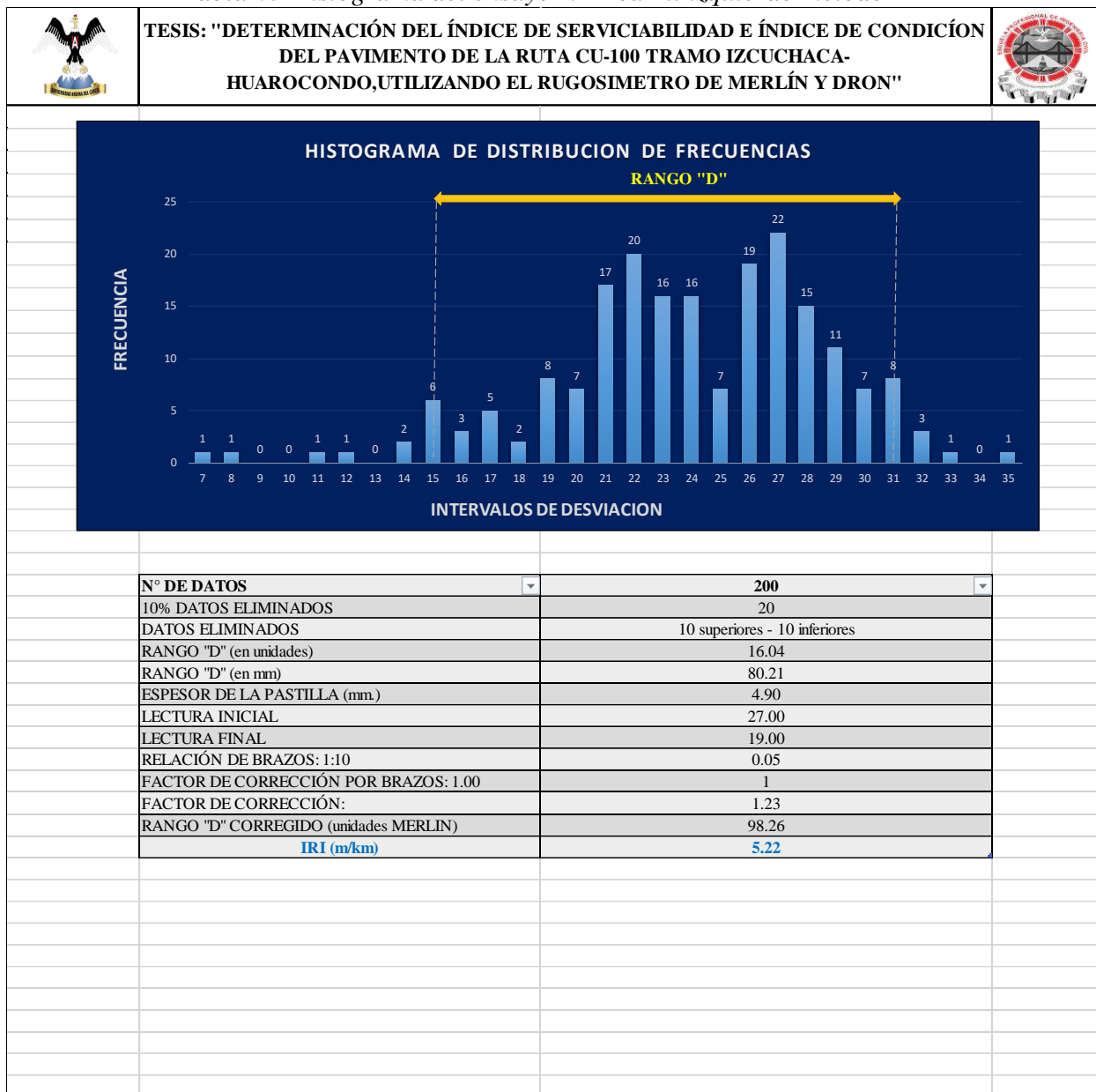
		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	20/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	0+000 - 0+400		HORA DE INICIO	12:10							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	12:48							
		N° DE ENSAYO		1		KM		0+000			
Li:	27										
Lf:	19										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	11	7	20	31	21	28	25	22	29	
2	23	15	27	17	29	15	27	24	24	32	
3	29	27	22	30	21	17	23	24	26	31	
4	27	29	21	18	23	21	25	21	26	17	
5	16	23	25	28	29	22	22	27	24	22	
6	28	16	27	19	27	22	24	24	24	27	
7	26	19	22	14	15	26	21	23	15	28	
8	22	22	23	29	19	25	26	24	27	30	
9	21	16	26	22	26	24	26	27	24	30	
10	29	19	28	22	26	27	25	22	25	29	
11	19	27	27	20	26	27	26	21	35	28	
12	15	22	31	31	27	27	22	19	23	12	
13	30	23	28	20	24	25	26	24	29	31	
14	27	26	28	32	23	24	21	26	21	28	
15	8	19	17	21	19	27	20	22	28	24	
16	27	20	30	27	21	21	24	26	23	20	
17	23	28	17	29	21	22	21	27	23	31	
18	33	26	30	30	23	21	26	23	20	28	
19	14	27	22	22	23	26	28	28	23	32	
20	29	24	31	18	22	26	21	22	31	28	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	1	21	17	31	8	41	0		
2	0	12	1	22	20	32	3	42	0		
3	0	13	0	23	16	33	1	43	0		
4	0	14	2	24	16	34	0	44	0		
5	0	15	6	25	7	35	1	45	0		
6	0	16	3	26	19	36	0	46	0		
7	1	17	5	27	22	37	0	47	0		
8	1	18	2	28	15	38	0	48	0		
9	0	19	8	29	11	39	0	49	0		
10	0	20	7	30	7	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 63 Histograma del ensayo N° 1 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



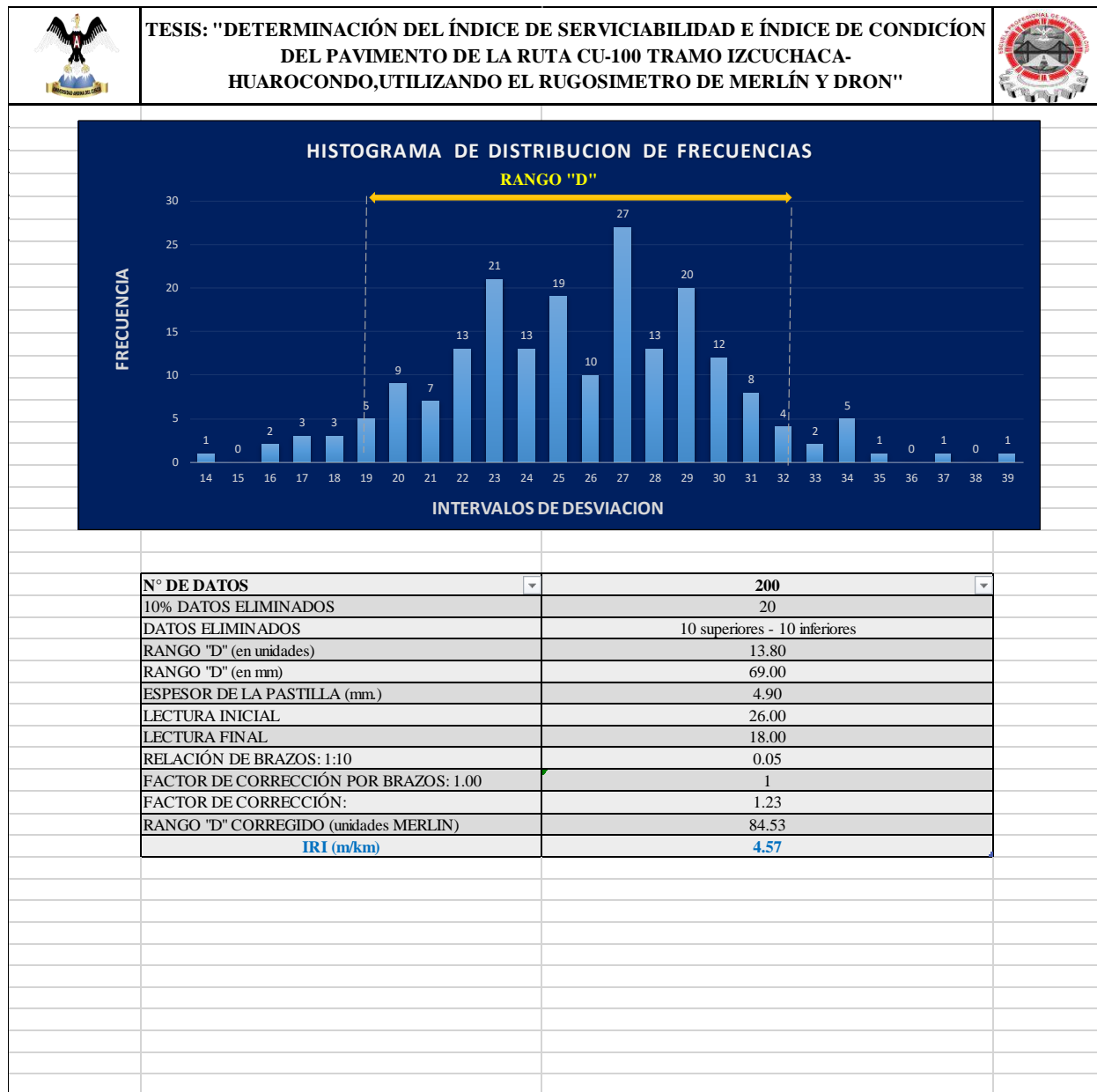
Tabla 64 Procesamiento de datos del ensayo N°2 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCACHA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	20/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	01+000-01+400		HORA DE INICIO	14:00							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	14:44							
		N° DE ENSAYO	2		KM	01+000					
Li:	26										
Lf:	18										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	27	30	31	28	23	22	25	25	30	
2	22	30	28	19	31	25	27	23	27	37	
3	17	31	27	20	21	27	20	27	20	27	
4	30	30	21	27	29	19	23	27	25	27	
5	27	23	30	23	27	25	26	28	23	31	
6	21	21	21	29	30	26	27	26	26	22	
7	27	25	23	28	30	20	22	28	20	29	
8	29	28	30	22	29	24	23	25	25	23	
9	24	29	27	25	19	24	25	14	23	28	
10	23	21	17	29	23	22	23	24	29	29	
11	35	25	23	20	29	19	24	26	31	23	
12	25	22	28	28	16	23	25	25	31	23	
13	29	32	34	34	18	29	16	24	39	27	
14	28	30	30	34	25	23	27	26	27	31	
15	18	29	22	34	27	26	26	23	22	27	
16	27	29	17	33	22	27	25	20	19	22	
17	18	27	21	32	24	23	27	22	33	24	
18	24	30	34	28	24	26	24	20	29	20	
19	29	28	29	32	24	25	27	27	29	29	
20	27	28	22	32	25	25	26	24	31	29	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	7	31	8	41	0		
2	0	12	0	22	13	32	4	42	0		
3	0	13	0	23	21	33	2	43	0		
4	0	14	1	24	13	34	5	44	0		
5	0	15	0	25	19	35	1	45	0		
6	0	16	2	26	10	36	0	46	0		
7	0	17	3	27	27	37	1	47	0		
8	0	18	3	28	13	38	0	48	0		
9	0	19	5	29	20	39	1	49	0		
10	0	20	9	30	12	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 65 Histograma del ensayo N° 2 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



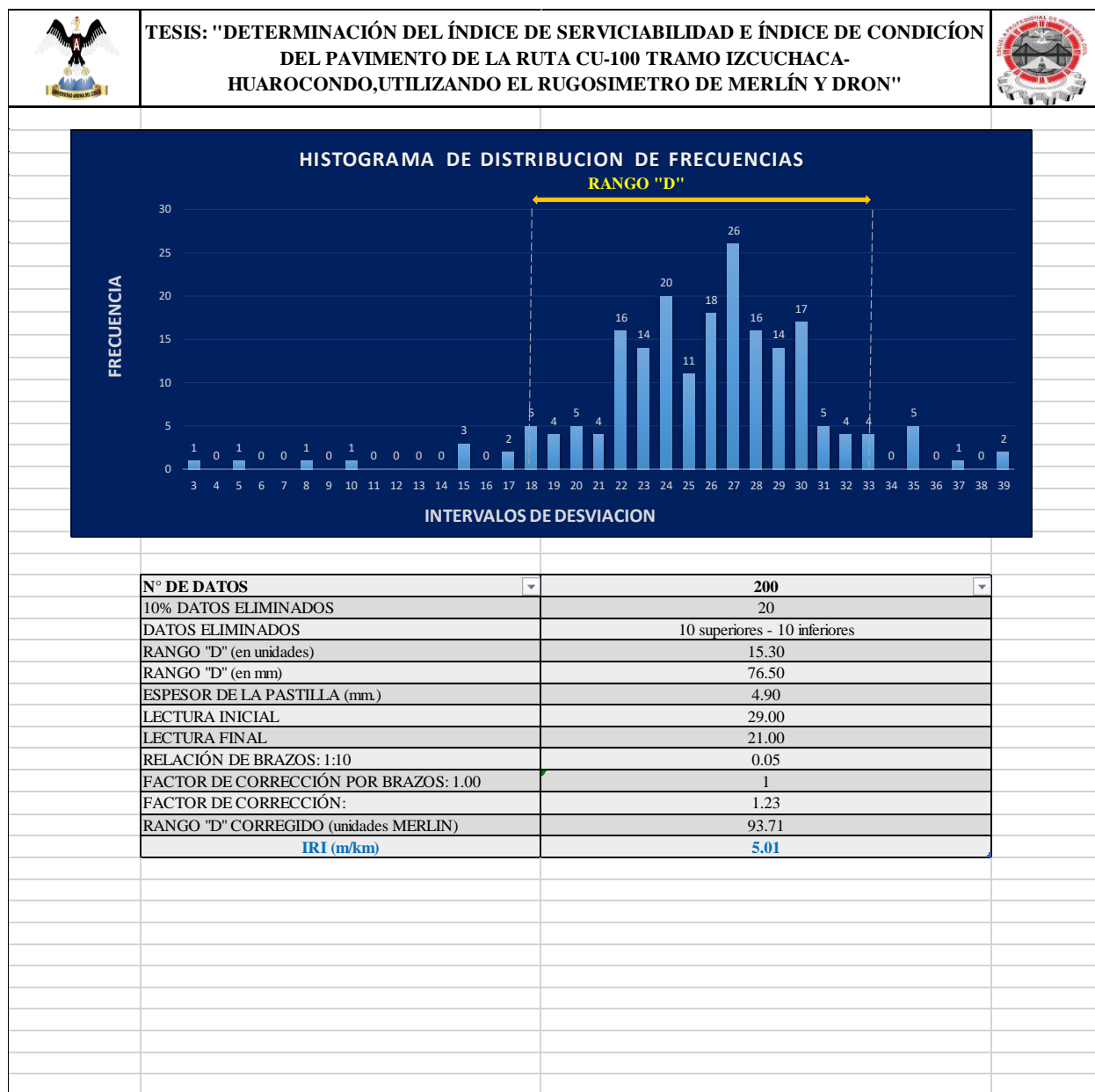
Tabla 66 Procesamiento de datos del ensayo N°3 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	20/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	02+000-02+400		HORA DE INICIO	15:00							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	15:30							
		N° DE ENSAYO	3		KM	02+000					
Li:	29										
Lf:	21										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	22	28	26	24	31	30	29	24	3	
2	25	25	26	27	28	35	28	22	28	26	
3	26	24	27	25	29	22	15	30	27	25	
4	25	22	27	28	29	27	19	30	26	26	
5	28	24	27	22	24	29	21	28	24	23	
6	29	23	27	22	27	30	21	33	27	24	
7	22	24	22	24	23	29	30	30	25	19	
8	21	26	25	26	20	33	31	29	26	28	
9	22	22	20	24	28	27	30	30	25	24	
10	23	23	25	26	32	18	31	31	28	27	
11	27	24	22	24	30	18	39	28	23	17	
12	23	24	27	30	29	27	39	22	27	15	
13	27	26	28	32	32	30	24	15	28	27	
14	27	24	22	30	35	27	30	26	17	30	
15	24	21	29	30	29	8	28	29	27	27	
16	25	26	23	19	18	30	29	18	26	32	
17	26	26	27	33	27	27	23	27	5	35	
18	26	29	25	33	35	35	28	28	18	23	
19	23	20	24	23	27	29	20	24	24	19	
20	22	22	23	31	30	20	22	23	37	10	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	4	31	5	41	0		
2	0	12	0	22	16	32	4	42	0		
3	1	13	0	23	14	33	4	43	0		
4	0	14	0	24	20	34	0	44	0		
5	1	15	3	25	11	35	5	45	0		
6	0	16	0	26	18	36	0	46	0		
7	0	17	2	27	26	37	1	47	0		
8	1	18	5	28	16	38	0	48	0		
9	0	19	4	29	14	39	2	49	0		
10	1	20	5	30	17	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 67 Histograma del ensayo N° 3 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



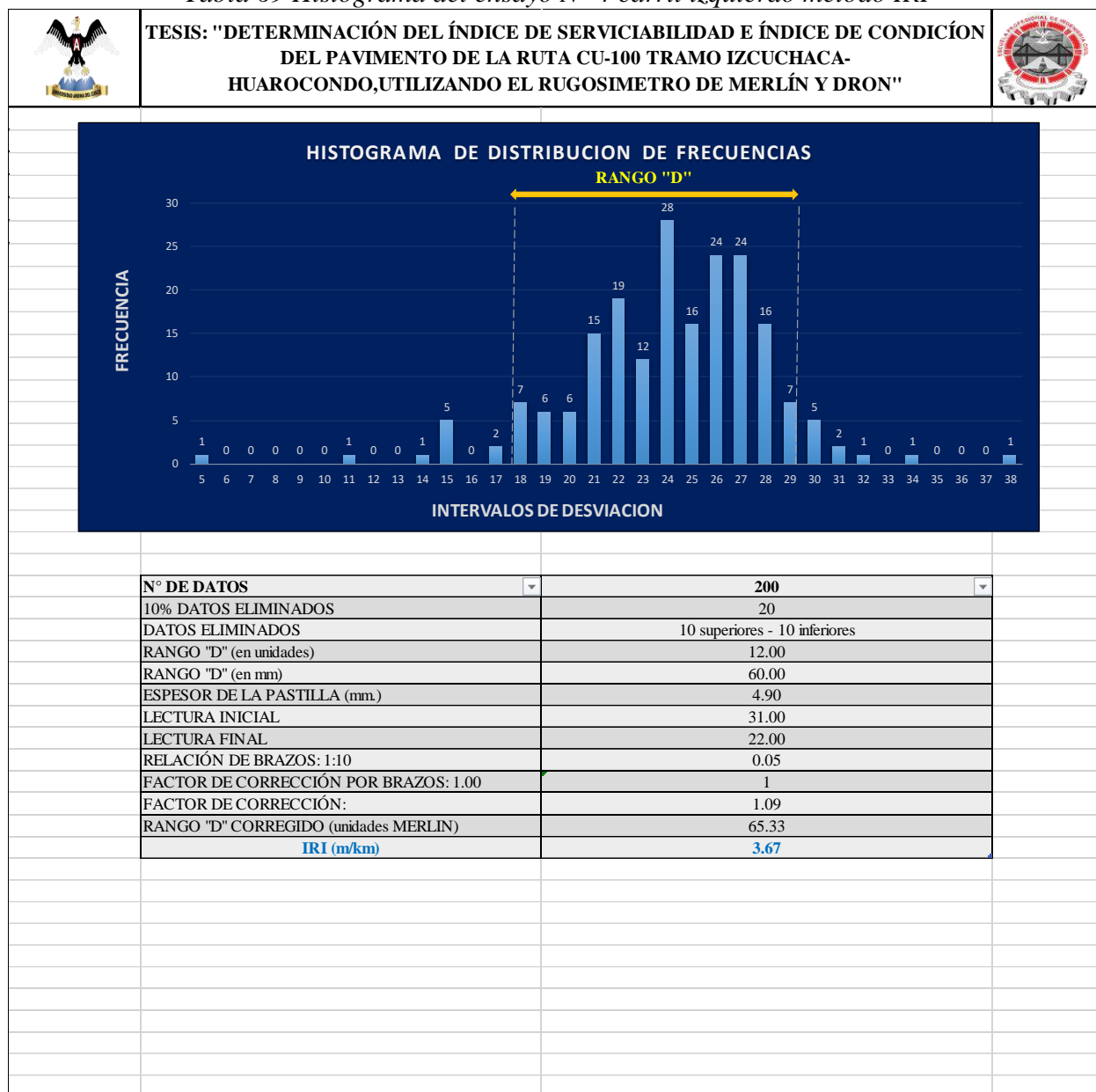
Tabla 68 Procesamiento de datos del ensayo N°4 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		21/10/2019				EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO		03+000-03+400				HORA DE INICIO		09:10			
CARRIL		IZQUIERDO				HORA DE FINALIZACIÓN		09:55			
		N° DE ENSAYO				4		KM		03+000	
Li:		31									
Lf:		22									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	22	30	27	25	21	25	23	21	24	
2	24	26	31	26	30	25	25	27	22	20	
3	25	28	22	15	29	21	23	22	22	21	
4	27	22	24	27	22	23	22	24	20	26	
5	20	25	27	22	30	19	26	24	21	19	
6	23	27	28	21	28	18	19	31	22	27	
7	26	24	24	28	24	24	28	24	28	34	
8	24	24	28	30	24	27	21	24	29	21	
9	26	25	23	32	24	29	22	28	27	17	
10	26	26	23	25	29	18	24	27	22	18	
11	24	26	22	27	26	29	26	21	27	18	
12	27	27	25	20	29	28	11	15	27	19	
13	28	25	24	22	14	23	24	28	28	29	
14	27	21	27	26	21	28	26	27	20	23	
15	27	21	25	28	26	27	26	22	21	22	
16	28	23	22	25	15	30	24	19	23	18	
17	27	22	26	26	26	21	15	18	26	24	
18	27	20	24	25	26	19	23	26	27	38	
19	26	25	21	24	17	15	25	25	27	24	
20	28	5	24	24	18	23	26	26	22	24	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	1	21	15	31	2	41	0		
2	0	12	0	22	19	32	1	42	0		
3	0	13	0	23	12	33	0	43	0		
4	0	14	1	24	28	34	1	44	0		
5	1	15	5	25	16	35	0	45	0		
6	0	16	0	26	24	36	0	46	0		
7	0	17	2	27	24	37	0	47	0		
8	0	18	7	28	16	38	1	48	0		
9	0	19	6	29	7	39	0	49	0		
10	0	20	6	30	5	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 69 Histograma del ensayo N° 4 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



Tabla 70 Procesamiento de datos del ensayo N°5 carril izquierdo método IRI

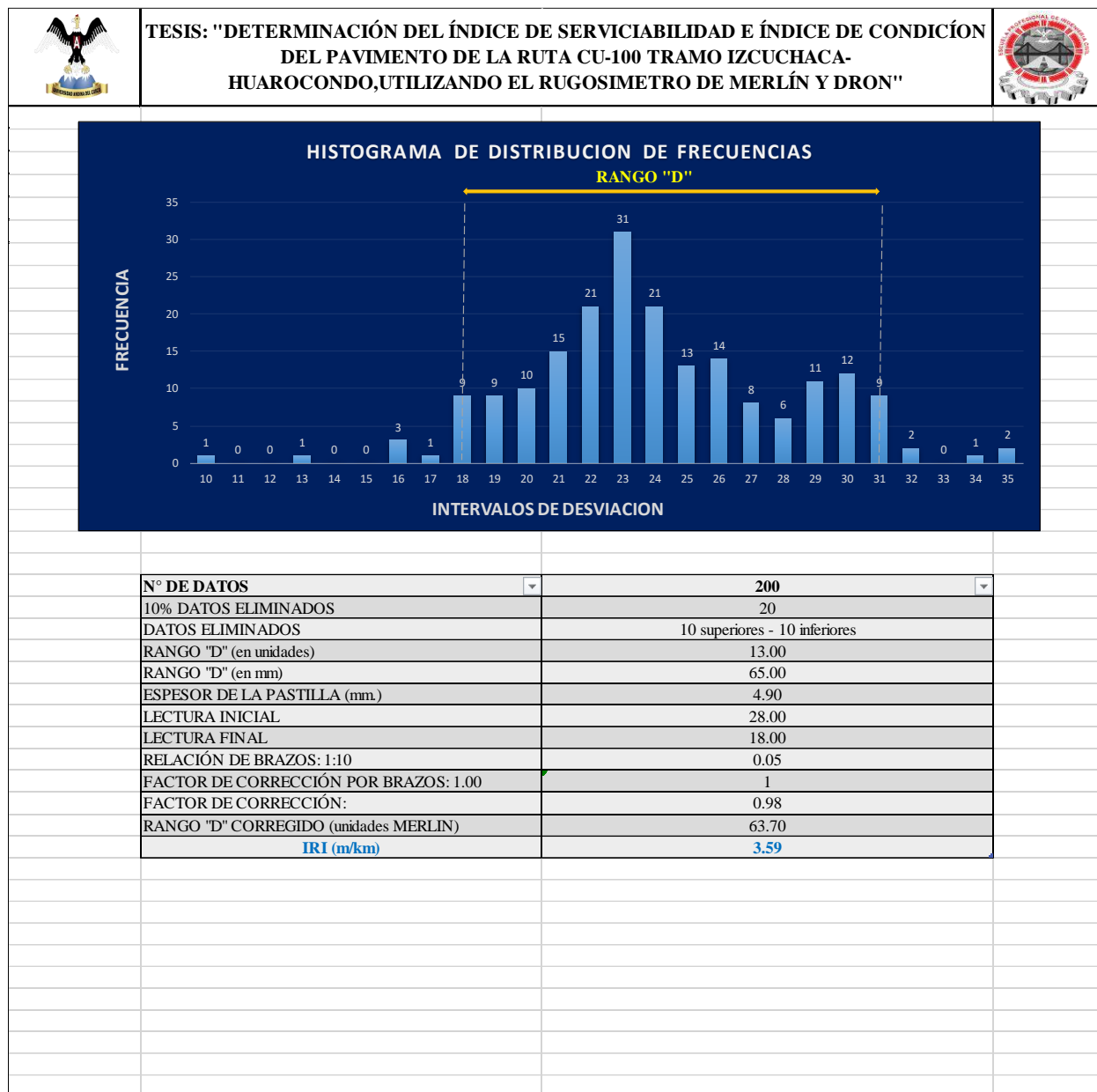
		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCACHA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	21/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	04+000-04+400		HORA DE INICIO	10:12							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	10:45							
		N° DE ENSAYO	5		KM	04+000					
Li:	28										
Lf:	18										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	19	30	27	22	23	23	20	23	30	
2	25	30	31	20	18	29	23	22	18	23	
3	24	23	22	22	26	28	22	24	19	26	
4	22	29	24	23	22	24	24	30	21	18	
5	20	29	23	24	23	27	21	30	19	13	
6	26	31	23	25	26	19	16	29	18	18	
7	19	31	35	21	20	23	28	29	19	28	
8	23	29	34	26	21	21	20	24	24	20	
9	25	25	23	21	21	23	10	23	16	29	
10	23	23	22	20	27	26	24	24	24	22	
11	26	22	30	21	22	27	31	26	19	32	
12	30	23	24	23	19	25	24	25	24	26	
13	21	29	26	22	28	23	26	23	21	18	
14	35	24	23	23	22	22	31	31	25	18	
15	23	25	26	23	26	26	21	23	17	22	
16	21	29	22	25	31	24	30	24	20	29	
17	22	30	23	23	27	25	22	24	30	31	
18	22	28	20	27	29	23	18	19	32	22	
19	31	30	25	28	27	21	24	23	18	21	
20	27	24	21	25	30	22	24	23	20	16	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	15	31	9	41	0		
2	0	12	0	22	21	32	2	42	0		
3	0	13	1	23	31	33	0	43	0		
4	0	14	0	24	21	34	1	44	0		
5	0	15	0	25	13	35	2	45	0		
6	0	16	3	26	14	36	0	46	0		
7	0	17	1	27	8	37	0	47	0		
8	0	18	9	28	6	38	0	48	0		
9	0	19	9	29	11	39	0	49	0		
10	1	20	10	30	12	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO





Tabla 71 Histograma del ensayo N° 5 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia

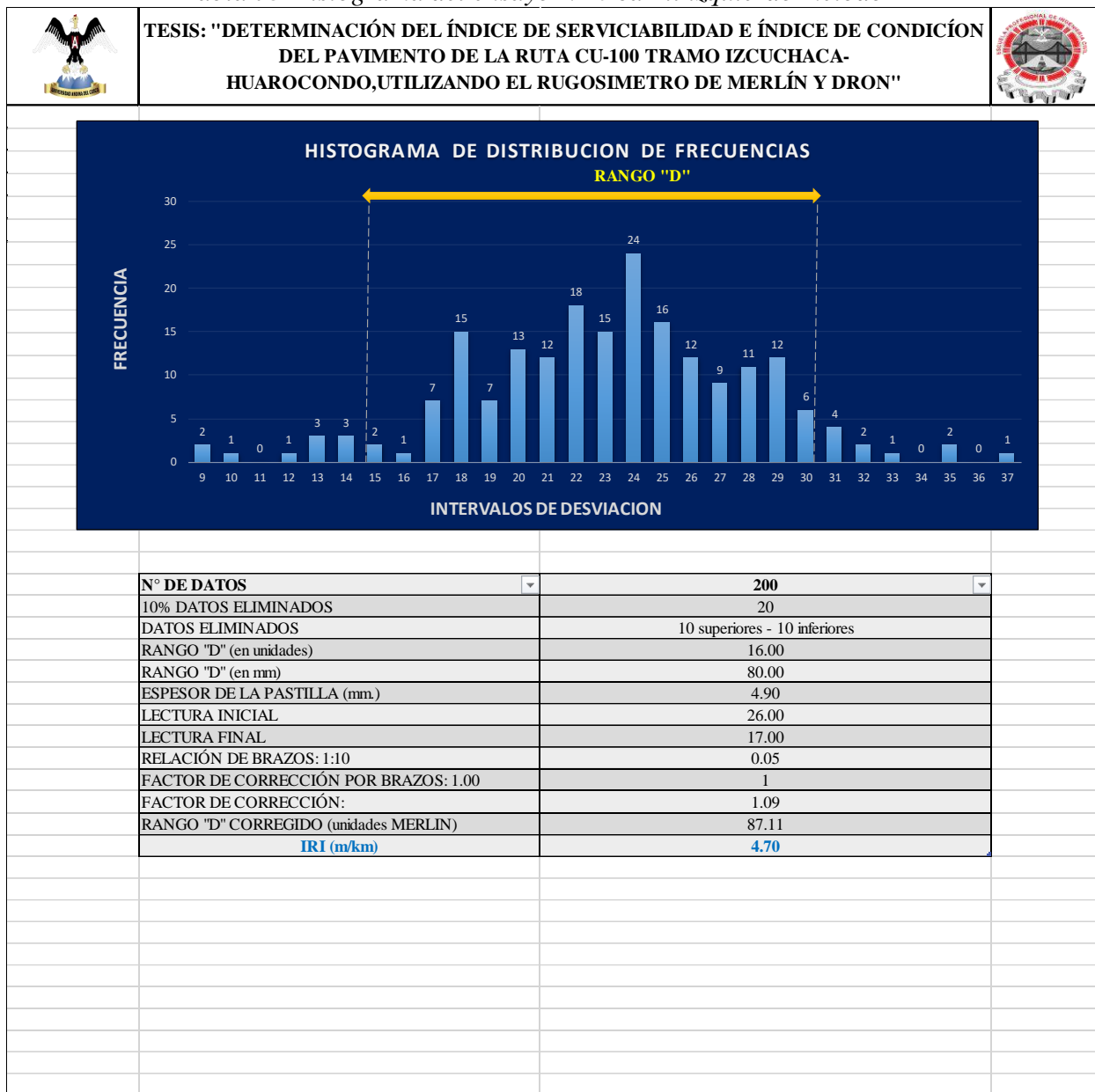


Tabla 72 Procesamiento de datos del ensayo N°6 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
		ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO				MÉTODO IRI					
						ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL					
FECHA		21/10/2019				EJECUTOR		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC			
TRAMO		05+000-05+400				HORA DE INICIO		11:00			
CARRIL		IZQUIERDO				HORA DE FINALIZACIÓN		11:38			
		N° DE ENSAYO				6		KM		05+000	
Li:		26									
Lf:		17									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		16	21	22	19	24	24	32	9	24	26
2		13	20	17	18	18	30	24	14	28	23
3		26	18	20	18	18	22	17	28	28	27
4		22	21	24	20	20	24	26	28	14	26
5		20	23	15	17	17	19	24	30	25	28
6		21	18	20	22	22	29	35	29	25	21
7		19	24	22	20	20	27	18	33	28	18
8		19	21	15	21	21	25	23	25	28	22
9		26	13	27	22	22	26	28	23	23	24
10		25	18	30	22	22	24	27	23	23	22
11		19	22	10	29	29	24	28	22	22	23
12		24	20	21	29	29	24	29	25	23	29
13		27	28	14	23	23	27	30	24	24	20
14		21	29	22	25	25	30	35	23	21	25
15		13	18	18	26	26	24	9	24	27	31
16		20	18	18	25	25	22	26	25	23	24
17		17	17	22	24	24	29	24	26	24	31
18		19	20	19	23	23	32	12	25	28	25
19		18	17	20	26	26	30	29	25	25	31
20		18	21	21	27	27	29	37	24	24	31
		N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.
1		0		11	0	21	12	31	4	41	0
2		0		12	1	22	18	32	2	42	0
3		0		13	3	23	15	33	1	43	0
4		0		14	3	24	24	34	0	44	0
5		0		15	2	25	16	35	2	45	0
6		0		16	1	26	12	36	0	46	0
7		0		17	7	27	9	37	1	47	0
8		0		18	15	28	11	38	0	48	0
9		2		19	7	29	12	39	0	49	0
10		1		20	13	30	6	40	0	50	0

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO

Tabla 73 Histograma del ensayo N° 6 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



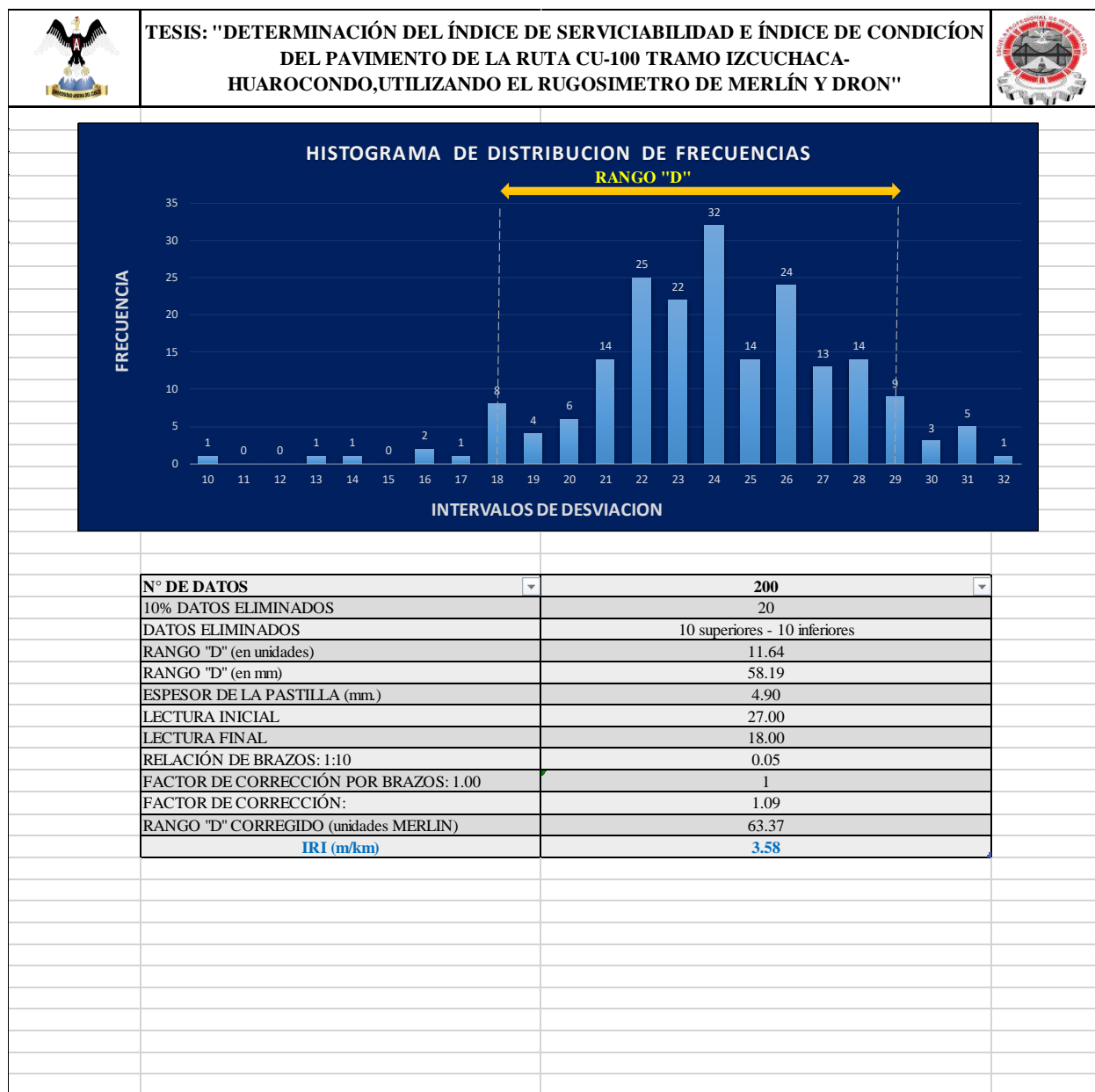
Tabla 74 Procesamiento de datos del ensayo N°7 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCHACA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	22/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	06+000-06+400		HORA DE INICIO	10:00							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	10:40							
		N° DE ENSAYO	7		KM	06+000					
Li:	27										
Lf:	18										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	23	21	27	22	23	24	19	30	23	
2	24	27	24	24	18	29	28	18	23	23	
3	24	21	28	22	26	28	28	18	26	22	
4	22	24	23	26	22	24	14	20	18	24	
5	23	27	24	25	23	27	25	17	13	21	
6	25	27	28	22	26	19	25	22	18	16	
7	24	24	22	25	20	23	28	20	28	28	
8	24	22	29	24	21	21	28	21	20	20	
9	28	24	26	23	21	23	23	22	29	10	
10	22	24	24	24	27	26	23	22	22	24	
11	25	26	26	23	22	27	22	29	32	31	
12	26	26	26	21	19	25	23	29	26	24	
13	24	22	21	20	28	23	24	23	18	26	
14	27	22	26	31	22	22	21	25	18	31	
15	25	24	26	29	26	26	27	26	22	21	
16	28	26	22	29	31	24	23	25	29	30	
17	22	21	24	23	27	25	24	24	31	22	
18	24	27	26	19	29	23	28	23	22	18	
19	28	25	25	24	27	21	25	26	21	24	
20	24	26	23	26	30	22	24	27	16	24	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	14	31	5	41	0		
2	0	12	0	22	25	32	1	42	0		
3	0	13	1	23	22	33	0	43	0		
4	0	14	1	24	32	34	0	44	0		
5	0	15	0	25	14	35	0	45	0		
6	0	16	2	26	24	36	0	46	0		
7	0	17	1	27	13	37	0	47	0		
8	0	18	8	28	14	38	0	48	0		
9	0	19	4	29	9	39	0	49	0		
10	1	20	6	30	3	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 75 Histograma del ensayo N° 7 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



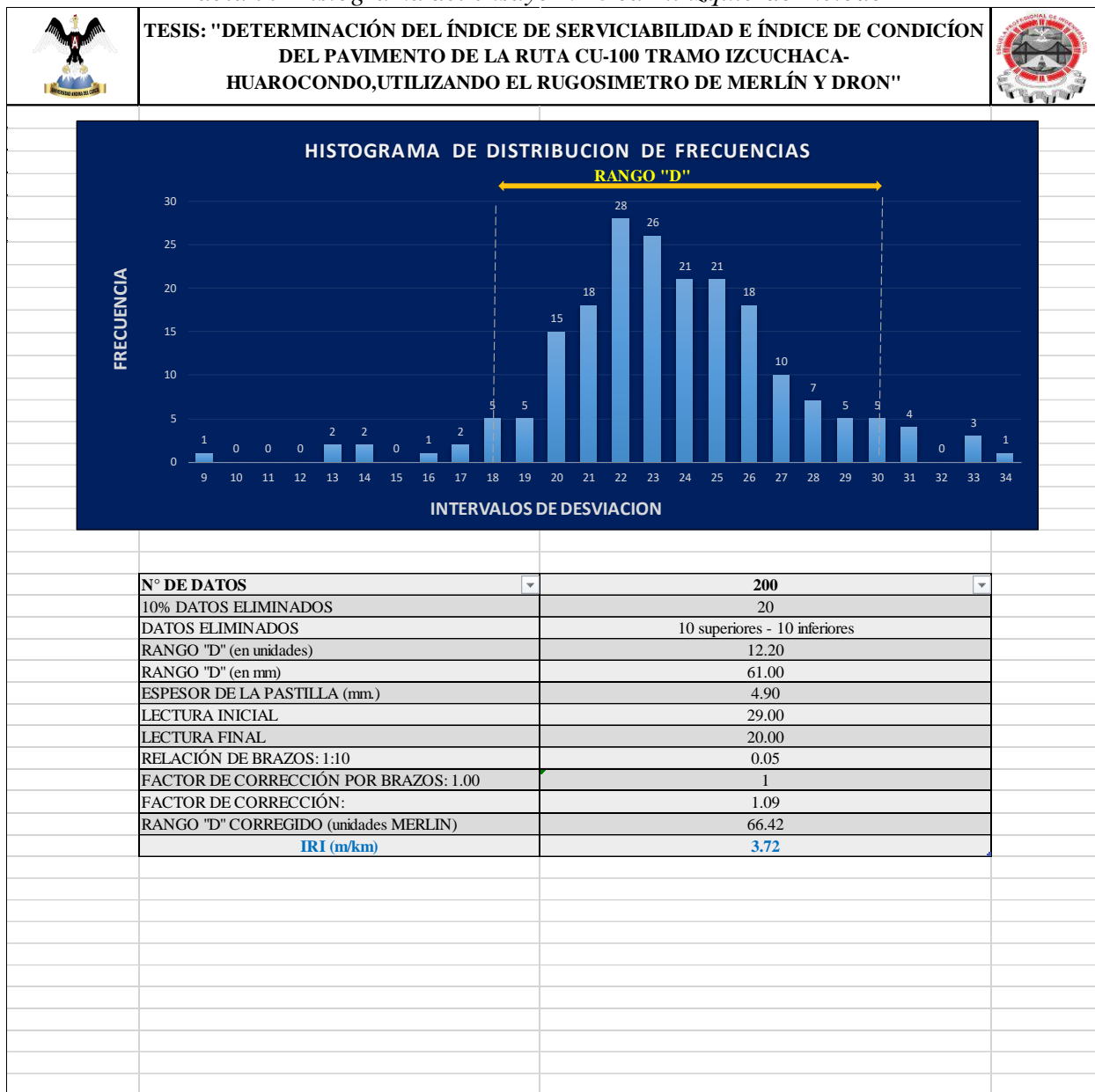
Tabla 76 Procesamiento de datos del ensayo N°8 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCACHA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	22/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	07+000-07+400		HORA DE INICIO	11:00							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	11:35							
		N° DE ENSAYO	8		KM	07+000					
Li:	29										
Lf:	20										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	27	24	23	26	26	24	9	21	16	
2	21	25	22	22	25	22	18	14	24	13	
3	30	20	24	22	31	25	18	28	28	26	
4	30	24	22	22	21	26	20	28	23	22	
5	25	22	29	23	25	23	17	30	24	20	
6	27	22	26	19	25	22	22	29	28	21	
7	25	20	14	22	20	18	20	33	22	19	
8	33	31	22	21	26	20	21	25	29	19	
9	21	20	20	22	24	28	22	23	26	26	
10	23	31	20	24	23	22	22	23	24	25	
11	26	21	23	30	25	21	29	22	26	19	
12	24	25	22	20	23	21	29	25	26	24	
13	23	27	23	24	25	24	23	24	21	27	
14	33	22	21	21	22	23	25	23	26	21	
15	25	27	23	22	20	23	26	24	26	13	
16	20	30	34	23	28	22	25	25	22	20	
17	24	22	23	21	21	20	24	26	24	17	
18	24	27	26	28	21	23	23	25	26	19	
19	23	27	23	23	23	22	26	25	25	18	
20	21	27	31	22	24	27	27	24	23	18	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	0	21	18	31	4	41	0		
2	0	12	0	22	28	32	0	42	0		
3	0	13	2	23	26	33	3	43	0		
4	0	14	2	24	21	34	1	44	0		
5	0	15	0	25	21	35	0	45	0		
6	0	16	1	26	18	36	0	46	0		
7	0	17	2	27	10	37	0	47	0		
8	0	18	5	28	7	38	0	48	0		
9	1	19	5	29	5	39	0	49	0		
10	0	20	15	30	5	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 77 Histograma del ensayo N° 8 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



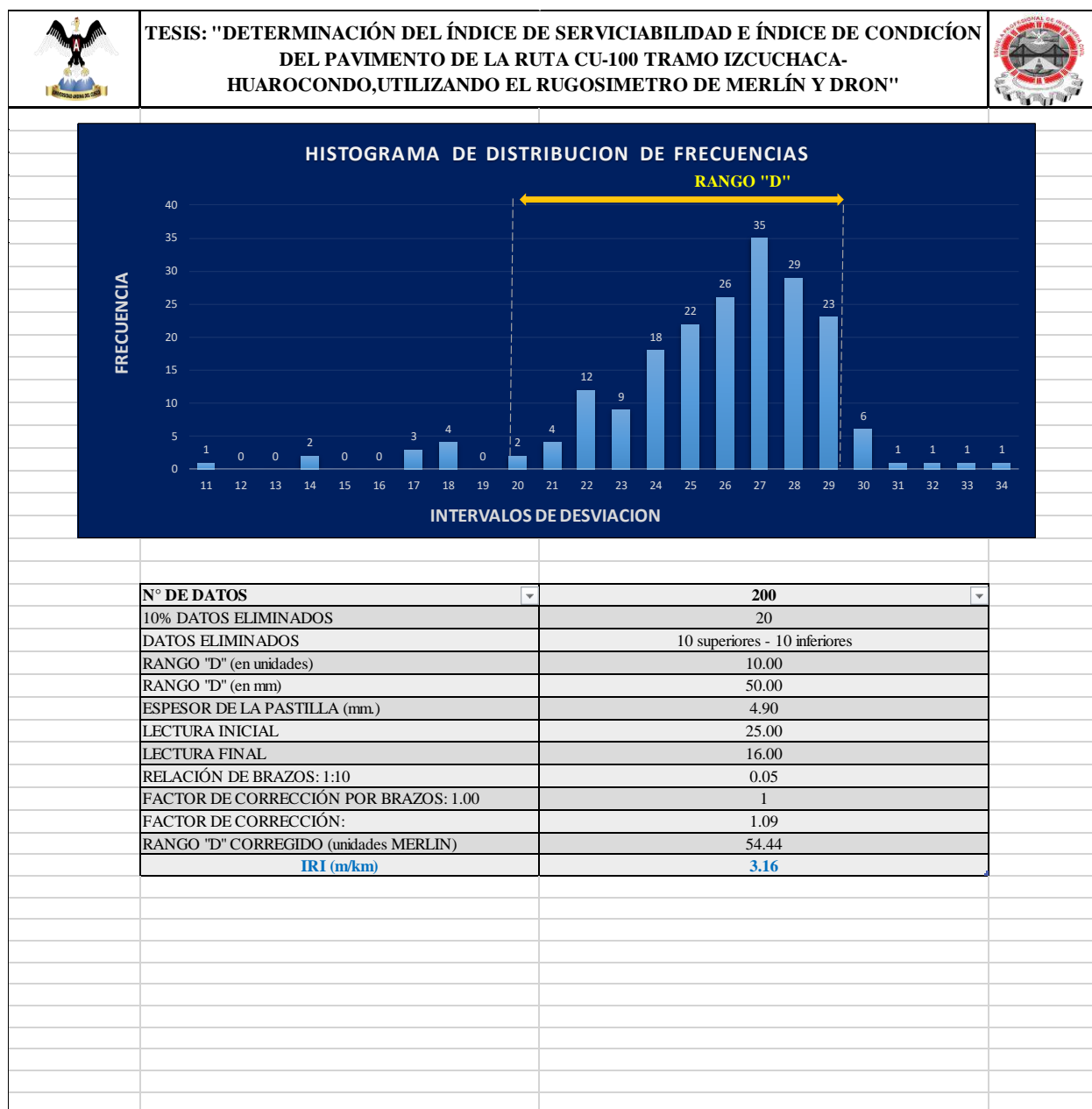
Tabla 78 Procesamiento de datos del ensayo N°9 carril izquierdo método IRI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
NOMBRE DE LA VÍA		IZCUCACHA - HUAROCONDO								MÉTODO IRI	
										ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	
FECHA	22/10/2019		EJECUTOR	LUIS BRAYAN LANADO HUACAC							
TRAMO	08+000-08+400		HORA DE INICIO	11:55							
CARRIL	IZQUIERDO		HORA DE FINALIZACIÓN	12:40							
		N° DE ENSAYO			9		KM		08+000		
Li:	25										
Lf:	16										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	26	28	27	27	29	25	27	25	22	24	
2	27	25	25	27	24	26	21	27	28	27	
3	27	25	26	29	28	25	30	25	27	27	
4	30	22	26	24	29	29	26	28	27	24	
5	28	30	28	18	24	24	25	26	29	24	
6	23	30	29	29	26	27	22	28	17	26	
7	30	29	25	29	33	22	26	17	27	17	
8	28	25	28	30	24	27	21	29	27	27	
9	22	21	23	32	24	29	22	29	25	26	
10	23	29	23	25	29	18	24	28	28	28	
11	23	29	22	18	26	29	26	25	29	27	
12	27	34	25	20	29	28	11	26	26	25	
13	22	28	24	22	14	23	24	31	25	26	
14	28	22	27	26	21	28	26	28	24	24	
15	28	27	25	28	26	27	26	27	22	26	
16	28	14	24	23	20	28	26	25	26	28	
17	26	27	27	23	25	27	27	26	26	28	
18	27	29	27	27	29	29	29	27	24	22	
19	27	27	24	27	23	25	28	28	24	29	
20	27	28	28	26	28	25	27	25	28	18	
N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.	N°	Rep.		
1	0	11	1	21	4	31	1	41	0		
2	0	12	0	22	12	32	1	42	0		
3	0	13	0	23	9	33	1	43	0		
4	0	14	2	24	18	34	1	44	0		
5	0	15	0	25	22	35	0	45	0		
6	0	16	0	26	26	36	0	46	0		
7	0	17	3	27	35	37	0	47	0		
8	0	18	4	28	29	38	0	48	0		
9	0	19	0	29	23	39	0	49	0		
10	0	20	2	30	6	40	0	50	0		

Fuente: Elaboración propia, norma AASHTO



Tabla 79 Histograma del ensayo N° 9 carril izquierdo método IRI



Fuente: Elaboración propia



### 3.6.2. Procedimientos de análisis de datos del PCI

a) Procesamiento y cálculos

A partir de los datos obtenidos en la inspección y registro de fallas se determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) siguiendo el procedimiento de la metodología ASTM D6433 para el desarrollo del procedimiento se tomó como ejemplo la unidad de muestra 1.

- i. El procedimiento para este análisis comienza sumando la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad, y registrar esta información en la columna “Total”. Las unidades para las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal, o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.

Tabla 80 Procedimiento para la sumatoria de fallas

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA						
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA						
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"		METODO PCI						
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCHACA - HUAROCONDO		EJECUTORES		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC		
				UNIDAD DE MUESTRA		1		
PROGRESIVA		0+000-0+100		FECHA		AREA		
SEVERIDAD DE FALLAS								
ALTO H(HIGH)								
MEDIO M(MEDIUM)								
BAJO L(LOW)								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	H(HIGH)	16.57				16.57	2.76	
13	H(HIGH)	1.00	0.75			1.75	0.29	35
3	L(LOW)	165.82	181.04			346.86	57.81	21
1	M(MEDIUM)	3.16	11.12			14.28	2.38	13
2	H(HIGH)	39.79				39.79	6.63	4
18	H(HIGH)	6.00	5.80			11.80	1.97	20

Fuente: Elaboración propia

- ii. Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad (columna total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra (600 m2) y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual.



Tabla 81 Procedimiento para el cálculo de densidad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA		
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"				METODO PCI INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
NOMBRE DE LA VIA				SECCION		UNIDAD DE MUESTRA		
IZCUCHACA - HUAROCONDO						1		
PROGRESIVA				FECHA		AREA		
0+000-0+100						600 m2		
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo      5. Depresión      11. Pieltes y pedregos de cortes alitarios      15. Fisura por abombamiento por desplazamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agregado pulido      16. Fisura por intemperismo y desmenuzamiento de agregados 3. Fisuras en bloques      8. Fisura de reflexión de junta      13. Bocas      14. Anillamiento 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-bornea      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento						
ALTO	H (HIGH)							
MEDIO	M (MEDIUM)							
BAJO	L (LOW)							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	H (HIGH)	16.57				16.57	2.76	
13	H (HIGH)	1.00	0.75			1.75	0.29	35
3	L (LOW)	165.82	181.04			346.86	57.81	21
1	M (MEDIUM)	3.16	11.12			14.28	2.38	13
2	H (HIGH)	39.79				39.79	6.63	4
18	H (HIGH)	6.00	5.80			11.80	1.97	20

Fuente: Elaboración propia

- iii. Luego se determina el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas, tal es el caso que para una densidad de 57.81 de la falla FISURAS EN BLOQUE en una severidad baja el valor deducido DV será:

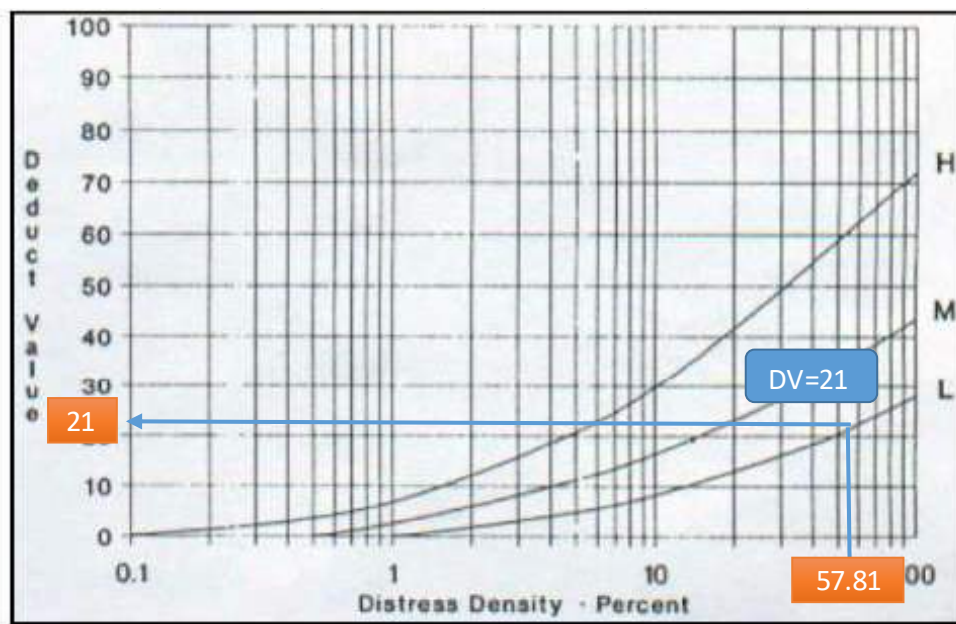


Figura 44 valor deducido-FISURAS EN BLOQUE



Tabla 82 cálculo del valor deducido

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	H (HIGH)	16.57						16.57	2.76	
13	H (HIGH)	1.00	0.75					1.75	0.29	35
3	L (LOW)	165.82	181.04					346.86	57.81	21
1	M (MEDIUM)	3.16	11.12					14.28	2.38	13
2	H (HIGH)	39.79						39.79	6.63	4
18	H (HIGH)	6.00	5.80					11.80	1.97	20

Fuente: Elaboración propia.

- iv. Si ninguno o solamente uno de los Valores Deducidos es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” para determinar el PCI como muestra el paso vii; de otro modo, se debe calcular el Valor Deducido Corregido CDV.
- v. Para el cálculo del Valor Deducido Corregido CDV se sigue el procedimiento desarrollado a continuación:
  - ✓ Listamos los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor  
Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente. Por ejemplo, en la tabla N°82 esta lista será 35,21,20,13 Y 4
  - ✓ Determinamos el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la siguiente Ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

Donde:

mi: número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracciones, para la unidad de muestreo i.

HDVi: el mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo

Tabla 83 Reducción de los valores deducidos individuales al máximo admisible de valores deducidos “m”

Nº	m	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	6.97	35	21	20	13	4			
2		35	21	20	13	3.88	92.88	5	49
3		35	21	20	13	2	91	4	52
4		35	21	20	2	2	80	3	51
5		35	21	2	2	2	62	2	46
6		35	2	2	2	2	43	1	43

$$m = 1 + (9/98) * (100 - 35) = 6.97 < 10.0$$

$$6.97 - 6.0 = 0.97 \quad 0.97 * 4 = 3.88$$

Fuente: Elaboración propia.



El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos “m”, incluyendo su parte fraccionaria. Por ejemplo, en la Tabla N°83, los valores son 35,21,20,13 y 3.88 (el valor 3.88 es obtenido multiplicando 4 por 0.97). Si contamos con un número de valores deducidos menor a “m”, todos los valores deducidos deben ser usados.

vi. Como sexto paso se calcula el “Máximo Valor Deducido Corregido” (CDV) el cual viene a ser al valor final de cada unidad de muestro, el mismo que se utilizará en la fórmula del PCI y obtener este parámetro, para ello debemos seguir el siguiente proceso iterativo:

- A. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- B. Determine el Valor Deducido Total (CDT) sumando todos los valores deducidos individuales.
- C. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento
- D. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas a, b y c hasta que q sea igual a 1.

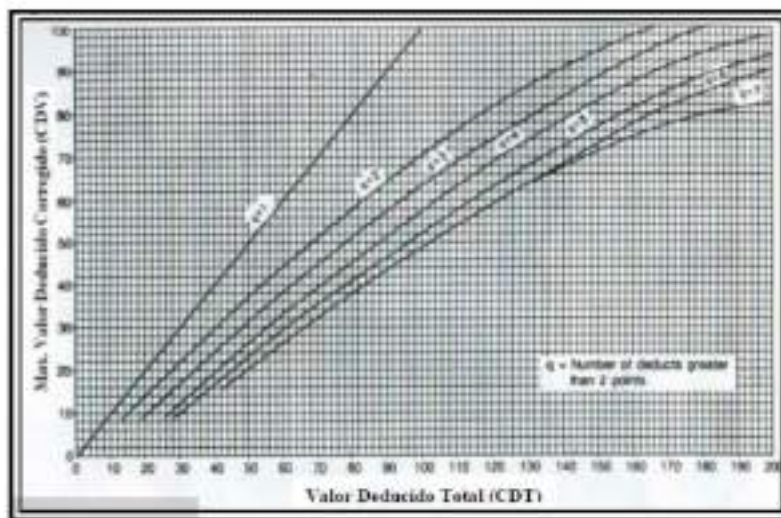


Figura 45 Valor de deducción corregido, pavimentos asfálticos, metodología PCI  
Fuente: (ASTM, 2003)



E. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Tabla 84 Máximo valor deducido corregido

Nº	m	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV
		35	21	20	13	4				
1	6.97	35	21	20	13	4				
2		35	21	20	13	3.88		92.88	5	49
3		35	21	20	13	2		91	4	52
4		35	21	20	2	2		80	3	51
5		35	21	2	2	2		62	2	46
6		35	2	2	2	2		43	1	43

Fuente: Elaboración propia.

vii. Finalmente se calcula el PCI de la unidad de muestra restando de 100 el máximo CDV obtenido en el paso iv.

$$PCI = 100 - \max CDV$$

Donde:

PCI: índice de condición presente

Max. CDV: Máximo valor corregido deducido

<b>Max CDV</b>	52
<b>PCI</b>	48
<b>Estado</b>	<b>Regular</b>

b) Diagramas y tablas

Para la interpretación del cálculo del PCI, se utilizará la siguiente Tabla:



Rango PCI %	Color	Estado
0-10	Grigio	Falla
11-25	Naranja	Muy Malo
26-40	Rojo	Malo
41-55	Rosa	Regular
56-70	Amarillo	Buena
71-85	Verde claro	Muy Buena
86-100	Verde oscuro	Excelente

c) Análisis de la prueba

A continuación, se presenta el procesamiento para hallar el Índice de Condición de Pavimento de todas las muestras:





Tabla 85 Procesamiento de datos de la muestra N°1 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																					
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																					
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"						<b>METODO PCI</b> <b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b> <b>EJECUTORES</b> <b>LUIS BRAYAN LANADO HUACAC</b>																																	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b> <b>PROGRESIVA</b> <b>SEVERIDAD DE FALLAS</b>		<b>IZCUCHACA - HUAROCONDO</b> <b>0+000-0+100</b>				<b>UNIDAD DE MUESTRA</b> <b>AREA</b>		1 600    m2																															
<b>FALLAS</b> <b>ALTO</b> <b>H( HIGH)</b> <b>MEDIO</b> <b>M (MEDIUM)</b> <b>BAJO</b> <b>L (LOW)</b> <b>FALLA</b> <b>SEVERIDAD</b>		1. Piel de cocodrilo      5. Depresión      11. Paredes y picos de cortes verticales      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agotado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque      8. Fisura de reflexión de junta      13. Bochas      18. Polifisura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil/borra      14. Abultamiento      15. Desplazamiento 5. Corrugación      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																					
		<b>CANTIDAD</b>						<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																													
13	H( HIGH)	1.00	0.75					1.75	0.29	35																													
3	L( LOW)	165.82	181.04					346.86	57.81	21																													
1	M( MEDIUM)	3.16	11.12					14.28	2.38	13																													
2	H( HIGH)	39.79						39.79	6.63	4																													
18	H( HIGH)	6.00	5.80					11.80	1.97	20																													
<b>N°</b>	<b>m</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>						<b>TOTAL</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>																													
1	6.97	35	21	20	13	4																																	
2		35	21	20	13	3.88		92.88	5	49																													
3		35	21	20	13	2		91	4	52																													
4		35	21	20	2	2		80	3	51																													
5		35	21	2	2	2		62	2	46																													
6		35	2	2	2	2		43	1	43																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>						Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Malo	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente	<table border="1"> <tr> <td><b>Max CDV</b></td> <td>52</td> </tr> <tr> <td><b>PCI</b></td> <td>48</td> </tr> <tr> <td><b>Estado</b></td> <td><b>Regular</b></td> </tr> </table>		<b>Max CDV</b>	52	<b>PCI</b>	48	<b>Estado</b>	<b>Regular</b>
Rango PCI %	Color	Estado																																					
0-10		Falla																																					
11-25		Muy Malo																																					
26-40		Malo																																					
41-55		Regular																																					
56-70		Bueno																																					
71-85		Muy Bueno																																					
86-100		Excelente																																					
<b>Max CDV</b>	52																																						
<b>PCI</b>	48																																						
<b>Estado</b>	<b>Regular</b>																																						

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 86 Procesamiento de datos de la muestra N°2 del PCI



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																			
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"				METODO PCI																																	
				ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						EJECUTORES		LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																									
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA		2																													
PROGRESIVA		0+800-0+900				AREA		600 m <sup>2</sup>																													
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Pel de cocodrilo      6. Depresión      11. Parches y parches de cortes militares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agrietado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloques      8. Fisura de reflexión de junta      13. Baches      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abatamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-corona      14. Abollamiento 5. Congestión      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																			
FALLA		SEVERIDAD		CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																											
1	M (MEDIUM)	10.90					10.90	1.82	28																												
14	M (MEDIUM)	13.72	15.69	9.42			38.83	6.47	39																												
7	L (LOW)	42.97					42.97	7.16	5																												
10	L (LOW)	6.95	1.46	0.72			9.13	1.52	3																												
N°	m	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV																													
1	6.6	39	28	5	3																																
2		39	28	5	1.8		73.80	4	42																												
3		39	28	5	1.8		74	3	48																												
4		39	28	2	1.8		71	2	52																												
5		39	2	2	1.8		45	1	45																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Mal</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>				Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Mal	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Regular</td> </tr> </table>		Max CDV	52	PCI	48	Estado	Regular
Rango PCI %	Color	Estado																																			
0-10		Falla																																			
11-25		Muy Malo																																			
26-40		Mal																																			
41-55		Regular																																			
56-70		Bueno																																			
71-85		Muy Bueno																																			
86-100		Excelente																																			
Max CDV	52																																				
PCI	48																																				
Estado	Regular																																				

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433







Tabla 87 Procesamiento de datos de la muestra N°3 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																						
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																						
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"		METODO PCI																																						
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																																						
		EJECUTORES			LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																																			
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACHA - HUAROCONDO							UNIDAD DE MUESTRA		3																													
PROGRESIVA		1+600-1+700							AREA		600 m <sup>2</sup>																													
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloques 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrosión 6. Depresión 7. Fisura de borde 8. Fisura de reflexión de junta 9. Desnivel cantil-borde 10. Fisuras longitudinales y transversales 11. Parches y parches de cortes vitarios 12. Agregado pulido 13. Baches 14. Abultamiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica o por deslizamiento 17. Hinchamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																																						
ALTO H (HIGH)																																								
MEDIO M (MEDIUM)																																								
BAJO L (LOW)																																								
FALLA SEVERIDAD		CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																													
13	M (MEDIUM)	0.43	0.16	0.26	0.10	0.48	0.36		1.79	0.30	14																													
11	L (LOW)	0.56	2.82	0.98	0.98	0.82	1.64	2.63	12.98	2.16	15																													
11	L (LOW)	0.62	0.75	1.18																																				
1	L (LOW)	3.21	3.70	1.45	4.78	3.26	13.67	12.28	57.36	9.56	32																													
1	M (MEDIUM)	4.67	10.34																																					
18	M (MEDIUM)	0.40	2.61						3.01	0.50	12																													
14	L (LOW)	29.90							29.90	4.98	21																													
N°	m	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	CDV																													
1	7.24	32	21	15	14	12																																		
2		32	21	15	14	2.88			84.88	5	44																													
3		32	21	15	14	2			84	4	48																													
4		32	21	15	2	2			72	3	46																													
5		32	21	2	2	2			59	2	44																													
6		32	2	2	2	2			40	1	40																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td>Grigio</td> <td>Falta</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td>Rojo</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td>Naranja</td> <td>Mal</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td>Amarillo</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td>Verde claro</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td>Verde</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td>Verde oscuro</td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>							Rango PCI %	Color	Estado	0-10	Grigio	Falta	11-25	Rojo	Muy Malo	26-40	Naranja	Mal	41-55	Amarillo	Regular	56-70	Verde claro	Bueno	71-85	Verde	Muy Bueno	86-100	Verde oscuro	Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Regular</td> </tr> </table>		Max CDV	48	PCI	52	Estado	Regular
Rango PCI %	Color	Estado																																						
0-10	Grigio	Falta																																						
11-25	Rojo	Muy Malo																																						
26-40	Naranja	Mal																																						
41-55	Amarillo	Regular																																						
56-70	Verde claro	Bueno																																						
71-85	Verde	Muy Bueno																																						
86-100	Verde oscuro	Excelente																																						
Max CDV	48																																							
PCI	52																																							
Estado	Regular																																							

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433





Tabla 88 Procesamiento de datos de la muestra N°4 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																			
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCACHACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"		<b>METODO PCI</b> <b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b> <b>EJECUTORES</b> LUIS BRAYAN LANADO HUACAC						UNIDAD DE MUESTRA																													
								AREA																													
NOMBRE DE LA VIA		IZCACHACA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA		4																													
PROGRESIVA		2+400-2+500				AREA		600	m2																												
SEVERIDAD DE FALLAS		<table border="0"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Puentes y puentes de corteo militares</td> <td>16. Fisura parabólica o por deslizamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de borde</td> <td>12. Agregado pulido</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en bloque</td> <td>8. Fisura de reflexión de junta</td> <td>13. Bochas</td> <td>18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel cantil-borde</td> <td>14. Abultamiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Congestión</td> <td>10. Fisuras longitudinales y transversales</td> <td>15. Desplazamiento</td> <td></td> </tr> </table>								1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Puentes y puentes de corteo militares	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Bochas	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel cantil-borde	14. Abultamiento		5. Congestión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento									
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Puentes y puentes de corteo militares	16. Fisura parabólica o por deslizamiento																																		
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento																																		
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Bochas	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																																		
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel cantil-borde	14. Abultamiento																																			
5. Congestión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento																																			
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																											
MEDIO	M (MEDIUM)	13.14					13.14	2.19	21																												
BAJO	L (LOW)	1.84	1.11	2.46	6.80		12.21	2.04	5																												
FALLA	SEVERIDAD	75.52					75.52	12.59	10																												
		140.63	41.10				181.73	30.29	61																												
		58.50	13.62	9.05			81.17	13.53	35																												
N°	m	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV																											
1	4.58	61	35	21	10	5																															
2		61	35	21	10	2.90		129.90	5	68																											
3		61	35	21	10	2		129	4	74																											
4		61	35	21	2	2		121	3	74																											
5		61	35	2	2	2		102	2	72																											
6		61	2	2	2	2		69	1	69																											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>				Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Malo	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td><b>Malo</b></td> </tr> </table>		Max CDV	74	PCI	26	Estado	<b>Malo</b>
Rango PCI %	Color	Estado																																			
0-10		Falla																																			
11-25		Muy Malo																																			
26-40		Malo																																			
41-55		Regular																																			
56-70		Bueno																																			
71-85		Muy Bueno																																			
86-100		Excelente																																			
Max CDV	74																																				
PCI	26																																				
Estado	<b>Malo</b>																																				

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433





Tabla 89 Procesamiento de datos de la muestra N°5 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																		
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"						METODO PCI INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE EJECUTORES LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																														
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACHA - HUAROCONDO				UNIDAD DE MUESTRA			5																											
PROGRESIVA		3+000-3+100				AREA			600 m2																											
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo      6. Depresión      11. Puentes y puentes de cortes militares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agregado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque      8. Fisura de reflexión de junta      13. Baches      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-borde      14. Abollamiento 5. Congestión      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																		
ALTO	H (HIGH)																																			
MEDIO	M (MEDIUM)																																			
BAJO	L (LOW)																																			
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																									
3	M (MEDIUM)	333.11							333.11	55.52	35																									
18	M (MEDIUM)	0.83	3.37	0.70	0.33	0.21			5.44	0.91	9																									
10	M (MEDIUM)	9.79	1.70	1.20	5.33	7.57	0.80	9.88	77.86	12.98	9																									
10	M (MEDIUM)	1.27	5.80	1.67	29.53	1.05	1.10	1.17																												
N°	m	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	CDV																									
1	6.97	35	9	9																																
2		35	9	8.73					52.73	3	34																									
3		35	9	2					46	2	34																									
4		35	2	2					39	1	39																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td>Grigio</td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td>Rojo</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td>Naranja</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td>Amarillo</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td>Verde claro</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td>Verde</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td>Verde oscuro</td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>			Rango PCI %	Color	Estado	0-10	Grigio	Falla	11-25	Rojo	Muy Malo	26-40	Naranja	Malo	41-55	Amarillo	Regular	56-70	Verde claro	Bueno	71-85	Verde	Muy Bueno	86-100	Verde oscuro	Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Bueno</td> </tr> </table>		Max CDV	39	PCI	61	Estado	Bueno
Rango PCI %	Color	Estado																																		
0-10	Grigio	Falla																																		
11-25	Rojo	Muy Malo																																		
26-40	Naranja	Malo																																		
41-55	Amarillo	Regular																																		
56-70	Verde claro	Bueno																																		
71-85	Verde	Muy Bueno																																		
86-100	Verde oscuro	Excelente																																		
Max CDV	39																																			
PCI	61																																			
Estado	Bueno																																			

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 90 Procesamiento de datos de la muestra N°6 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																		
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"		METODO PCI INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE EJECUTORES LUIS BRAYAN LANADO HUACAC								UNIDAD DE MUESTRA																										
										NOMBRE DE LA VIA IZCUCACHA - HUAROCONDO								6																		
PROGRESIVA		3+800-3+900								AREA			600	m2																						
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo      6. Depresión      11. Pochos y pochos de cortes militares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agrogado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque      8. Fisura de reflexión de junta      13. Baches      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-bornea      14. Abuellamiento 5. Congestión      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																		
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																								
MEDIO	M (MEDIUM)	18	1	1	3	1	1	1	155.31	25.89	58																									
BAJO	L (LOW)	4.16	22.91	3.50	0.73	1.57	2.75	44.14	112.50	18.75	55																									
FALLA	SEVERIDAD	1	M (MEDIUM)	2.57	1.57	7.23	3.33	14.75	3.29																											
		3	L (LOW)	3.48	12.73	41.66	71.59	44.95		174.41	29.07	16																								
N°	m	VALOR DEDUCIDO								TOTAL	q	CDV																								
1	4.86	58	55	16																																
2		58	55	13.76					126.76	3	78																									
3		58	55	2					115	2	80																									
4		58	2	2					62	1	62																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td>Grigio</td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td>Rojo</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td>Naranja</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td>Amarillo</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td>Verde claro</td> <td>Buena</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td>Verde</td> <td>Muy Buena</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td>Verde oscuro</td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>			Rango PCI %	Color	Estado	0-10	Grigio	Falla	11-25	Rojo	Muy Malo	26-40	Naranja	Malo	41-55	Amarillo	Regular	56-70	Verde claro	Buena	71-85	Verde	Muy Buena	86-100	Verde oscuro	Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Muy malo</td> </tr> </table>		Max CDV	80	PCI	20	Estado	Muy malo
Rango PCI %	Color	Estado																																		
0-10	Grigio	Falla																																		
11-25	Rojo	Muy Malo																																		
26-40	Naranja	Malo																																		
41-55	Amarillo	Regular																																		
56-70	Verde claro	Buena																																		
71-85	Verde	Muy Buena																																		
86-100	Verde oscuro	Excelente																																		
Max CDV	80																																			
PCI	20																																			
Estado	Muy malo																																			

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433







Tabla 92 Procesamiento de datos de la muestra N°8 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																				
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																				
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"						METODO PCI																																
						ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																																
						EJECUTORES			LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																													
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACHA - HUAROCONDO						UNIDAD DE MUESTRA			8																											
PROGRESIVA		5+100-5+200						AREA			600 m <sup>2</sup>																											
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo 2. Estriación 3. Fisuras en bloques 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Fisura de borde 8. Fisura de reflexión de junta 9. Desnivel caril-borra 10. Fisuras longitudinales y transversales 11. Puentes y puentes de cortes aliterias 12. Agregado pulido 13. Baches 14. Anillamiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica o por deslizamiento 17. Hinchamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																																				
ALTO	H (HIGH)									TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																										
MEDIO	M (MEDIUM)	10.95	30.34	5.22	3.26	1.55	1.20	18.03	70.55	11.76	43																											
BAJO	L (LOW)	83.44							83.44	13.91	10																											
FALLA	SEVERIDAD	11.13	7.57	67.64	36.29	117.28			239.91	39.99	65																											
N°	m	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV																												
1	5.59	65	43	10																																		
2		65	43	1.18				109.18	3	68																												
3		65	43	1.18				109	2	76																												
4		65	2	1.18				68	1	68																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td>Grigio</td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td>Rojo</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td>Naranja</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td>Amarillo</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td>Verde claro</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td>Verde</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td>Verde oscuro</td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>					Rango PCI %	Color	Estado	0-10	Grigio	Falla	11-25	Rojo	Muy Malo	26-40	Naranja	Malo	41-55	Amarillo	Regular	56-70	Verde claro	Bueno	71-85	Verde	Muy Bueno	86-100	Verde oscuro	Excelente	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Max CDV</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Muy malo</td> </tr> </tbody> </table>		Max CDV	76	PCI	24	Estado	Muy malo
Rango PCI %	Color	Estado																																				
0-10	Grigio	Falla																																				
11-25	Rojo	Muy Malo																																				
26-40	Naranja	Malo																																				
41-55	Amarillo	Regular																																				
56-70	Verde claro	Bueno																																				
71-85	Verde	Muy Bueno																																				
86-100	Verde oscuro	Excelente																																				
Max CDV	76																																					
PCI	24																																					
Estado	Muy malo																																					

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433





Tabla 93 Procesamiento de datos de la muestra N°9 del PCI

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																															
																																					
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"				METODO PCI																																	
				INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																																	
				EJECUTORES LUIS BRAYAN LANADO HUACAC																																	
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACHA - HUAROCONDO		UNIDAD DE MUESTRA		9																															
PROGRESIVA		6+000-6+100		AREA		600 m2																															
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Pel de cocodrilo      6. Depresión      11. Paredes y bordes de cortes auxiliares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de fondo      12. Agrietado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque      8. Fisura de reflexión de junta      13. Baches      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-borde      14. Anillamiento      15. Desplazamiento 5. Corrugación      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																			
ALTO	H (HIGH)																																				
MEDIO	M (MEDIUM)																																				
BAJO	L (LOW)																																				
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																													
18	H (HIGH)	15.34	0.90			16.24	2.71	23																													
2	M (MEDIUM)	17.41				17.41	2.90	6																													
1	M (MEDIUM)	28.22	11.27			39.49	6.58	42																													
3	L (LOW)	144.74				144.74	24.12	15																													
N°	m	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV																													
1	6.33	42	23	15	6																																
2		42	23	15	1.98	81.98	4	47																													
3		42	23	15	1.98	82	3	52																													
4		42	23	2	1.98	69	2	52																													
5		42	2	2	1.98	48	1	48																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td>Grigio</td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td>Naranja</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td>Rojo</td> <td>Malos</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td>Amarillo</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td>Verde claro</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td>Verde</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td>Verde oscuro</td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>				Rango PCI %	Color	Estado	0-10	Grigio	Falla	11-25	Naranja	Muy Malo	26-40	Rojo	Malos	41-55	Amarillo	Regular	56-70	Verde claro	Bueno	71-85	Verde	Muy Bueno	86-100	Verde oscuro	Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Regular</td> </tr> </table>		Max CDV	52	PCI	48	Estado	Regular
Rango PCI %	Color	Estado																																			
0-10	Grigio	Falla																																			
11-25	Naranja	Muy Malo																																			
26-40	Rojo	Malos																																			
41-55	Amarillo	Regular																																			
56-70	Verde claro	Bueno																																			
71-85	Verde	Muy Bueno																																			
86-100	Verde oscuro	Excelente																																			
Max CDV	52																																				
PCI	48																																				
Estado	Regular																																				

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 94 Procesamiento de datos de la muestra N°10 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																			
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACHA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y DRON"		METODO PCI INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE EJECUTORES LUIS BRAYAN LANADO HUACAC						10																													
								UNIDAD DE MUESTRA		600		m2																									
NOMBRE DE LA VIA		IZCUCACHA - HUAROCONDO				AREA		600 m2																													
PROGRESIVA		6+600-6+700				AREA		600 m2																													
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Piel de cocodrilo      6. Depresión      11. Puentes y puentes de cortes militares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agrogado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloque      8. Fisura de reflexión de junta      13. Bloques      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-borde      14. Abollamiento 5. Congestión      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																			
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																											
MEDIO	M (MEDIUM)	0.97	0.23	1.00	5.85		2.20	0.37	18																												
BAJO	L (LOW)	21.15	3.59	6.47	7.25	2.14	37.06	6.18	41																												
FALLA	SEVERIDAD	7.25	2.14		9.39	1.57	9.39	1.57	7																												
		71.05	190.70	38.91	23.29	45.29	369.24	61.54	22																												
N°	m	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV																											
1	6.42	41	22	18	7																																
2		41	22	18	2.9		83.94	4	48																												
3		41	22	18	2		83	3	53																												
4		41	22	2	2		67	2	49																												
5		41	2	2	2		47	1	47																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Malos</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>				Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Malos	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Regular</td> </tr> </table>		Max CDV	53	PCI	47	Estado	Regular
Rango PCI %	Color	Estado																																			
0-10		Falla																																			
11-25		Muy Malo																																			
26-40		Malos																																			
41-55		Regular																																			
56-70		Bueno																																			
71-85		Muy Bueno																																			
86-100		Excelente																																			
Max CDV	53																																				
PCI	47																																				
Estado	Regular																																				

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433







Tabla 95 Procesamiento de datos de la muestra N°11 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																	
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																	
		HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																	
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"				METODO PCI																															
				ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																															
NOMBRE DE LA VIA				IZCUCACA - HUAROCONDO		UNIDAD DE MUESTRA		11																											
PROGRESIVA				7+300-7+400		AREA		600 m2																											
SEVERIDAD DE FALLAS		1. Pel de cocodrilo      6. Depresión      11. Parches y parches de cortes militares      16. Fisura parabólica o por deslizamiento 2. Exudación      7. Fisura de borde      12. Agregado pulido      17. Hinchamiento 3. Fisuras en bloques      8. Fisura de reflexión de junta      13. Baches      18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 4. Abultamientos y hundimientos      9. Desnivel cantil-corona      14. Abollamiento 5. Congestión      10. Fisuras longitudinales y transversales      15. Desplazamiento																																	
ALTO	H (HIGH)	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																									
MEDIO	M (MEDIUM)	3	M (MEDIUM)	363.74	39.63			403.37	67.23	39																									
BAJO	L (LOW)	2	M (MEDIUM)	26.53	6.67			33.20	5.53	10																									
FALLA	SEVERIDAD	14	M (MEDIUM)	3.45	3.33	6.73		13.51	2.25	26																									
N°	m	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV																									
1	6.6	39	26	10																															
2		39	26	6.00			71.00	3	45																										
3		39	26	2			67	2	50																										
4		39	2	2			43	1	43																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>		Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Malo	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente	<table border="1"> <tr> <td>Max CDV</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Regular</td> </tr> </table>		Max CDV	50	PCI	50	Estado	Regular
Rango PCI %	Color	Estado																																	
0-10		Falla																																	
11-25		Muy Malo																																	
26-40		Malo																																	
41-55		Regular																																	
56-70		Bueno																																	
71-85		Muy Bueno																																	
86-100		Excelente																																	
Max CDV	50																																		
PCI	50																																		
Estado	Regular																																		

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433



Tabla 96 Procesamiento de datos de la muestra N°12 del PCI

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE MUESTRA																																			
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RUTA CU-100 TRAMO IZCUCACA-HUAROCONDO, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLÍN Y DRON"		METODO PCI INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE EJECUTORES LUIS BRAYAN LANADO HUACAC						UNIDAD DE MUESTRA AREA 600 m2																													
NOMBRE DE LA VIA PROGRESIVA		IZCUCACA - HUAROCONDO 7+800-7+900				UNIDAD DE MUESTRA AREA		12 600 m2																													
SEVERIDAD DE FALLAS ALTO H (HIGH) MEDIO M (MEDIUM) BAJO L (LOW)		1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloques 4. Abatamientos y hundimientos 5. Congestión 6. Depresión 7. Fisura de borde 8. Fisura de reflexión de junta 9. Desnivel cantil-borde 10. Fisuras longitudinales y transversales 11. Puentes y puentes de corteo estables 12. Agregado pulido 13. Bochas 14. Abollamiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica o por deslizamiento 17. Intechamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados																																			
FALLA SEVERIDAD		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																											
3	M (MEDIUM)	51.49	27.26	34.00	49.85		162.60	27.10	26																												
1	M (MEDIUM)	3.48					3.48	0.58	18																												
13	M (MEDIUM)	1.00	1.00				2.00	0.33	15																												
N°	m	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV																											
1	7.8	26	18	15																																	
2		26	18	12.00			56.00	3	36																												
3		26	18	2			46	2	35																												
4		26	2	2			30	1	30																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>				Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Malo	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Max CDV</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td><b>Bueno</b></td> </tr> </tbody> </table>		Max CDV	36	PCI	64	Estado	<b>Bueno</b>
Rango PCI %	Color	Estado																																			
0-10		Falla																																			
11-25		Muy Malo																																			
26-40		Malo																																			
41-55		Regular																																			
56-70		Bueno																																			
71-85		Muy Bueno																																			
86-100		Excelente																																			
Max CDV	36																																				
PCI	64																																				
Estado	<b>Bueno</b>																																				

Fuente: Elaboración propia, Norma ASTM D6433

## CAPITULO 4 RESULTADOS

### 4.1. Resultados de la determinación del Índice De rugosidad Internacional e Índice de Serviciabilidad del pavimento

#### 4.1.1. Resumen de resultados Carril Derecho

Tabla 97 Resumen de resultados carril derecho

TRAMO IZCUCHACA-HUAROCONDO						
N°	Progresiva		Carril	IRI (m/km)	PSI	Calificación del PSI
	Desde	Hasta				
1	0+000	0+500	Derecho	2.59	3.12	buena
2	01+000	01+500	Derecho	3.67	2.56	regular
3	02+000	02+500	Derecho	5.17	1.95	mala
4	03+000	03+500	Derecho	5.58	1.81	mala
5	04+000	04+500	Derecho	6.17	1.63	mala
6	05+000	05+500	Derecho	6.12	1.64	mala
7	06+000	06+500	Derecho	5.33	1.90	mala
8	07+000	07+500	Derecho	4.27	2.30	regular
9	08+000	08+500	Derecho	4.95	2.03	regular
Promedio				4.87	2.11	regular

Fuente: Elaboración propia.

### INDICE DE RUGOSIDAD-CARRIL DERECHO

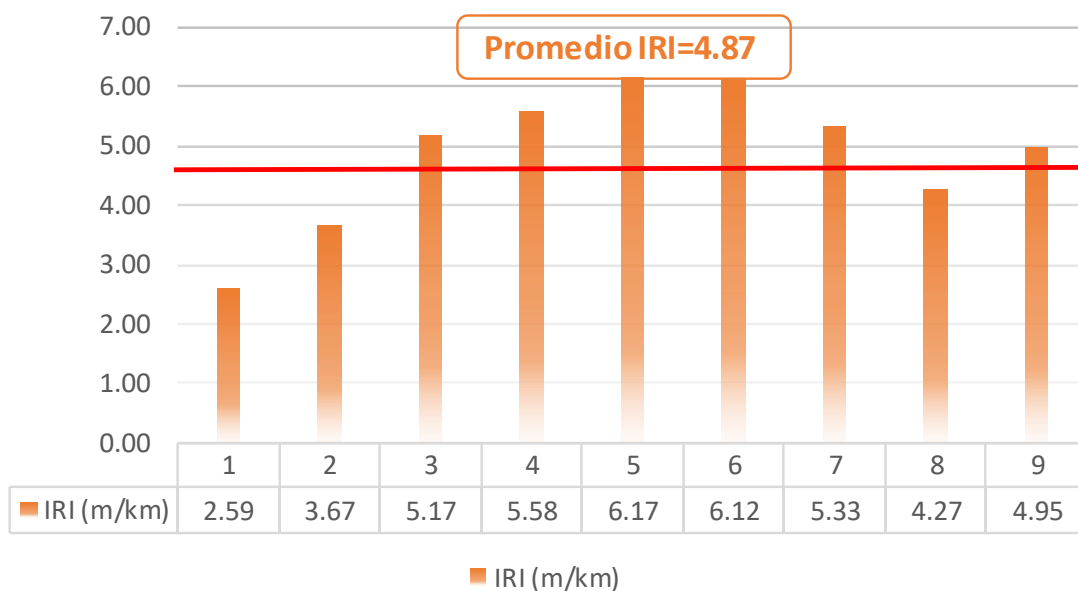


Figura 46 Variación del índice de rugosidad carril derecho

Fuente: Elaboración propia.

Para el carril derecho, como se muestra en la figura 46, se obtuvo un IRI de 4.87 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “Malo” según la siguiente tabla.

Tabla 98 clasificación IRI carril derecho

PAVIMENTADAS	
ESTADO	RUGOSIDAD
BUENO	$0 < IRI \leq 2.8$
REGULAR	$2.8 < IRI \leq 4.0$
MALO	$4.0 < IRI \leq 5.0$
MUY MALO	$5 < IRI$

Fuente: (MTC, 2013)

### INDICE DE SERVICIABILIDAD-CARRIL DERECHO

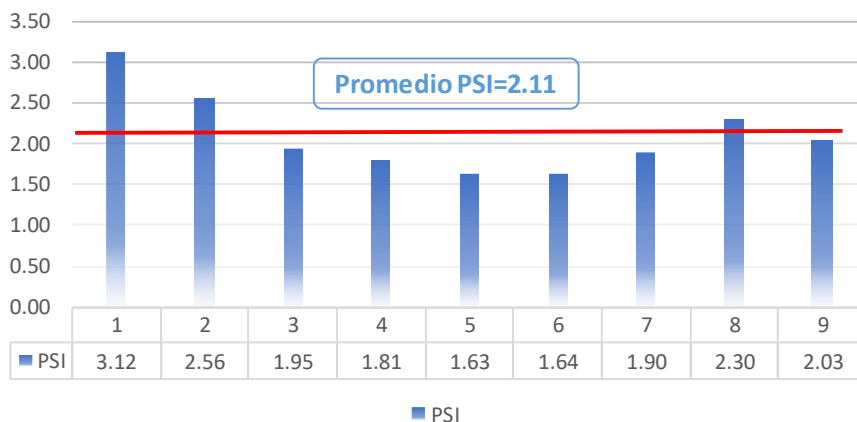


Figura 47 Variación del índice de serviciabilidad carril derecho

Fuente: Elaboración propia.

Para el carril derecho, como se muestra en la figura 47, se obtuvo un PSI de 2.11 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “REGULAR” según la siguiente tabla.

Tabla 99 clasificación PSI carril derecho

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy mala

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



#### 4.1.2. Resumen de resultados Carril Izquierdo

Tabla 100 Resumen de resultados carril derecho

TRAMO HUAROCONDO-IZCUCHACA						
N°	Progresiva		Carril	IRI (m/km)	PSI	Calificación del PSI
	Desde	Hasta				
1	0+000	0+500	Izquierdo	5.22	1.94	mala
2	01+000	01+500	Izquierdo	4.57	2.18	regular
3	02+000	02+500	Izquierdo	5.01	2.01	regular
4	03+000	03+500	Izquierdo	3.67	2.57	regular
5	04+000	04+500	Izquierdo	3.59	2.60	regular
6	05+000	05+500	Izquierdo	4.70	2.13	regular
7	06+000	06+500	Izquierdo	3.58	2.61	regular
8	07+000	07+500	Izquierdo	3.72	2.54	regular
9	08+000	08+500	Izquierdo	3.16	2.82	regular
Promedio				4.14	2.38	regular

Fuente: Elaboración propia.

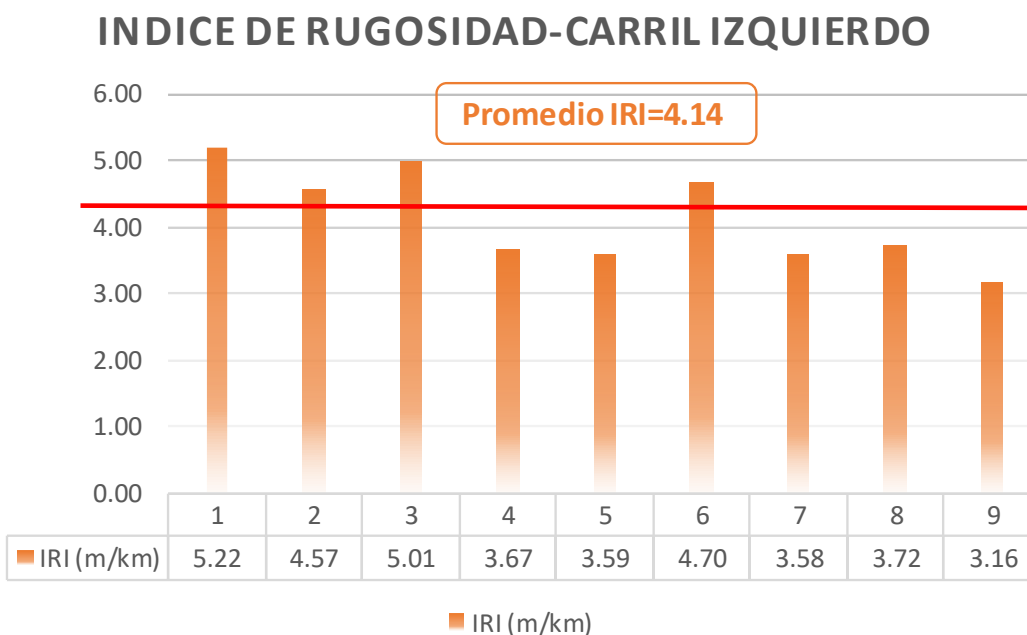


Figura 48 Variación del índice de rugosidad carril izquierdo

Fuente: Elaboración propia.

Para el carril izquierdo, como se muestra en la figura 41, se obtuvo un IRI de 4.14 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “Malo” según la siguiente tabla.

Tabla 101 clasificación IRI carril izquierdo

PAVIMENTADAS	
ESTADO	RUGOSIDAD
BUENO	$0 < IRI \leq 2.8$
REGULAR	$2.8 < IRI \leq 4.0$
MALO	$4.0 < IRI \leq 5.0$
MUY MALO	$5 < IRI$

Fuente: (MTC, 2013)

INDICE DE SERVICIABILIDAD-CARRIL  
IZQUIERDO

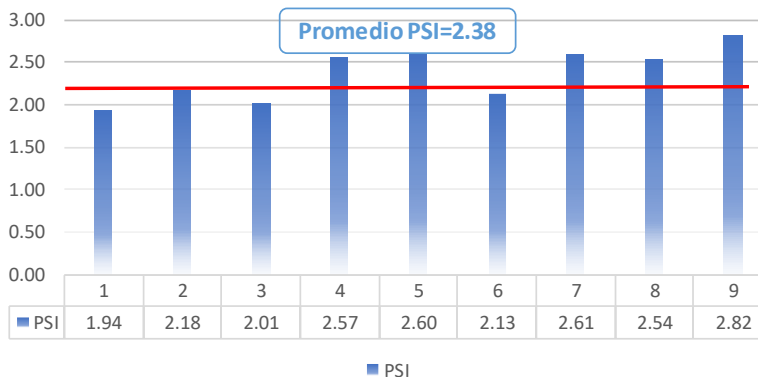


Figura 49 Variación del índice de serviciabilidad carril izquierdo

Fuente: Elaboración propia.

Para el carril derecho, como se muestra en la figura 49, se obtuvo un PSI de 2.38 m/km que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “REGULAR” según la siguiente tabla.

Tabla 102 clasificación PSI carril izquierdo

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy mala

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



## 4.2. Resultados de la determinación del Índice De Condición del pavimento

### 4.2.1. Resumen de resultados de la determinación del Índice De Condición del pavimento

Tabla 103 Resumen de resultados de la determinación del PCI

Und. de muestra	Tramo	Área (m2)	PCI	Descripción	Rango																								
1	0+000-0+100	600	48	regular	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango PCI %</th> <th>Color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td></td> <td>Falla</td> </tr> <tr> <td>11-25</td> <td></td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>26-40</td> <td></td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>41-55</td> <td></td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>56-70</td> <td></td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>71-85</td> <td></td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>86-100</td> <td></td> <td>Excelente</td> </tr> </tbody> </table>	Rango PCI %	Color	Estado	0-10		Falla	11-25		Muy Malo	26-40		Malo	41-55		Regular	56-70		Bueno	71-85		Muy Bueno	86-100		Excelente
Rango PCI %	Color	Estado																											
0-10		Falla																											
11-25		Muy Malo																											
26-40		Malo																											
41-55		Regular																											
56-70		Bueno																											
71-85		Muy Bueno																											
86-100		Excelente																											
2	0+800-0+900	600	48	regular																									
3	1+600-1+700	600	52	regular																									
4	2+400-2+500	600	26	malo																									
5	3+000-3+100	600	61	bueno																									
6	3+800-3+900	600	20	muy malo																									
7	4+600-4+700	600	47	regular																									
8	5+100-5+200	600	24	muy malo																									
9	6+000-6+100	600	48	regular																									
10	6+600-6+700	600	47	regular																									
11	7+300-7+400	600	50	regular																									
12	7+800-7+900	600	64	bueno																									
<b>Promedio de PCI</b>			<b>45</b>		<b>REGULAR</b>																								

Fuente: Elaboración propia.

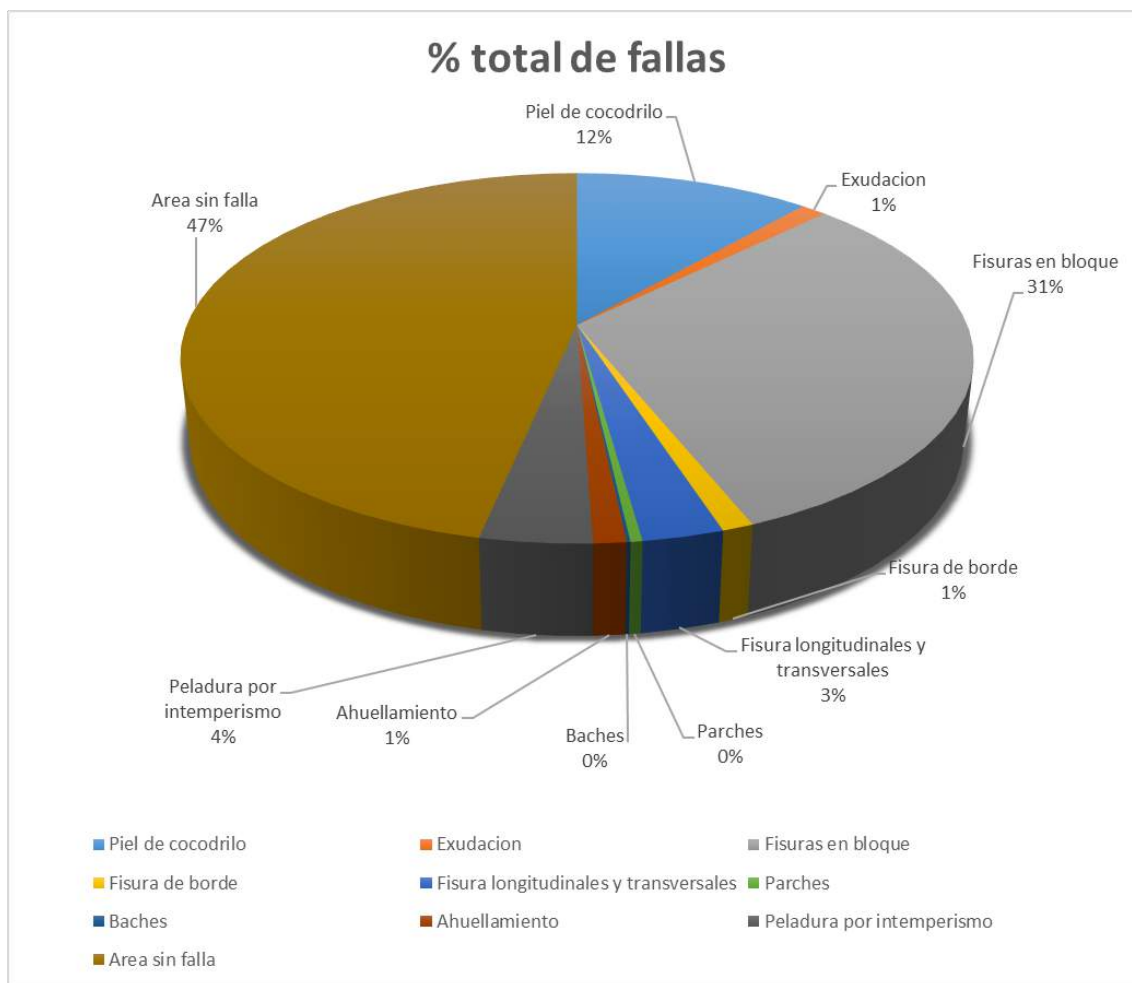
Para la vía Izcuchaca-Huarocondo, como se muestra en la tabla 103, se obtuvo un PCI promedio de 45 que representa que el Pavimento está en un Rango de Calificación “REGULAR”

### 4.2.2. Resumen de resultados de la determinación de fallas de pavimento

Tabla 104 Resumen total de fallas en la vía Izcuchaca-Huarocondo

Area total de las muestras	7200		100%
FALLAS	und	cantidad	%
Piel de cocodrilo	m2	821.994	11.42
Exudacion	m2	90.4	1.26
Fisuras en bloque	m2	2247.4	31.21
Fisura de borde	ml	78.6	1.09
Fisura longitudinales y transversales	ml	202.83	2.82
Parches	m2	29.33	0.41
Baches	m2	8.74	0.12
Ahuellamiento	m2	82.24	1.14
Peladura por intemperismo	m2	277.49	3.85
Area sin falla	m2	3360.98	46.68
<b>Total de fallas</b>		<b>7200.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 50 porcentaje total de fallas*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 50 se aprecia las fallas encontradas y evaluadas en la vía Izcuchaca-Huarocondo que fueron:

- ◆ Piel de cocodrilo 11%, siendo este el segundo más influyente
- ◆ Exudación 1%
- ◆ Fisuras en bloque 31%, siendo este la falla más influyente
- ◆ Fisura de borde 1%
- ◆ Fisura longitudinales y transversales 3%
- ◆ Parches 0.4%
- ◆ Baches 0.1%
- ◆ Ahuellamiento 1%
- ◆ Peladura por intemperismo 4%





## CAPITULO 5 DISCUSIÓN

### **Discusión N° 1: ¿Cómo se presenta el PSI en el tramo de estudio?**

El Índice de Serviciabilidad (PSI) se define como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable, este varía entre 0 a 5 correspondiendo la condición optima, en el tramo Izcuchaca Huarcocondo se obtuvo según la tabla 99 y 102 un PSI promedio 2.11 para el carril derecho y 2.38 para el carril izquierdo, ambos con una calificación de REGULAR.

### **Discusión N° 2: ¿Qué relación existe entre los valores del IRI y del PSI?**

Existe una relación inversamente proporcional, ya que a medida que la rugosidad aumenta, la serviciabilidad disminuye; y si la rugosidad disminuye, la serviciabilidad aumenta.

En el carril derecho el IRI es malo, con un valor de 4.87 m/km, por lo que el PSI disminuyó en esa zona con un valor de 2.11, y en el carril izquierdo el IRI es malo, con un valor de 4.14 m/km, por lo que el PSI aumenta a un valor de 2.38.

A pesar de que los valores del IRI son diferentes en cada carril, el pavimento se encuentra en un rango de calificación MALO para ambos, en cambio el PSI en ambos carriles, el pavimento se encuentra en el rango de calificación REGULAR.

### **Discusión N° 4: ¿Qué resultado de índice de condición del pavimento nos da en el tramo de estudio?**

De acuerdo a los resultados, se observa en la tabla 103 que el valor del PCI es de 45 dando una calificación de regular, la falla más influyente fue FISURAS EN BLOQUE.

### **Discusión N°5 ¿El levantamiento de datos con DRONE qué ventajas tiene con respecto al método convencional?**

El levantamiento de datos para el PCI con el DRONE tiene ventajas con respecto al rendimiento, ya que el levantamiento de los 8+250 km se realizó en medio día, también no fue necesario cerrar parcial o totalmente la vía para ejecutar el vuelo, si bien es posible la aparición de vehículos en las imágenes obtenidas, éstos pueden ser modificados en la ortofoto, a fin de obtener una vía completamente despejada para la identificación de las fallas. Esto permite una evaluación de toda la vía, sin generar tráfico en la vía y sin poner en riesgo la vida de los inspectores.



**Discusión N°6 ¿Los resultados del PCI obtenidos con el drone son cercanos al método convencional?**

Los resultados obtenidos en esta investigación son muy cercanos con respecto al otro método, por lo tanto, se valida el uso del drone para la determinación del PCI.

**Discusión N°6 ¿Es posible determinar el IRI con el vehículo aéreo no tripulado?**

Si es posible, primero se marca puntos a lo largo de la huella, que dejan los vehículos en ambos sentidos, para poder trazar el perfil longitudinal en gabinete, posteriormente se realiza el vuelo aéreo no tripulado para poder obtener: la orto fotografía de alta calidad, nube de puntos densa, modelo digital del terreno, perfil del terreno. Una vez teniendo todos estos datos se procede a hallar el IRI con la variación de elevaciones del perfil longitudinal.



## GLOSARIO

### **EQUIPO DE MERLIN**

El equipo Merlín es un equipo sencillo y de bajo costo, cuyo nombre corresponde a la sigla de “Machine for Evaluation Roughness usin Low-cost Intrumentation”. El cual evalúa la rugosidad del pavimento a partir de la medición de las deformaciones longitudinales de la carpeta de rodado. (DICTUC, 2009)

### **ORTOFOTOS**

Es un producto cartográfico georreferenciado y corregido de éstas deformaciones que afectan a las fotografías, en la que se pasa de la representación en perspectiva cónica del territorio a una perspectiva ortogonal, corrigiendo las deformaciones por los aspectos mencionados.

### **DRONE**

Un vehículo aéreo no tripulado (VANT), UAV (del inglés unmanned aerial vehicle), más apropiadamente RPAS (del inglés Remotely Piloted Aircraft System), comúnmente conocido como dron

### **INSPECCION DE FALLAS:**

Procedimiento que consiste en la observación de fallas en el pavimento de un determinado lugar

### **IRI:**

El Índice de Regularidad Internacional es un indicador de la regularidad superficial de un pavimento, y se lo define como la sumatoria de los desvíos acumulados de la superficie en relación al plano deseable. (Grau Sacoto, 2014)

### **MUESTRA AL AZAR:**

Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio. (Daniela, 2014)

### **PAVIMENTO:**

Un pavimento es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Ramos Marquez, Determinación y evaluación de las patologías del concreto en las



plataformas deportivas de las instituciones educativas estatales del distrito de tumbes provincia de tumbes y departamento de tumbes, 2011)

**PAVIMENTO FLEXIBLE:**

Es el pavimento que tienen en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base (Armijos Salinas, 2009).

**PCI:**

Denominado Índice de Condición del Pavimento, índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. (Ing. Esp. Vasquez Varela, 2002)

**PSI:**

Denominado Índice de Serviciabilidad del Pavimento, es un índice numérico fue creado en 1957 para poder evaluar las vías y como estaba su deterior, varía de cero (0), para un pavimento muy malo o en mal estado, hasta cinco (5) para un pavimento en muy buen estado.

**RUGOSIDAD:**

La rugosidad se define como la irregularidad en la superficie del pavimento que afecta en la superficie del pavimento, que afecta adversamente a la calidad del rodado, seguridad y operación del vehículo. (DICTUC, 2009)

**SERVICIABILIDAD:**

La serviciabilidad de pavimentos representa el nivel de servicio que ofrece las calles y caminos a los usuarios que transitan en vehículos, y que es parte del método AASHTO de diseño de estructuras de pavimentos. (DICTUC, 2009)

**UNIDAD DE MUESTRA DEL PAVIMENTO:**

Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m<sup>2</sup>. (Daniela, 2014)

**VALORES DEDUCIDOS:**

Son valores numéricos que se asigna a cada falla del pavimento de acuerdo a su severidad.



## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN GENERAL:

Se demuestra la hipótesis general de la investigación **“El estado del pavimento flexible de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo, respecto a su índice de serviciabilidad e índice de condición actual, indicará que la calidad del pavimento será la adecuada para su transitabilidad”**

Según nuestros resultados obtuvimos el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) demuestran que el pavimento está dentro un rango de calificación Regular y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de que el pavimento está dentro de un rango de calificación regular; esto significa que el pavimento de la ruta Cu- 110 tramo Izcuchaca- Huarocondo no es adecuado para su transitabilidad y necesita la intervención de rehabilitación.

### CONCLUSIÓN N° 01

Se demuestra la Sub hipótesis N°01 **“El índice de rugosidad del pavimento de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo es el adecuado para su transitabilidad.”**

Se obtuvo un Índice de Rugosidad Internacional-IRI promedio de 4.87 (m/km) en el Carril derecho de la Vía y un IRI promedio de 4.14 (m/km) en el Carril Derecho de la Vía, que demuestran que el pavimento del tramo en estudio, según la Escala de IRI establecida por el Banco Mundial, está dentro del rango de un pavimento que presenta algunas imperfecciones en la superficie y se clasifica como un pavimento no adecuado para su transitabilidad, que requiere diferentes intervenciones de mantenimiento para disminuir su rugosidad.

### CONCLUSIÓN N° 02

Se demuestra la Sub hipótesis N°02 **“El Índice de Serviciabilidad Presente del pavimento de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo es el adecuado para su transitabilidad”**

Según los resultados en la ruta Cu- 110 tramo Izcuchaca- Huarocondo, se obtuvo un Índice de Serviciabilidad Presente- PSI promedio de 2.11 en el Carril derecho de la vía y un PSI promedio de 2.38 en el Carril izquierdo, que demuestran que el pavimento del Tramo en estudio, según la escala PSI establecida por la AASHTO, está dentro de un rango de calificación Regular para ambos carriles, lo que significa que el pavimento es adecuado para su transitabilidad.



### CONCLUSIÓN N° 03

Se demuestra la Sub hipótesis N°03 **“En la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo, las fallas que se predominan son Fisuras y Grietas, Deformaciones y Otras Fallas”**

Las fallas que más predominan fueron FISURAS EN BLOQUE con un 31% del área total de las muestras y PIEL DE COCODRILO con un 11%, los cuales fueron originados comúnmente por excesivas cargas en el tránsito y debilitamiento por condiciones climáticas en el transcurso de toda su vida útil, optando como medida la rehabilitación de esta vía.

### CONCLUSIÓN N° 04

Se demuestra que la Sub hipótesis N°04 **“El índice de Condición del pavimento de la Ruta Cu-110 Tramo Izcuchaca-Huarocondo es el adecuado para su transitabilidad”**.

Según los resultados en la ruta Cu- 110 tramo Izcuchaca- Huarocondo, se obtuvo un Índice de Condición del Pavimento- PCI promedio de 45 que demuestran que el pavimento del Tramo en estudio, según la Escala PCI establecida por la ASTM D6433-03, está dentro de un rango de calificación regular, lo que significa que el pavimento es adecuado para su transitabilidad.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el uso de los Métodos del PCI y el PSI por parte de los órganos competente, sea de manera continua, lo que permitirá el desarrollo de una mejor estrategia de mantenimiento.
- Se recomienda a la autoridad competente una pronta intervención y realizar el mantenimiento de esta vía para el confort de los usuarios.
- Es recomendable realizar la misión de vuelo con anticipación considerando la geometría y topografía del lugar a evaluar, de tal manera de elegir la altura de vuelo apropiada.
- Se recomienda ejecutar el vuelo en días de poco tránsito, entre las 8:00 am y las 2 pm, de manera que las imágenes obtenidas no sean afectadas por sombra o varios obstáculos.
- Se debe tener en cuenta el rendimiento de las baterías de los VANT, si bien su rendimiento es limitado actualmente, la tecnología de estos se encuentran constante mejora, lo que demuestra su alto potencial para la inspección de activos viales.
- Se recomienda contar con pilotos acreditados para el planeamiento como ejecución del vuelo, asimismo, tener en cuenta los permisos necesarios para realizar el levantamiento de información en áreas urbanas



## REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures 1993*.
- Armijos, C. (2009). *Evaluación Superficial de algunas calles de la Ciudad de Loja*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Arriaga, M., Garnica, P., & Rico, A. (1996). *Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México*. Sanfandila.
- ASTM, A. S. (2003). *Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos - ASTM d6433*. Estados Unidos.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): Aspecto y consideraciones importantes*. Costa Rica.
- Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*.
- Del Águila, P. (1999). *Metodología para la determinación de la Rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión*. Sevilla.
- del Águila, P. (1999). *Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000km de pavimentos en el Perú y otros países. Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*. Sevilla.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Iberoamerica, C. d. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles (Vol. 11)*.
- Jaime, S. (2016). *Estudio del Índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte - Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Montañez, E. (2016). *Evaluación superficial, funcional y estructural de la repavimentación de la Avenida de la Cultura, en el tramo comprendido entre la Av. Huáscar y la Av. Camino Real*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Montejo, A. (2006). *Ingeniería de Pavimentos*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Montoya, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de Carretera Sinuosa Concesionada en el Perú*. Lima.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.