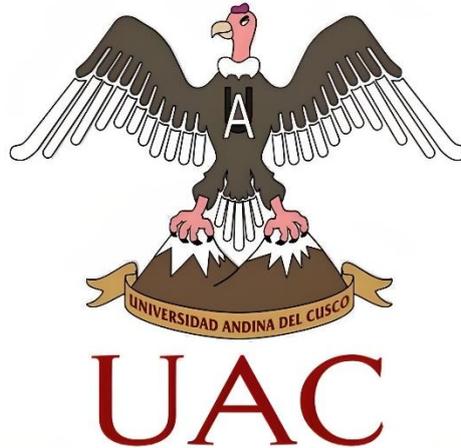




**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

---

**“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA  
IZCUCHACA – CRUZPATA, REGIÓN CUSCO - 2021”**

---

**Presentado Por:**

**PALOMINO SOTELO, Karen Arlet**

**DÍAZ GONZALES, Daniel Alejandro**

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

**Asesor:**

**MGT. ING. ALVAREZ ESPINOZA, Jorge**

**CUSCO - PERÚ**

**2021**



### **Dedicatoria**

A Dios, por guiarme, darme salud y  
fortaleza para lograr esta meta trazada  
en mi vida profesional.

A nuestros queridos padres por su devoción, por  
guiarme en el sendero correcto de esta forma  
cumplir con el objetivo en el ámbito profesional.

Los amamos con todo el corazón.

A nuestros queridos hermanos por su  
apoyo constante e incondicional,  
palabras de aliento, por sus consejos a  
lo largo de nuestras vidas



## Agradecimientos

A Dios, por darnos la vida y fortaleza para culminar nuestros estudios universitarios.

A nuestros padres, por el esfuerzo brindado para culminar con esta travesía de proceso universitario.

A nuestra querida casa de estudios “Universidad Andina del Cusco”, a mi facultad de Ingeniería y Arquitectura, a nuestros docentes de gran calidad por permitirnos y facilitarnos en la elaboración del proyecto de investigación, por la formación profesional que nos brindó a lo largo de nuestra cátedra universitaria transfiriendo conocimientos teóricos y prácticos.

A nuestro Asesor Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza, por su apoyo de dirección en la presente tesis, por sus enseñanzas, también expresar nuestros profundos agradecimientos, por la guía y la dedicación, amistad y comprensión en la realización satisfactoria de este proyecto de investigación.



## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo Evaluar un Sistema de Gestión de Pavimentos en la Vía Izcuchaca – Cruzpata Ubicada entre las Provincias de Anta y Urubamba, empleando el software HDM-4 (Highway Development Management Series).

La actual investigación tiene: enfoque “Cuantitativo” ya que se basa en la medición numérica y estadística, nivel de investigación “Descriptivo” porque este representa la estructura del fenómeno y su dinámica para identificar aspectos relevantes de la realidad, método de investigación “Hipotético Deductivo” puesto que se efectúa teorías del estado superficial del pavimento para establecer hipótesis y corroborar estas mediante mediciones, dar respuestas deductivas y establecer conclusiones, a su vez el diseño metodológico es “No experimental” ya que no se administran estímulos o tratamientos.

El tramo Izcuchaca – Cruzpata es una vía departamental de la región del Cusco, gran parte de la vía en mención es de pavimento flexible; se determinó y/o recaudo información de datos necesarios para el procesamiento del software HDM-4, los datos se obtuvieron realizando levantamientos topográficos con el nivel equialtímetro o nivel de ingeniero del cual se tuvo como resultado el porcentaje de pendientes, longitudes y curvatura de calzada, así también se realizó el conteo vehicular de la vía, obtención del % de CBR, datos geométricos de la vía Izcuchaca-Cruzpata, estos datos en mención fueron introducidos y procesados en el software HDM-4.

En función de los resultados se llegó a las siguientes conclusiones: El empleo del software HDM-4 es la mejora de toma de decisiones, del cual se realizó la proyección de 30 años teniendo un IMDA en 30 años será de 1831 vehículos que transitan por la presente vía, a su vez que la mejor propuesta de mantenimiento para tener un excelente estado de la carpeta de rodadura de pavimento flexible, es la propuesta de mantenimiento rutinario realizado una vez al año y la aplicación de la lechada asfáltica los años 2025, 2037 y 2048. Se comprobó que la vía es de tipo Accidentada al presentar pendientes dentro del rango de promedio de 6% y 8%. La vía en mención es de tercera clase al tener un IMDA DE 412 vehículos que transitan por día. Se menciona que la vía tiene un CBR de rango promedio de 10% y 20%. El diseño de pavimento que se obtuvo cumple con los parámetros necesarios para la determinación del espesor de la carpeta de rodadura.

**PALABRAS CLAVE:** HDM-4, Gestión, Mantenimiento, Pavimento.



### Abstract

The objective of this research work is to evaluate a Pavement Management System on the Izcuchaca – Cruzpata road located between the provinces of Anta and Urubamba, using the HDM-4 software (Highway Development Management Series).

This research has: "Quantitative" approach since it is based on numerical and statistical measurement, "Descriptive" level of research because it represents the structure of the phenomenon and its dynamics to identify relevant aspects of reality, "Hypothetical Deductive" research method " since theories of the surface state of the pavement are made to establish hypotheses and corroborate these through measurements, give deductive answers and establish conclusions, in turn the methodological design is "Non-experimental" since no stimuli or treatments are administered.

The Izcuchaca – Cruzpata section is a departmental road in the Cusco region, a large part of the road in question is made of flexible pavement; data information necessary for the processing of the HDM-4 software was determined and/or collected, the data was obtained by performing topographical surveys with the equaltimer level or engineer level, which resulted in the percentage of slopes, lengths and curvature of the road Thus, the vehicle count of the road was also carried out, obtaining the % of CBR, geometric data of the Izcuchaca-Cruzpata road, these mentioned data were entered and processed in the HDM-4 software.

Based on the results, the following conclusions were reached: The use of the HDM-4 software is the improvement of decision making, of which the projection of 30 years was carried out, having an IMDA in 30 years will be 1831 vehicles that transit through the present way, in turn that the best maintenance proposal to have an excellent condition of the flexible pavement rolling layer, is the routine maintenance proposal carried out once a year and the application of the asphalt slurry in the years 2025, 2037 and 2048. It was found that the road is of the Rough type as it presents slopes within the average range of 6% and 8%.

The road in question is third class as it has an IMDA of 412 vehicles that travel per day. It is mentioned that the road has an average range CBR of 10% and 20%. The pavement design that was obtained complies with the necessary parameters for the determination of the thickness of the rolling layer.

**KEY WORDS:** HDM-4, Management, Maintenance, Pavement.



## Introducción

Las carreteras son responsables del crecimiento social y económico de una región, estas promueven el desarrollo al facilitar la comunicación, el transporte de personas y mercancías, por lo que uno de los objetivos principales del ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) al ser un órgano del poder ejecutivo, es ser responsable de los servicios e infraestructuras de transporte, esto incluye el pavimentar y gestionar las vías del territorio nacional para garantizar su correcto desempeño y así asegurar el crecimiento económico y social del país.

La carretera Izcuchaca-Cruzpata con una longitud de 12.7 kilómetros se encuentra dentro de las vías departamentales no pavimentadas ubicadas en el departamento del Cusco, con un plan de mejoramiento aprobado desde el año 2016; la carretera Izcuchaca-Cruzpata será la vía de estudio del presente proyecto de investigación que tendrá como finalidad elaborar un sistema de gestión de pavimentos empleando el software HDM-4.

Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM), proporciona la metodología para poder predecir la evolución de la vida útil de una vía, permite implementar programas de mantenimiento, así como determinar los costes de circulación de los vehículos, tiempo de viaje, los efectos producidos por emisiones y ruidos, también el de predecir el número de accidentes, el consumo de combustible entre otros factores.

Con la elaboración del proyecto de investigación se pretende introducir un nuevo sistema de gestión de pavimentos utilizando el software HDM-4 en la carretera Izcuchaca-Cruzpata de la Región del Cusco.



## Índice General

Dedicatoria .....	2
Agradecimientos.....	3
Resumen .....	4
Abstract .....	5
Introducción .....	6
Índice General .....	7
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras. ....	14
Índice de Formulas. ....	18
Capítulo I: Planteamiento de Problema.....	1
1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.1. Descripción del Problema. ....	1
1.1.2. Ubicación Geográfica.....	2
1.1.3. Formulación Interrogativa del Problema.....	4
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación .....	4
1.2.1. Justificación Técnica. ....	4
1.2.2. Justificación Social.....	5
1.2.3. Justificación por Viabilidad. ....	5
1.2.4. Justificación por Relevancia.....	6



1.3. Limitaciones de la Investigación.....	6
1.4. Objetivo de la Investigación.....	7
1.4.1. Objetivo General. ....	7
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
Capítulo II: Marco Teórico.....	8
2.1. Antecedentes de la Tesis .....	8
2.1.1 Antecedentes a Nivel Local.....	8
2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional. ....	11
2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional.....	14
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes.....	18
2.2.1. Generalidades sobre Ingeniería de Pavimentos.....	18
2.2.2. Gestión de Pavimentos. ....	29
2.2.3. Sistema de Gestión de Pavimentos.....	30
2.2.4. Modelo HDM-4.....	31
2.3. Hipótesis de la Investigación.....	44
2.3.1. Hipótesis General. ....	44
2.3.2. Sub Hipótesis.....	45
2.4. Definición de Variables.....	45
2.4.1. Variables Independientes. ....	45
2.4.2. Variables Dependientes.....	47
2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables. ....	48



Capítulo III: Metodología.....	49
3.1. Metodología de la Investigación .....	49
3.1.1. Enfoque de la Investigación. ....	49
3.1.2. Nivel de la Investigación.....	49
3.1.3. Método de Investigación.....	50
3.2. Diseño de la Investigación .....	50
3.2.1. Diseño Metodológico. ....	50
3.2.2. Diseño de Ingeniería.....	51
3.3. Población y Muestra.....	52
3.3.1. Población.....	52
3.3.2. Muestra.....	52
3.3.3. Criterios de Inclusión. ....	55
3.4. Instrumentos .....	56
3.4.1. Instrumentos Recolección de Datos. ....	56
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería. ....	59
3.5. Procedimientos de Recolección de Datos .....	61
3.5.1. Datos Meteorológicos. ....	61
3.5.2. Datos del IMD.....	63
3.5.4. Datos del CBR.....	64
3.5.5. Procedimiento de Obtención de Datos Para el Software HDM-4.....	67
3.5.6. Definir el Periodo de Diseño de la vía Asfaltada. ....	78



3.5.7. Definir la Cantidad de Ejes Equivalentes para el Periodo de Diseño. ....	78
3.5.8. Definir el Valor del Módulo Resiliente de la Sub Rasante. ....	79
3.5.9. Definir la Estructura del Pavimento. ....	80
3.5.10. Desviación Estándar Datos Obtenidos. ....	81
3.6. Procedimientos de Análisis de Datos. ....	86
3.6.1. Datos Para el Software HDM-4.....	86
3.6.2. Ingreso de datos al HDM-4. ....	108
3.6.3. Datos de la Propuesta de Mantenimiento .....	113
3.6.4. Propuesta de Mantenimiento.....	113
3.6.5. Ingreso de Propuesta de Mantenimiento. ....	114
3.6.6. Generar Informes HDM-4. ....	117
3.6.7. Informes HDM-4.....	120
Capítulo IV: Resultados .....	132
4.1. IMD en el Tiempo. ....	132
4.2. Regularidad Media en el Tiempo. ....	133
4.3. Fisuración Media en el Tiempo.....	134
4.4. Numero de Baches Media por Kilómetro en el Tiempo. ....	134
4.5. Desprendimiento de Áridos Media en el Tiempo. ....	135
4.6. Profundidad de Roderas Media en el Tiempo.....	135
4.7. Rotura de Borde Media en el Tiempo. ....	136
4.8. Coste de Mantenimiento Total Anual. ....	136



Capítulo V: Discusión .....	138
Glosario .....	140
Conclusiones .....	142
Recomendaciones .....	144
Referencias .....	146
Anexos .....	149
Anexo 1: Matriz de consistencia .....	149
Anexo 2: Presupuesto por Tipo .....	150
Anexo 3: Análisis Presupuestal .....	151
Anexo 4: Calendario de Actuaciones por Año .....	152
Anexo 5: Gráficos Estado Anual de la Carretera .....	153
Anexo 6: Regularidad Media por Tramos .....	154
Anexo 7: Resumen del Deterioro Anual del Firme .....	155
Anexo 8: Planos .....	156
Anexo 9: Ensayos Densidades en la Subrasante .....	156



## Índice de Tablas.

Tabla 1: Evaluación de terrenos según su CBR. ....	27
Tabla 2: Descripción de los materiales de la capa de rodadura y base. ....	36
Tabla 3: Clasificación de los trabajos de mantenimiento. ....	41
Tabla 4: Cuadro de operacionalización de variables. ....	48
Tabla 5: Progresivas y tramos que presenta la carretera Izcuchaca-Cruzpata. ....	55
Tabla 6: Datos Índice Medio Diario Semanal. ....	62
Tabla 7: Índice Medio Diario Semanal. ....	64
Tabla 8: a) Recolección de datos CBR. ....	66
Tabla 9: b) Recolección de datos CBR. ....	67
Tabla 10: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-01. ....	86
Tabla 11: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-02. ....	87
Tabla 12: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-03. ....	88
Tabla 13: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-04. ....	89
Tabla 14: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-05. ....	90
Tabla 15: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-06. ....	91
Tabla 16: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-07. ....	92
Tabla 17: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-08. ....	93
Tabla 18: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-09. ....	94
Tabla 19: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-10. ....	95
Tabla 20: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-11. ....	96



Tabla 21: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-12. ....	97
Tabla 22: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-13. ....	98
Tabla 23: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-14. ....	99
Tabla 24: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-15. ....	100
Tabla 25: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-16. ....	101
Tabla 26: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-17. ....	102
Tabla 27: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-18. ....	103
Tabla 28: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-19. ....	104
Tabla 29: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-20. ....	105
Tabla 30: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-21. ....	106
Tabla 31: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-22. ....	107
Tabla 32: Propuesta de mantenimiento. ....	113
Tabla 33: Criterio de intervención de mantenimiento. ....	114
Tabla 34: Tabla del crecimiento del IMD. ....	123
Tabla 35: Calendario de actuaciones. ....	130
Tabla 36: Tabla del resumen de costes económicos totales por año. ....	131
Tabla 37: Se Muestra el análisis de Presupuesto del Mantenimiento de La Vía P-38 (Tacna – Tarata), empleada para la comparación del presupuesto que se obtuvo al procesar información en el HDM-4. ....	137



## Índice de Figuras.

Figura 1: Trazo de la carretera Izcuchaca-Cruzpata, departamento del cisco provincia Anta y Urubamba, distrito, Izcuchaca y Urubamba.....	2
Figura 2: Mapa de la región Cusco a nivel del mapa político del Perú y mapa de las provincias de Anta y Urubamba a nivel de mata político del Cusco.....	3
Figura 3: Ruta, distancia y coordenadas del proyecto de estudio Izcuchaca - Cruzpata.....	3
Figura 4: Estructura típica de un pavimento asfáltico.....	19
Figura 5: Deterioro del pavimento e implicaciones de las rehabilitaciones.....	23
Figura 6: Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.....	28
Figura 7: Uso internacional del software HDM-4.....	32
Figura 8: Diseño de Ingeniería.....	51
Figura 9: Ficha de recolección de datos meteorológicos.....	56
Figura 10: Ficha de recolección de datos IMD.....	57
Figura 11: Ficha de recolección de datos CBR.....	58
Figura 12: Ficha de recolección de datos por tramo.....	59
Figura 13: Equipos utilizados.....	60
Figura 14: Barras de datos de la variación de temperatura (estación: Anta Ancachuro).....	61
Figura 15: Realizando del conteo vehicular.....	63
Figura 16: Determinación del punto de origen del tramo de la carretera a analizar (22 de Mayo del 2021).....	68
Figura 17: Punto de origen del tramo de la vía Izcuchaca – Cruzpata a evaluar (22 de Mayo del 2021).....	69



Figura 18: a). Toma de puntos con el Nivel Topográfico, para la determinación de cotas de origen (22 de Mayo del 2021). .....	69
Figura 19: b). Toma de puntos con el Nivel Topográfico, determinación de desniveles (22 de Mayo del 2021). .....	70
Figura 20: c). Toma de puntos con el Nivel Topográfico (22 de Mayo del 2021).....	70
Figura 21: Visita a la Residencia de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (29 de Mayo del 2021). .....	71
Figura 22: a). Toma de puntos para hallar los desniveles del tramo de la carretera Izcuchaca – Cruzpata (29 de Mayo del 2021).....	71
Figura 23: b). Toma de puntos para hallar los desniveles del tramo de la carretera Izcuchaca – Cruzpata con el objetivo de generar pendientes en la vía a evaluar (29 de Mayo del 2021). ..	72
Figura 24: c). Toma de puntos para hallar los desniveles del tramo de la carretera Izcuchaca – Cruzpata con el objetivo de generar pendientes en la vía a evaluar (29 de Mayo del 2021). ..	72
Figura 25: a). Toma de datos para el diseño geométrico del tramo de la carretera (29 de Mayo del 2021).....	73
Figura 26: b). Toma de la longitud transversal (ancho de la calzada) del tramo de la carretera (29 de Mayo del 2021). .....	73
Figura 27: c). Trazo de la calzada (29 de Mayo del 2021).....	74
Figura 28: Visita a la Cantera Huchuyqosqo, que provee los agregados que serán empleados en la ejecución de pavimentación de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021). .....	74
Figura 29: a). Visita a campo, donde se visualiza el mejoramiento de la base de la carretera Izcuchaca – Cruzpata, ejecutada por la obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021). .....	75
Figura 30: b). Visita a campo, donde se visualiza el mejoramiento de la base de la carretera Izcuchaca – Cruzpata, ejecutada por la obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021). .....	75



Figura 31: c). Toma de puntos de desnivel. Se contó con el apoyo por parte del personal obrero de la presente obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021). .....	76
Figura 32: Punto de finalización del tramo de la vía Izcuchaca – Cruzpata a evaluar (05 de Junio del 2021). .....	76
Figura 33: Fotografía en campo con el Inspector y Residente de la obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021). .....	77
Figura 34: Fotografía en campo - obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021). .....	77
Figura 35: Espacio de trabajo HDM-4. ....	108
Figura 36: Configuración dl tipo de moneda del software HDM-4. ....	108
Figura 37: Configuración de la zona climática del software HDM-4. ....	109
Figura 38: Configuración de la intensidad de tráfico del software HDM-4.....	110
Figura 39: Configuración del parque automotor del software HDM-4.....	110
Figura 40: Cuadro de ingreso de datos de los tramos de la vía a evaluar. ....	111
Figura 41: Cuadro de definición del tramo. ....	111
Figura 42: Cuadro de geometría del tramo.....	112
Figura 43: Cuadro de características del pavimento. ....	112
Figura 44: Cuadro del estado del tramo. ....	113
Figura 45: Ingreso de estándares de trabajo de conservación. ....	114
Figura 46: Ingreso de datos del mantenimiento rutinario.....	115
Figura 47: Ingreso de datos de la lechada asfáltica. ....	115
Figura 48: Ingreso de datos de parchado superficial.....	116



Figura 49: Ingreso de datos de sellado de fisuras.....	116
Figura 50: Cuadro de detalle del proyecto. ....	117
Figura 51 Cuadro de los tramos del proyecto.....	117
Figura 52: Cuadro de los vehículos del proyecto. ....	118
Figura 53: Cuadro de IMD del proyecto. ....	118
Figura 54: Cuadro de ejecución del análisis.....	119
Figura 55 Cuadro de los informes generados en el software HDM-4.....	119
Figura 56 Gráfico del crecimiento del IMD.....	120
Figura 57: Gráfico de la regularidad media. ....	124
Figura 58: Gráfico del deterioro sin propuesta de mantenimiento.....	126
Figura 59: Gráfico del deterioro con propuesta de mantenimiento.....	129
Figura 60: Grafico IMD tipo de Vehiculó.....	132
Figura 61: Grafico IMD tamaño de vehículo. ....	132
Figura 62: Grafico IMD total. ....	133
Figura 63: Grafico regularidad media. ....	133
Figura 64: Grafico fisuración media. ....	134
Figura 65: Grafico número de baches por kilómetro. ....	134
Figura 66: Grafico desprendimiento de áridos. ....	135
Figura 67: Grafico profundidad de roderas. ....	135
Figura 68: Grafico rotura de borde.....	136



### Índice de Formulas.

Formula 1: Numero Estructural.....	27
Formula 2: a) Modulo Resiliente. ....	29
Formula 3: b) Modulo Resiliente. ....	29
Formula 4: Desviación estándar ascensos y descensos. ....	81
Formula 5: Desviación estándar numero ascensos y descensos. ....	82
Formula 6: Desviación estándar pendiente promedio. ....	83
Formula 7: Desviación estándar numero curvatura horizontal. ....	84
Formula 8: Desviación estándar curvatura horizontal promedio. ....	85



## Capítulo I: Planteamiento de Problema

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema.

Actualmente en la Región del Cusco no se invierte en herramientas de gestión de pavimentos que permitan elaborar un adecuado plan de mantenimiento para los 27,639.6 kilómetros de vías departamentales que existen en la Región del Cusco según el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), a consecuencia de ello se observa, deterioros significativos en las vías interurbanas; estos deterioros producen un incremento en los tiempos de viaje, consumo de combustible, daños en los vehículos, la posibilidad de accidentes de tránsito y contaminación producto de los factores antes mencionados.

Con los métodos tradicionales para evaluar la condición de una vía se debe esperar a que las fallas se presenten de manera física para ser evaluadas y un tiempo adicional para elaborar el correspondiente plan de mantenimiento.

Los modelos de deterioro en pavimentos asfálticos usando el programa HDM-4, pueden presentar diferencias entre los valores de deterioro que los modelos predicen y lo que se observa en la realidad. Los modelos en los cuales se basa el HDM-4 han sido desarrollados en países bajo las condiciones medio ambientales, económicas y tecnológicas específicas. Por ello, su adaptación y calibración deben darse para las circunstancias particulares de cada zona de evaluación

Implementar un sistema de gestión de pavimentos con el software HDM-4 permitirá crear programas de mantenimiento y determinar los costes de los factores mencionados anteriormente mucho antes de que las fallas se presenten. Esto debido a que el software con la información adecuada puede calcular el comportamiento de la vía de tal manera que se preverán las condiciones futuras de esta y esa información servirá para la adecuada toma de decisiones que facilitarán la elaboración y planificación del mantenimiento.

La carretera Izcuchaca - Cruzpata es una vía departamental de la región cusco que como todas las demás en la región no cuenta con un plan de mantenimiento y ni con un sistema de gestión por lo que el objetivo de esta investigación será la de identificar cómo sería un sistema de gestión para está aplicando el software HDM-4.



### 1.1.2. Ubicación Geográfica.

**Departamento:** Cusco.

**Provincia:** Anta y Urubamba.

**Distrito:** Izcuchaca y Urubamba

**Coordenadas en Decimal:**

Latitud: -13.4717, 13°28'18" Sur

Longitud: -72.1486, 72°8'55" Oeste

**Coordenadas UTM:**

**X:** 808712.2223452729

**Y:** 8508915.658525178

**Zona:** 18.

**Hemisferio:** Sur.

**Altitud:** 3,424 m.s.n.m.

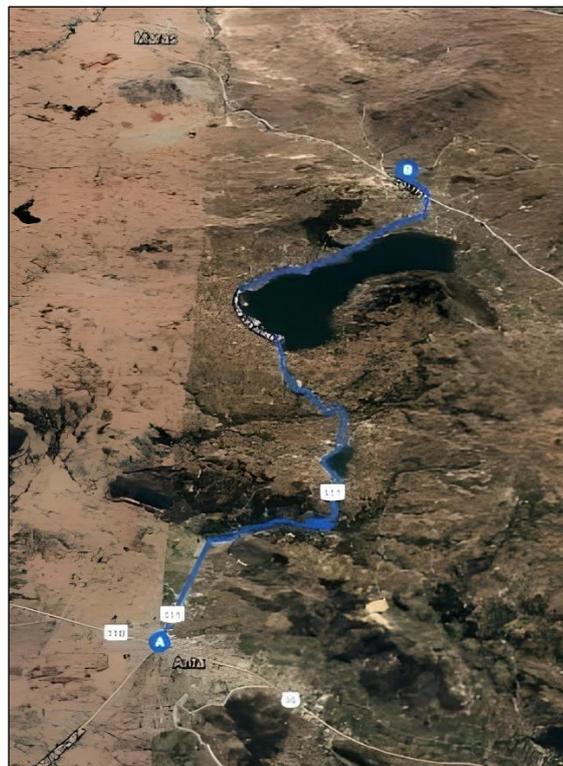


Figura 1: Trazo de la carretera Izcuchaca-Cruzpata, departamento del cisco provincia Anta y Urubamba, distrito, Izcuchaca y Urubamba.

Fuente: (Google Earth, 2020).

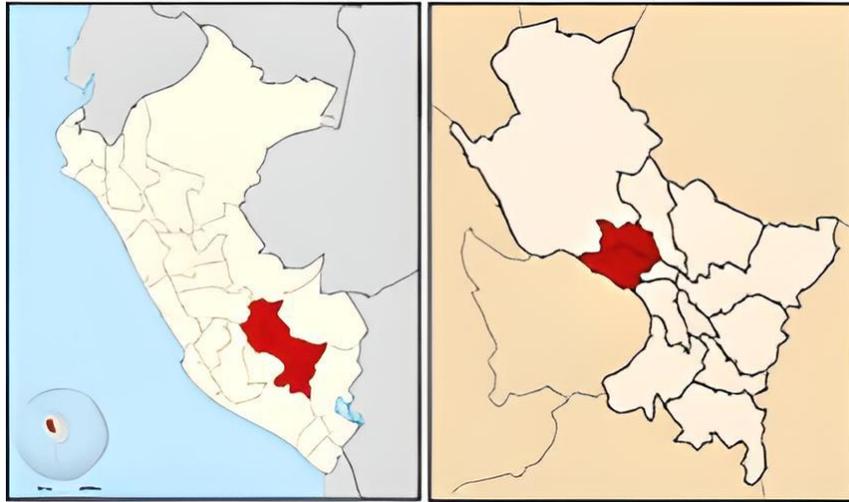


Figura 2: Mapa de la región Cusco a nivel del mapa político del Perú y mapa de las provincias de Anta y Urubamba a nivel de mapa político del Cusco.

Fuentes: (Google Imágenes, 2021).



Figura 3: Ruta, distancia y coordenadas del proyecto de estudio Izcuchaca - Cruzpata.

Fuente: (Google Earth, 2021).



### **1.1.3. Formulación Interrogativa del Problema.**

#### **1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General.**

¿Cuál sería el aporte de un sistema de gestión de pavimentos aplicando el software HDM-4 en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?

#### **1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos.**

##### **Problema Específico No 01:**

¿Cómo es el diseño geométrico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?

##### **Problema Específico No 02:**

¿Cómo es el tráfico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?

##### **Problema Específico No 03:**

¿El diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA cumple con los parámetros establecidos por el MTC para el diseño de carreteras?

##### **Problema Específico No 04:**

¿Cuál es el porcentaje de compactación “CBR” del suelo de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?

##### **Problema Específico No 05:**

¿Cuál es el Tipo y Costo de conservación de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?

### **1.2. Justificación e Importancia de la Investigación**

#### **1.2.1. Justificación Técnica.**

El presente proyecto de investigación pertenece a la rama de ingeniería de transporte y pavimentos que tiene como principal objetivo proponer el uso de una nueva metodología HDM-4 de esta forma optimizar la precisión, tiempos y recursos a diferencia de los métodos tradicionales, inspección visual, empleados en la gestión de pavimentos, obteniendo como resultados factores técnicos que garantizarán el periodo de vida, mantenimiento, análisis de demanda de tráfico, carga vehicular, entre otros factores.



Actualmente esta metodología empleada en el sistema de gestión de pavimentos no es utilizada en la planificación de obras de mantenimiento vial en la Región del Cusco, por lo tanto, el desarrollo del proyecto de investigación se ve enfocado a conseguir un modelo para realizar un sistema de gestión de pavimentos que cumpla con las exigencias técnicas y económicas de una pavimentación adecuada obteniendo similares resultados de países que manejan este modelo.

### **1.2.2. Justificación Social.**

Respecto a la construcción y mantenimiento de vías de comunicación cabe mencionar que este es de suma importancia para el desarrollo social y económico de una nación, ya que una obra vial bien planificada a nivel de perfil, diseño y operación, se traduce en la reducción económica, así mismo garantizar los niveles de servicio, el cual representa un ahorro en combustible, tiempo y mantenimiento de vehículos.

La evaluación del sistema de gestión de pavimentos empleando el Modelo HDM-4 beneficiará directamente a la Municipalidad Distrital de Izcuchaca y la Municipalidad Distrital de Urubamba en la mejora de la toma de decisiones según la necesidad de mantenimiento y costos operativos. Así como el acceso a la información acerca de las vías existentes en el tramo Izcuchaca - Cruzpata, de esta forma crear un impulso económico en las zonas por donde atraviesa este tramo anteriormente mencionado, como también garantizar el tiempo de vida útil del proyecto, dado que un deterioro prematuro origina un alto costo de construcción y mantenimiento.

También se puede mencionar que este sistema de gestión de pavimentos puede servir de modelo para otras instituciones públicas como instituciones privadas.

### **1.2.3. Justificación por Viabilidad.**

Se cuenta con la disponibilidad de equipos computadora de alta gama para el procesamiento de base de datos y el uso del software HDM-4, así mismo se cuenta el acceso a la información del expediente técnico realizado por la obra de pavimentación “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA IZCUCHACA CRUZPATA, PROVINCIAS DE ANTA Y URUBAMBA-CUSCO” que se tomará como principal fuente de información, y normatividad estatal vigente para la evaluación y formulación de programas de mantenimiento.

El presente proyecto de investigación, al ser un trabajo mayormente de gabinete, al contarse con el lugar de estudio, información y base de datos necesaria, será posible su desarrollo durante



el periodo de aislamiento social ocasionada por la enfermedad infecciosa causada por el coronavirus COVID-19.

#### **1.2.4. Justificación por Relevancia.**

El estudio de la aplicación de este modelo es una herramienta técnica y metodológica, importante para hacer estimaciones de coste de inversión y análisis económicos que son alternativas para una óptima formulación de programas de mantenimiento de pavimentos.

En la Región del Cusco actualmente, no se tiene procedimientos ni políticas de mantenimiento de vías de comunicación que hagan uso de un software, es por ello que a las instituciones ya sean públicas o privadas se les dificultan la toma de decisiones dado que el horizonte de programación resulta a corto plazo, no dando cabida a la previsión presupuestaria entre otros factores influyentes

Este proyecto de investigación tiene como propósito ofrecer un sistema de gestión para que el Gobierno Regional del Cusco pueda tomar este sistema de gestión como modelo, así como las instituciones públicas e instituciones privadas encargadas del mantenimiento de vías.

#### **1.3. Limitaciones de la Investigación**

La investigación se limita a la carretera Izcuchaca-Cruzpata a lo largo de sus 12.7 kilómetros considerada dentro de las vías departamentales no pavimentadas ubicadas en el departamento del Cusco.

El estudio se enfoca solo en el mantenimiento o conservación de carpetas de rodaduras asfálticas incluyendo base, sub base y subrasante, excluyendo del análisis del mantenimiento de elementos de saneamiento (alcantarillas, desagües, cunetas, etc.) y de elementos de seguridad vial (señalización tanto horizontal como vertical así también las barreras de seguridad y demarcación).

Desde la perspectiva de los costos relacionados con las obras de conservación, esta obra sólo considera los costos directos, y no incluye los costos y beneficios externos (contaminación, accidentes, retrasos, costos relacionados con las obras de desvío de tráfico durante la construcción, etc.).

Desde el punto de la normativa se limita al uso de los siguientes manuales establecidos por el ministerio de transportes y comunicaciones:



- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013)
- Diseño Geométrico (DG-2018)
- Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos.
- Mantenimiento o Conservación Vial Parte IV

#### **1.4. Objetivo de la Investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General.**

Evaluar un sistema de gestión de pavimentos en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA, aplicando el software HDM-4.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

###### **Objetivo Específico No 01:**

Determinar las características del diseño geométrico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.

###### **Objetivo Específico No 02:**

Determinar cuál es tráfico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.

###### **Objetivo Específico No 03:**

Determinar cuál es el diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.

###### **Objetivo Específico No 04:**

Determinar el porcentaje de compactación CBR del suelo de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.

###### **Objetivo Específico No 05:**

Determinar el Tipo y Costo de conservación de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.



## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la Tesis

#### 2.1.1 Antecedentes a Nivel Local.

##### 2.1.1.1. Antecedente Local 1.

Título: Modelo de Comportamiento Vial del Circuito Valle Sagrado: Cusco – Písaq, Cachimayo – Chincheros – Urubamba, Písaq – Urubamba, Usando el Software HDM-4.

Autor: Laura Montoya Baca & Joseph Ramiro Quispe Pariguana

Fecha y lugar: 2015, Cusco.

Institución: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Objetivo de la Investigación

Objetivo General

Determinar la aparición de nuevas condiciones tanto en materia económica como técnica y la necesidad de incluir más factores que antes no se tomaban en cuenta (factores climáticos, medioambientales, seguridad vial, efectos de la congestión de tráfico).

Objetivos Específicos

Identificar la necesidad de jerarquizar las inversiones en proyectos carreteros, realizando una optimización de los recursos disponibles y previendo la influencia de condiciones futuras en su estado.

Desarrollar una visión más amplia de la gestión de carreteras considerando funciones como: Planificación, Programación, Preparación y Operaciones.

Aporte:

La siguiente tesis consistió en analizar el estado superficial, funcional y estructural de las vías: Cusco-Pisac, Cachimayo-Chincheros-Urubamba y Písaq-Urubamba, en base a la información de los inventarios viales correspondientes a los años 2010, 2012, 2013,2014, y ensayos realizados de la carpeta de rodadura, base y subrasante del pavimento en lugares estratégicos, para analizar el comportamiento de las vías ante las actividades de mantenimiento propuestas



para el periodo 2010-2015, así comparar con las normas y parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. También se propuso un modelo de comportamiento para el periodo de 2015-2022, empleando el software HDM-4, determinando propuestas técnicas y económicas mediante comparaciones de alternativas, realizando la planeación y presupuesto de recursos en función al modelo de deterioro de los pavimentos existentes. En base a los datos de condición estructural, funcional y de geometría obtenidos del inventario vial correspondiente al año 2014 y otros datos como: datos históricos, datos de condición superficial, datos de exploración mediante exploraciones de terreno (calicatas).

Conclusiones:

1. Se realizó la adaptación y modelación de información de las vías Cusco-Pisac, Cachimayo-Chincheros-Urubamba y Písaq-Urubamba con el software HDM-4.
2. Utilizando el modelo HDM-4 se determinó propuestas técnicas y económicas, mediante comparaciones, de esta forma se llegó a la planeación y presupuesto de recursos en función al tipo de deterioros que presentan los pavimentos actualmente.
3. Los datos que se emplearon para el planteamiento técnico y económico, fueron: la condición que presentan estructuralmente los pavimentos, la función que tienen estos y su geometría, estos datos pertenecientes al inventario vial del año 2014, así también datos arqueológicos como estudios y ensayos de estratigrafía.

#### **2.1.1.2. Antecedente Local 2.**

Título: Elaboración de un Plan de Gestión de Pavimentos con el Método PCI Mediante el uso del UAV en la Urbanización Ingeniería Larapa Grande San Jerónimo – Cusco 2019.

Autor: Zenaida Margot Yauri Malpartida, Majumi Winny Yucelia Mamani Velazco.

Fecha y lugar: 2019, Cusco.

Institución: Universidad Andina del Cusco.

Objetivo de la Investigación

Objetivo General

Elaborar un plan de gestión de pavimentos con el método del PCI mediante el uso del

UAV en la Urbanización de Ingeniería Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.



### Objetivos Específicos

Elaborar el inventario de calles y avenidas mediante el uso del UAV en la Urbanización de Ingenieros Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

Determinar los tipos de fallas del Pavimento Rígido y Flexible presentes en la

Urbanización de Ingenieros Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

Determinar el índice de condición del pavimento rígido y flexible en la urbanización Ingeniería Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

Proponer el tipo de intervención de las vías, en la urbanización Ingeniería Larapa Grande San Jerónimo - Cusco.

Determinar el costo de intervención de las vías que necesitan intervención, en la urbanización Ingeniería Larapa Grande - San Jerónimo – Cusco.

### Aporte:

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar un plan de gestión de pavimentos, utilizando el método PCI con la ayuda de un vehículo aéreo no tripulado, en la urbanización Larapa grande San Jerónimo.

En esta zona de continuo desarrollo y crecimiento existen pavimentos rígidos y flexibles, que presentan diferentes tipos de fallas, las cuales se detallan en la investigación, las cuales se identificaron con ayuda de un UAV que tomo fotografías de alta resolución de la vía y utilizando el método PCI para cuantificar el estado de esta. El estudio del deterioro superficial de la acera en la urbanización del proyecto Larapa Grande tiene como propósito determinar el tipo de intervención en función del estado del pavimento de la vía en estudio.

### Conclusiones:

1. Se concluye que esta investigación permite implementar un sistema de gestión de pavimento a nivel de proyecto específico, a fin de justificar las actividades a ejecutarse en posteriores mantenimientos, lo cual es solicitado por la entidad concesionaria. Este tema de investigación aporta a nuestra tesis la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos.

2. Este tema de investigación aporta a nuestra tesis el procedimiento de la metodología PCI, es una guía para la elaboración de nuestras bases teóricas para la elaboración del tipo de intervención, así como el modelo de plan de gestión.



## **2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional.**

### **2.1.2.1. Antecedente Nacional 1.**

Título: Propuesta de Planificación de un Sistema de Pavimentos.

Autor: Catherine Chávez Isla.

Fecha y lugar: 2008, Lima.

Institución: Universidad De Piura.

Objetivos de Investigación:

Objetivo General

El objetivo de la presente tesis es realizar la planificación de un sistema de gestión de pavimentos para el mantenimiento de una vía asfaltada.

Objetivos Específicos

Estudio y evaluación del estado del pavimento, para la ruta 001A, que comprende desde la localidad de Sullana en Piura, hasta la localidad de Aguas Verdes en Tumbes,

Reconocimiento de la información necesaria y suficiente para realizar una planificación para el mantenimiento de una vía asfaltada.

Reconocimiento de los niveles de información.

Adaptación y modelación de la información en la herramienta de desarrollo y gestión de carreteras HDM-4.

Realizar un diagnóstico de la vía en el estudio.

Aporte:

La siguiente tesis tiene por finalidad realizar el mantenimiento de una carretera asfaltada por un tiempo de vida de 20 años. Para ello se contó con información verídica de datos del inventario vial realizado por encargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se tomó la ruta “001 A” que comprende Sullana en Piura – Aguas Verdes Tumbes. Se empleó como alternativa de solución el sistema de Gestión de Carreteras realizado por la asociación BCOM-OIST, mayo 2001. Se identificó tramos homogéneos, como atributos físicos, consideraciones físicas del cual se realizarán comparaciones. Para la modelación de las posibles alternativas de solución, se usó el software de desarrollo y gestión de carreteras HDM-4.



Como requisito a esta aplicación se determinó el nivel de calidad de la información IQL-4 con el objeto de estructurar la información de la gestión de la carretera para una planificación. El análisis se realizó a nivel de proyecto. Los resultados obtenidos de la planificación para el mantenimiento de la carretera asfaltada, están en función de la serviciabilidad y rugosidad para cada tramo de la vía. En conclusión, se afirma que la planificación en el mantenimiento de pavimentos, basada en características de información, uso del software HDM-4, determina una adecuada gestión en el mantenimiento de una carretera.

Conclusiones:

1. La adaptación y modelación de la información se hizo con el software HDM-4 es exigido por los proyectos financiados por el Banco Mundial y actualmente es usado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Esta versión del HDM-4 aún no cuenta con una amplia difusión porque no existen muchos especialistas, sin embargo, se viene utilizando supletoriamente el HDM III. En esta el software HDM-4 se utilizó como herramienta complementaria al análisis.
2. El diagnóstico de red se basa en las características promedio de los tramos homogéneos definidos a lo largo de la red pavimentada en estudio. La vía en estudio tiene un clima tipo costa y una clase de tránsito 3, mediano. Su condición estructural es relativamente buena, es decir con deflexión no alta en el 66% de la red. La rugosidad y la fisuración son bajas. Estas condiciones clasifican la vía óptima para el análisis con el HDM-4.
3. Se puede concluir de los escenarios analizados en el Capítulo 6, que las alternativas de conservación son limitados por los rangos de aceptación del IRI, los cuales son exigidos a la entidad encargada del mantenimiento de la vía.
4. El principal aporte de esta tesis es haber tomado los datos del inventario vial, tramo Sullana Aguas Verdes y aplicarlos al Software HDM-4 generando una base de datos que forma parte de una guía práctica para realizar una planificación para el mantenimiento de una vía asfaltada.

#### **2.1.2.2. Antecedente Nacional 2.**

Título: Análisis y Evaluación del Mantenimiento Para la Conservación Vial de la Capa de Rodadura de la Vía Interdistrital Ascope - Casa Grande, Aplicando el Modelo HDM-4.

Autor: Víctor Gonzalo Cassana Torres.

Fecha y lugar: 2016, Trujillo.



Institución: Universidad Privada Antenor Orrego.

Objetivos de Investigación:

Objetivo General:

Realizar el análisis de evaluación y mantenimiento vial que permita la conservación de la capa de rodadura de la vía interdistrital Ascope – Casa Grande, aplicando el Modelo HDM-4.

Objetivos Específicos:

Analizar el inventario de la vía a ser estudiada.

Detallar las características de la capa de rodadura.

Determinar la metodología para evaluar el estado de la capa de rodadura y poder especificar el tipo de mantenimiento a realizar.

Originar un modelo de análisis y evaluación del mantenimiento vial para la conservación de la capa de rodadura para las vías interdistritales de la Provincia de Ascope, aplicando el Modelo HDM-4

Aporte:

El presente proyecto tiene como principal finalidad realizar un “análisis y evaluación para la conservación del pavimento de la vía Ascope – Casa Grande, aplicando el Software HDM-4”, se realizó específicamente en esta vía Ascope – Casa Grande provincia de Ascope, ya que dicha vía presenta las características y condiciones técnicas para ser estudiada en cuanto a la carpeta de rodadura. Cabe mencionar que los registros de campo fueron registrados en los formularios del sistema Paver, la cual se logró obtener en base a las fallas que presentó la vía, las pruebas del estado de la misma, teniendo como referencia el índice de rugosidad (IRI), del cual se pudo obtener un inventario del estado en que se encuentra la vía, así como el IMDA, con la información que se obtuvo se realizó un análisis del mantenimiento de la carpeta de rodadura mediante la aplicación del modelo HDM-4 tanto para la calificación funcional y estructural de las vías, de esta forma poder gestionar el mantenimiento y servicio de los pavimentos, aumentando la seguridad y confort de los usuarios.

Conclusiones:

1. La vía a la cual se refiere el modelo de análisis y evaluación del mantenimiento para la conservación de la capa de rodadura vial, consta de todas las características y requerimientos



propios para poder implantar este modelo en sitios de similares características, no solo a nivel interdistrital, sino a nivel del resto de las vías de la provincia de Ascope, por similitudes en los principales parámetros que se necesitan.

2. De igual manera, fue posible alcanzar, los objetivos específicos planteados con anterioridad al desarrollo del proyecto. En cuanto a la recolección de información, se cuenta con información completa sobre el estado y características históricas del pavimento. Si es el caso de no contar con la información adecuada, se deberá estimar los datos de acuerdo a los estándares que se consideren apropiados.

3. Una de las principales ventajas sobre la utilización de un modelo de mantenimiento vial con aplicación de HDM-4, es que ofrece a los administradores y constructores viales una herramienta de aplicación que gestiona los recursos de forma precisa y eficaz mediante la evaluación, planificación, ejecución y control de determinados proyectos, optimizando así las inversiones en la infraestructura vial, y con ello se dará niveles de servicio satisfactorios a los usuarios de la vía, y así se reducirán los costos de operación vehicular y costos de acciones de rehabilitación.

4. En conclusión se da a conocer que la evaluación mostrada en la tesis es una aplicación satisfactoria para el proyecto de Análisis y evaluación del mantenimiento para la conservación vial de la capa de rodadura de la vía interdistrital Ascope - Casa Grande, aplicando el modelo HDM-4”

### **2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional.**

#### **2.1.3.1. Antecedente Internacional 1.**

Título: Optimización de Políticas de Conservación de Pavimentos Asfálticos en la Zona Central de Chile.

Autor: Sebastián Andrés Muñoz Suárez.

Fecha y lugar: 2012, Santiago de Chile, Chile

Institución: Universidad de Chile.

Objetivos de Investigación:

Objetivo principal



El objetivo principal del presente trabajo es realizar una optimización de las políticas de conservación, bajo un enfoque socio-económico y con consideraciones técnicas, que represente una solución preventiva del deterioro de pavimentos asfálticos de la red vial interurbana de la zona central de Chile y que contribuya a realizar una asignación eficiente de recursos en conservación.

#### Objetivos Específicos

Desarrollar escenarios en pavimentos asfálticos de la zona central de Chile, principalmente de sus características y condición representativa.

Analizar los parámetros considerados en HDM-4 y estudiar el comportamiento de los pavimentos asfálticos considerando los modelos de deterioro que incluye el programa.

Desarrollar un análisis estratégico en HDM-4 mediante una evaluación económico-social de las políticas de conservación activas en cada escenario y bajo restricciones presupuestarias predefinidas.

Optimizar la rentabilidad económica-social de las políticas de conservación de los caminos estudiados (determinación de frontera de eficiencia).

#### Aporte:

El presente trabajo se realiza con la finalidad primordial de proponer una optimización de un mantenimiento vial de la zona central de Chile aplicando el modelo HDM-4 bajo un ámbito socio-económico, y con consideraciones técnicas, que contribuya a realizar una asignación eficiente de recursos en conservación.

El objetivo de optimizar la rentabilidad económica – social de las políticas de conservación, se establece como objetivo específico determinar la eficiencia de la aplicación.

En el presente proyecto se empleó el software HDM-4; para la regular los datos del deterioro de pavimentos asfálticos y costos de operación vehicular de este software a las condiciones chilenas, se utilizaron los factores de calibración de estudios previos. También se consideraron la definición de escenarios representativos de vías asfaltadas de la zona central de Chile.

Se probó y evaluó en el ámbito económico el modelo HDM-4 para cada escenario de más de 200 alternativas de mantenimiento. Concluyendo se obtuvo la matriz de consistencia, del cual se puede sacar conclusiones respecto al modelo HDM-4, del cual es considerado el uso de las alternativas de conservación que presentan carpeta de refuerzo de espesor más bien delgado y/o



sellos asfálticos aplicados oportunamente, en vez de esperar un mayor deterioro que implique la reconstrucción de pavimentos. Cabe mencionar que la realización de pruebas técnico – económicas es sumamente conveniente para emplear como un criterio más en la cuantificación y asignación de recursos para el mantenimiento del pavimento.

Conclusiones:

1. Los resultados presentados permiten definir políticas o umbrales adecuados de actuación, para programar la conservación de los pavimentos asfálticos de la zona central asimilables a los tramos considerados.
2. Los criterios de conservación propuestos son una herramienta que permite preseleccionar para la evaluación final solamente las alternativas de conservación más adecuadas para ser aplicadas a un tramo de la red, de acuerdo a sus características de tránsito, capacidad estructural y condición del pavimento. El contar con políticas de conservación pre optimizadas permite, por una parte, simplificar el proceso de asignación de alternativas de conservación, seleccionando para la evaluación final sólo aquellas que presentan una rentabilidad que las haga competitivas a nivel de red, lo cual aumenta la eficiencia del sistema y, por otra, mejora los indicadores económicos al aumentar el valor presente neto total para la red para un mismo monto de presupuesto disponible, produciendo una mayor eficiencia en la asignación de estos recursos.
3. Para la realización del análisis se utilizó la herramienta de gestión de caminos HDM-4. En el desarrollo de este trabajo se comprobó la gran cantidad de parámetros que incorporan cada modelo de este sistema y su calibración, lo cual refleja de alguna manera la complejidad de la gestión de la conservación de una red de caminos. Cabe consignar que las consideraciones utilizadas en la determinación de los parámetros de entrada en HDM-4 son válidas para este análisis a nivel de red.
4. Por otro lado, las políticas de conservación resultantes han sido estimadas a partir de la metodología elaborada, considerando exclusivamente los aspectos técnicos y económicos presentados. Otras razones que justificaran una conservación distinta a las propuestas en ciertos caminos, como, por ejemplo, expectativas de desarrollo agrícola, industrial, turístico, etc., o simplemente razones de tipo político y estratégico, deben analizarse en forma particular para los caminos que lo requieran.



### 2.1.3.2. Antecedente Internacional 2.

Título: El Modelo HDM-4: Descripción y Posibilidades de Aplicación dentro de un Sistema de Gestión de Carreteras.

Autor: Carolina Núñez Cuaresma, Ignacio Pérez Pérez.

Fecha y lugar: 2005, Coruña, España.

Institución: Universidad de Coruña, España.

Objetivo de la Investigación:

El objetivo del presente artículo es de dar a conocer el HDM-4 como una herramienta para mantener un nivel adecuado de funcionamiento, al menor coste posible. Con el paso del tiempo, las acciones físicas y químicas provocan que el nivel de deterioro de la red aumente, una correcta conservación debe establecer las medidas de protección y reparación más adecuadas en cada caso, teniendo en cuenta no sólo aspectos técnicos sino también sociales, económicos y medioambientales.

Aporte:

Uno de los sistemas de gestión de carreteras más difundidos es el modelo denominado HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model). Patrocinado por el Banco Mundial y tras más de treinta años de experiencia y el aporte de diferentes instituciones y universidades a nivel mundial, proporciona la metodología más avanzada hasta el momento para poder predecir la evolución de la vida del firme. El objeto de este artículo es realizar una descripción del programa HDM-4 y subrayar los requisitos a exigir para su posible aplicación en la red de carreteras española. Se tendrá en cuenta la calibración del modelo y su inclusión en el sistema de gestión vial.

Conclusiones:

1. El HDM-4 no es un sistema de gestión en sentido estricto, sino más bien un procedimiento para la evaluación de inversiones para la conservación de carreteras. En resumen, define cómo emplear un determinado presupuesto destinado al mantenimiento y uso de las carreteras para la mejora de su serviciabilidad. El modelo HDM-4 contempla simultáneamente tres aspectos de la carretera:



- Las características de diseño, la calidad de construcción y los costes de ejecución.
- Las técnicas utilizadas en la conservación, la influencia de cada una de ellas en el comportamiento y en el estado de la superficie, y los costes correspondientes en cada caso.
- Las características del tráfico de vehículos de las diferentes categorías y los costes de operación correspondientes.

2. A partir de esta información el programa permite predecir a lo largo de la vida útil del firme, que suele durar entre 15 y 40 años, la evolución del estado de la carretera. En función de dicho estado se establecen distintas alternativas de actuación y se calculan los costes para poder así elegir la alternativa óptima. Los parámetros económicos obtenidos del análisis se utilizarán, por tanto, como uno de los criterios a tener en cuenta dentro el proceso de toma de decisiones. Es necesario disponer de una gran cantidad de información en un periodo de tiempo suficientemente dilatado. Información que en algunos casos no se dispone y que puede llegar a ser muy difícil de obtener técnica y económicamente hablando. Por el contrario, la ventaja de HDM-4 es convertirse en un marco de estudio reconocido internacionalmente, con alta transparencia de investigación y suficiente experiencia técnica para realizar calibraciones locales.

## **2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes**

### **2.2.1. Generalidades sobre Ingeniería de Pavimentos.**

#### **2.2.1.1. Pavimentos.**

Para el (MTC, 2014), se denomina pavimento a un conjunto de capas superpuestas horizontales y paralelas. El pavimento está técnicamente diseñado y construido con materiales adecuados y totalmente compactado sobre la subrasante de una vía obtenida mediante el movimiento de tierras, que permita el tránsito y que han de resistir las cargas de este durante el periodo de vida que fueron diseñadas, sin generar desperfectos que afecten a la seguridad o comodidad del usuario.

Para él (MTC, 2014) los componentes de la estructura del pavimento son:

Capa asfáltica:

Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso flexible, de concreto rígido o de adoquines, cuya función es mantener una circulación de tránsito fluida.

Base:

Capa que se encuentra bajo la capa de rodadura, y su función principal es soportar, distribuir y transmitir la carga provocada por el tráfico. Esta capa será de material granular drenante  $\text{CBR} \geq 80\%$  o tratada con asfalto, cal o cemento.

Subbase:

Esta es una capa de material designada con un espesor de diseño para sostener a la base y a la carpeta de rodadura. Además, también se utiliza como capa de drenaje y regulador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y tamaño del pavimento, esta capa puede ignorarse. La capa puede ser de material granular  $\text{CBR} \geq 40\%$  o tratarse con asfalto, cal o cemento.

Los elementos que componen la estructura del pavimento se pueden presenciar en la figura 4.

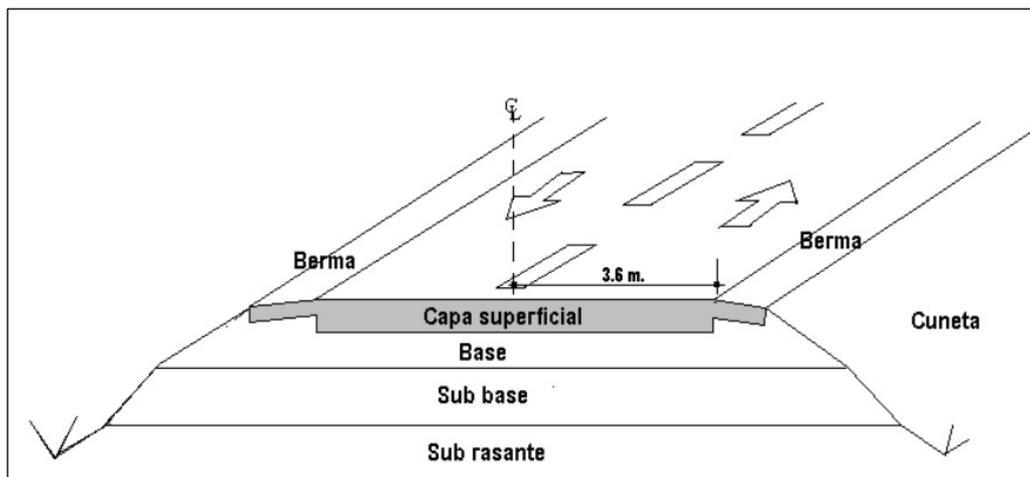


Figura 4: Estructura típica de un pavimento asfáltico.

Fuente: Sánchez. (2016).

### 2.1.1.2. Características que Debe Reunir un Pavimento.

Según (Montejo, 2002), las características que un pavimento debe tener para cumplir adecuadamente sus funciones son:

Resista el efecto de la carga impuesta por la circulación vehicular.

Ser resistente ante los agentes de intemperismo.



Presenta una textura superficial adecuada a las velocidades esperadas del tránsito vehicular, porque tiene un impacto decisivo en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

Debes ser duradero.

Presentar condiciones adecuadas al respecto del drenaje.

El ruido de la rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.

Debe ser económico.

Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

### **2.2.1.3 Pavimentos Flexibles.**

Según él (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, 2014) y (Montejo, 2002), este tipo de pavimentos consta de una carpeta de asfalto que generalmente se apoya en dos capas no rígidas, capa base y capa subbase. Como carpeta de rodadura, está compuesta de materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y si es necesario aditivos.

### **2.2.1.4 Función de los pavimentos flexibles.**

En el Perú los pavimentos flexibles se usan generalmente para las vías departamentales ya que su composición compacta pero bastante plástica permite absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tránsito Pesado, (Menéndez, 2009) determina la función estructural de los pavimentos como la de proporcionar a los usuarios una circulación segura, cómoda, confortable y sin demoras, así como proporcionar a los vehículos acceso bajo cualquier condición climatológica.

Otra función importante de los pavimentos es cumplir los requerimientos medioambientales y estéticos, así como limitar el ruido y la contaminación del aire.

A su vez (Montejo, 2002), distribuye la función de los pavimentos flexibles en función a sus capas.



Subbase granular.

Una de las principales funciones de esta capa es la de ser económica, ya que al distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar una capa de menor calidad en la parte inferior del pavimento, se aumentará al espesor total del pavimento, a pesar de esto resulta ser más económico.

Otra función de la base también es ser capa de transición ya que actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminan disminuyendo su calidad.

La disminución de las deformaciones es otra de las funciones de la subbase ya que ésta impide que las deformaciones de la subrasante asociados a expansiones por cambios en su contenido de agua o cambios de temperatura, se transmitan a la superficie de rodamiento.

La subbase también debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores un nivel adecuado de la subrasante.

En muchos casos la subbase debe drenar el agua que se introduce a través de la carpeta asfáltica o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar del agua.

Base granular.

La función principal de la base granular de un pavimento es proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito.

Carpeta.

Es la capa de rodamiento que debe proporcionar una superficie uniforme y sólida para la circulación vehicular, con la textura y el color apropiado, a su vez debe resistir el efecto de abrasión generado por el tránsito.

Debe ser resistente, lo más impermeable posible e impedir el paso de agua al interior del pavimento.

#### **2.2.1.5 Ventajas y desventajas de los pavimentos flexibles.**

Según (AASHTO-93, 2006); Plantea entre las ventajas y desventajas de utilizar pavimento flexible.



Ventajas:

El fácil financiamiento por su bajo costo inicial.

Tanto la construcción como el mantenimiento se realizan en un tiempo más corto.

La marcha de los vehículos es más suave por no tener juntas de dilatación.

Los pavimentos existentes pueden utilizarse como base cuando se coloque una nueva capa.

Desventajas:

Ocasionan mayores gastos de mantenimiento.

Menor tiempo de vida útil.

Requieren de una planta de asfalto y equipos especializados para su construcción.

Las deformaciones y los deterioros disminuyen la seguridad y la comodidad.

#### **2.2.1.6. Ciclo de vida de un pavimento flexible.**

Según (Rodríguez & Rodríguez, 2004), las fases por las que atraviesa un pavimento flexible durante su ciclo de vida en función a su comportamiento son las siguientes:

Fase de consolidación:

Esta es la etapa inicial de la vida útil del pavimento flexible, debido a la carga transmitida por los neumáticos de los vehículos, las distintas capas del pavimento flexible sufren cierto grado de consolidación. Este es un período relativamente corto y tiende a estabilizarse rápidamente.

Depende de la compactación que reciben las diversas capas durante la construcción y no debe ocurrir si ésta ha sido suficiente.

Fase elástica:

Se inicia inmediatamente después de la fase de consolidación y corresponde al periodo de vida útil del pavimento. Si se produce una fase de consolidación, cada carga provoca una deformación permanente, y luego tiende a transformarse en una deformación transitoria de tipo elástico de recuperación instantánea, que hace que cada neumático se mueva verticalmente hacia abajo (deflexión), y se recupere después de pasar el vehículo (rebote). En la fase elástica, no se producen daños generales en el pavimento, salvo deformaciones o daños locales provocados por defectos materiales, excesiva humedad, etc.



En esta fase, las deformaciones elásticas causadas por las cargas, producen esfuerzos de tensión en las capas asfálticas y de compresión en las capas granulares. La vida de un pavimento depende de esta fase, de su duración, lo cual está íntimamente ligado a las deflexiones que pueda sufrir el pavimento. Los estudios de pavimentos en uso han demostrado que aquellos pavimentos que muestran baja deflexión generalmente tienen un periodo de vida más extenso, mientras que los pavimentos que presentan alta deflexión tienen un periodo de vida corto.

Fase de fatiga:

Esta es la etapa final de la vida de la estructura. La deflexión provocada por el paso continuo de los neumáticos del vehículo generará un esfuerzo de tracción en el revestimiento asfáltico, que comienza a acumularse desde la fase elástica hasta que la capa se rompe por fatiga después de un cierto número de transmisiones o pasadas, en ese momento toda la pista comienza a colapsar gradualmente, lo que en realidad significa reconstruirla. La falla por fatiga comienza con la aparición de grietas longitudinales a medida que el tráfico pasa repetidamente y el agua superficial penetra en el pavimento, la estructura colapsa llegando al final el periodo de vida útil del pavimento.

Finalmente, podemos ver el deterioro del pavimento flexible en la Figura 5.

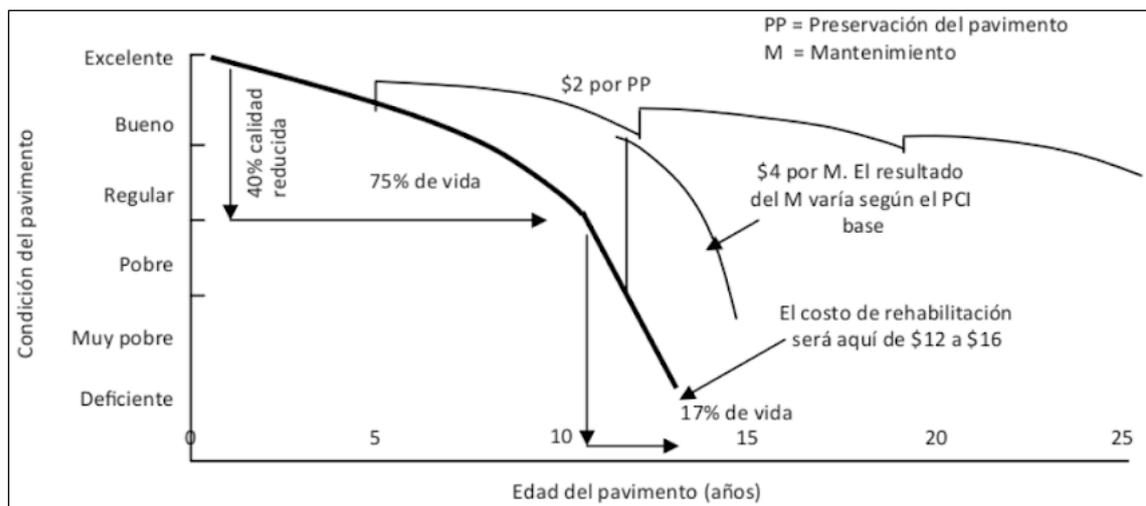


Figura 5: Deterioro del pavimento e implicaciones de las rehabilitaciones.

Fuente: Núñez y Pérez. (2005).

### 2.2.1.7. Diseño Geométrico.

(Cárdenas, 2013), define el diseño geométrico de carreteras como:” El proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso



de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal.”  
(p. 37)

Clasificación de las carreteras según su función.

(Cárdenas, 2013), clasifica las carreteras según su función de la siguiente manera:

Carreteras primarias o de primer orden: Son las vías que unen las capitales de los departamentos

Carreteras secundarias o de segundo orden: Son aquellas que unen las municipalidades y se conectan a las carreteras de primer orden.

Carreteras terciarias o de tercer orden: Permiten entre dos o más veredas de una municipalidad.

Clasificación de las Carreteras Según su Demanda.

(MTC, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles, 2018), clasifica las carreteras según su demanda de la siguiente manera:

Autopista de primera clase: IMDA mayor a 6000 vehículos por día, con dos o más carriles de 3.6 m de ancho como mínimo.

Autopista de segunda clase: IMDA entre 6000 a 4001 vehículos por día, con dos o más carriles de 3.6 m de ancho como mínimo.

Carreteras de primera clase: IMDA entre 4000 a 2001 vehículos por día, de dos carriles de 3.6 m de ancho como mínimo.

Carreteras de segunda clase: IMDA entre 2000 a 400 vehículos por día, de dos carriles de 3.3 m de ancho como mínimo.

Carreteras de tercera clase: IMDA menores a 400 vehículos por día, de dos carriles de 3 m de ancho como mínimo.

Trochas carrozables: IMDA menores a 200 vehículos por día, calzada de 4 m de ancho como mínimo.

Clasificación de las Carreteras Según su Orografía.

(MTC, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles, 2018), clasifica las carreteras según su orografía de la siguiente manera:

Terreno plano o tipo 1: Pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 10% y pendientes longitudinales menores al 3%.



Terreno ondulado o tipo 2: Pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6%.

Terreno accidentado o tipo 3: Pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100% y pendientes longitudinales entre 6% y 8%.

Terreno escarpado o tipo 4: Pendientes transversales al eje superan el 100% y pendientes longitudinales menores mayores al 8%.

Diseño geométrico horizontal.

(Cárdenas, 2013) define el diseño geométrico horizontal como “la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas” (p. 38).

Diseño geométrico vertical.

(Cárdenas, 2013) define el diseño geométrico vertical como “El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante o sub-rasante.” (p. 307)

#### **2.2.1.8. Índice Medio Diario IMD.**

El (MTC, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles, 2018) define el IMD como el número de vehículos promedio que utilizan una vía por día. El IMD proporciona la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y permite desarrollar programas de mejoras y mantenimientos

#### **2.2.1.9. Índice de Regularidad Internacional (IRI).**

(Sánchez & Solminihac) s.f., indica que el IRI presenta una escala de valores para la medida de la regularidad superficial de las vías, este índice simula la respuesta de los vehículos al circular por una carretera a 80 km/h y por lo tanto permite determinar factores como seguridad, confort y costo de uso de los vehículos.

Para definir el IRI se utiliza un modelo matemático para simular la suspensión y la masa de un vehículo típico, conduciendo en una sección de la carretera a una determinada velocidad.



#### **2.2.1.10. Escala de Valores de IRI.**

Valores aproximados de IRI para diferentes tipos de carreteras según (Sánchez & Solminihaç) s.f.:

IRI = 0 a 2: Aeropuertos y autopistas.

IRI = 1.5 a 3.5: Pavimentos nuevos.

IRI = 2.5 a 6: Pavimentos usados.

IRI = 3.5 a 10: Carreteras sin pavimentar, pero con cuidados.

IRI = 4 a 11: Pavimentos degradados.

IRI = 8 a 15: Carreteras sin pavimentar y sin cuidados.

#### **2.2.1.11. Relación entre valores de IRI y características de circulación.**

Valores aproximados de IRI para diferentes características de circulación según (Sánchez & Solminihaç) s.f.:

IRI = 0 a 3: Se circula confortablemente a más de 120 km/h. no se detectan baches y ondulaciones, la capa de rodadura es de gran calidad.

IRI = 3 a 6: Se circula confortablemente hasta 100 - 120 km/h. hay algunos baches y otros defectos (1 - 2 cada 50 m.). Si la superficie no tiene defectos, entonces está algo ondulada.

IRI = 6 a 9: Se circula confortablemente hasta 70 - 90 km/h. hay baches ocasionales (1 - 3 cada 50 m.). Si la superficie no tiene defectos, entonces tiene grandes ondulaciones.

IRI = 9 a 12: Se circula confortablemente hasta 50 - 60 km/h. hay baches frecuentes (4 - 6 cada 50 m.).

IRI = 12 a 15: Es necesario circular a menos de 50 km/h. hay muchos baches (8 - 16 cada 50 m.). El pavimento está muy degradado.

#### **2.2.1.12. Capacidad de Soporte o CBR.**

(Sánchez F. , ¿Qué es el CBR?, 2020) describe a CBR como la propiedad que representa la capacidad portante de la sub- rasante; CBR es una prueba para evaluar la capacidad portante y calidad de los suelos en función de la resistencia, medida por la prueba de la tabla de escala. El acrónimo CBR significa California Bearing Ratio, ya que la prueba fue desarrollada por el Departamento de Transporte de California antes de la Segunda Guerra Mundial.

Aunque se desarrolló en 1925, la prueba ha aparecido en la norma norteamericana ASTM (American Test and Material Standard) desde 1964. A pesar de las diversas limitaciones, hoy



en día, debido al costo relativamente bajo de ejecución en comparación con las pruebas triaxiales, la CBR es una de las pruebas más extensas y aceptadas en el mundo porque está relacionada con el diseño de carreteras. y métodos semi-empíricos.

De acuerdo con ASTM, CBR es una prueba de carga que usa un pistón de metal con un área de 0.5 pulgadas cuadradas para penetrar la superficie del suelo compactado en un molde de metal a una tasa de penetración constante. CBR es un parámetro de prueba, definido como la relación entre la carga unitaria requerida para penetrar 0.1 pulgada 0.25 cm y 0.2 pulgada 0.5 cm de suelo en el pistón y la unidad de carga requerida para penetrar la misma cantidad. Sobre grava estándar bien graduada; esta relación se expresa como un porcentaje.

(Sánchez F. , ¿Qué es el CBR?, 2020) clasifica la capacidad portante de la subrasante en relación al porcentaje de su CBR según la tabla 1.

CBR	CLASIFICACIÓN
<3%	S <sub>0</sub> Subrasante inadecuada
≥3% a <6%	Subrasante insuficiente
≥6% a <10%	Subrasante regular
≥10% a <20%	Subrasante buena
≥20% a <30%	Subrasante muy buena
≥30%	Subrasante excelente

Tabla 1: Evaluación de terrenos según su CBR.

Fuente: Sánchez (2020).

### 2.2.1.13. Numero Estructural.

(AASHTO-93, 2006) define a el parámetro denominado número estructural SN (structural number); como fundamental para la determinación de los espesores de las capas que conforman el pavimento las cuales son la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase; la ecuación que se muestra a continuación está en función de unas variables de diseño tales como el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros:

$$\log(W) = ZR.S_o + 9,36.\log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2,32.\log(MR) - 8.07$$

Formula 1: Numero Estructural.

Fuente: AASHTO-93 (2006).



Dónde:

W: Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño.

ZR: Desviación estándar normal

So: Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural

$\Delta$ PSI: Diferencia entre índice de servicio inicial y final deseado

MR: Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante (en libras/pulgada<sup>2</sup>)

SN: Número estructural

Es el número que expresa la resistencia del pavimento en términos del valor de soporte del suelo, del equivalente diario de 18 kips de carga por eje, del índice de utilidad y del factor regional. Los coeficientes adecuados convierten el valor SN en el espesor real de la carpeta, de la base y de la subbase para esto de disponer de ábaco mostrado en la figura 6.

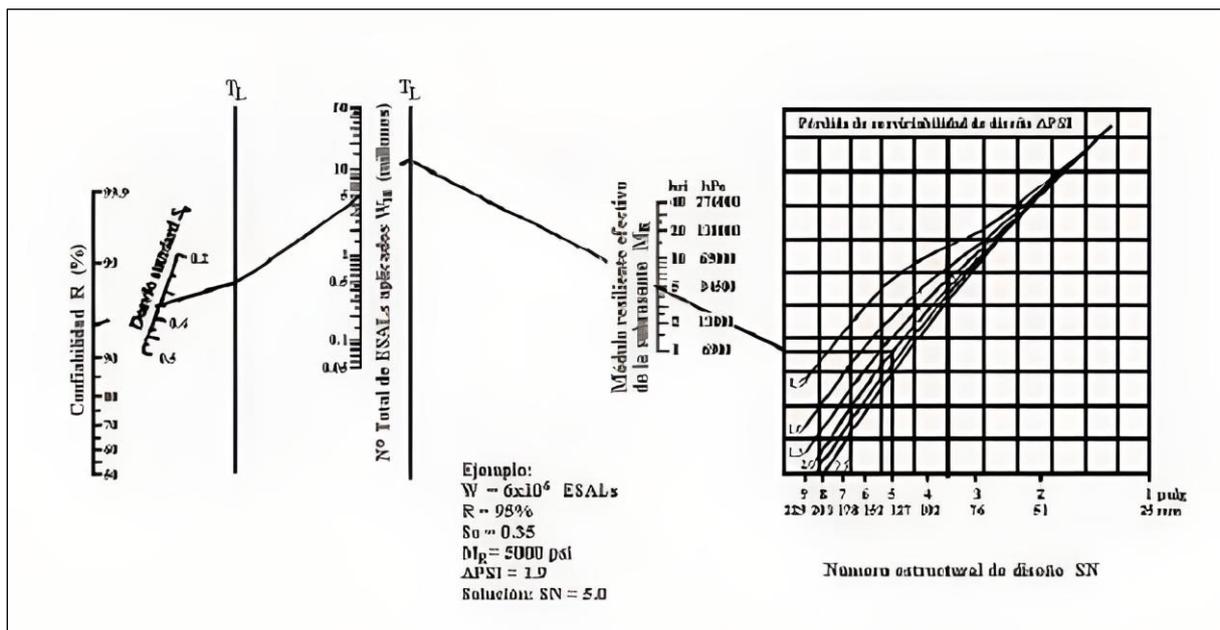


Figura 6: Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.

Fuente: ASSHTO, Guide for Design of Pavement Structures (1993).



#### 2.2.1.14. Modulo Resiliente.

(IMT, 2001) define el término módulo resiliente como la magnitud del esfuerzo desviador repetido en compresión triaxial dividido entre la deformación axial recuperable y se representa como sigue:

$$M_r = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\varepsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_{axial}}$$

Donde:

$\sigma_1 =$  Esfuerzo principal mayor

$\sigma_3 =$  Esfuerzo principal menor

$\sigma_d =$  Esfuerzo desviador

$\varepsilon_{axial} =$  Deformación recuperable

Formula 2: a) Modulo Resiliente.

Fuente: IMT (2001).

El Módulo Resiliente del suelo varía de acuerdo al CBR de la sub-rasante, el módulo resiliente ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$M_R(psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

Formula 3: b) Modulo Resiliente.

Fuente: IMT (2001).

### 2.2.2. Gestión de Pavimentos.

#### 2.2.2.1. Definición de gestión de pavimentos.

(AASHTO-93, 2006), define un sistema de gestión de pavimentos como una serie de herramientas y métodos que ayudan a la toma de decisiones para encontrar una estrategia para evaluar y mantener los pavimentos en buenas condiciones de serviciabilidad en un período determinado de tiempo, las herramientas y métodos usados deben otorgar alternativas realistas y económicamente óptima a fin de asegurar su efectividad.



### 2.2.2.2. Importancia de la conservación de pavimentos.

Los caminos son vitales para la sociedad, afectan el bienestar económico y el desarrollo de la misma por este motivo es importante mantener las vías en adecuadas condiciones dándole el mejor mantenimiento posible con los fondos disponibles.

### 2.2.2.3. Estructura general de gestión de pavimentos.

(Solminihac, 2001), define la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos de la siguiente manera:

**Planificación:** Incluye obtener información sobre el tráfico, evaluar las deficiencias de la red, asignar prioridades y organizar las etapas para realizar el trabajo necesario. En esta etapa, las decisiones de inversión se toman teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias.

**Diseño:** Obtener información sobre materiales, transporte, costo, etc. posterior a ello desarrollar alternativas de diseño, analizar y comparar sus características para elegir una de ellas.

**Construcción:** Incluye planificación del trabajo en obra, operaciones de desarrollo de construcción y actividades de control de calidad del proyecto.

**Mantenimiento:** Desarrollar un plan de trabajo de mantenimiento basado en el presupuesto y el grado de deterioro.

**Evaluación:** Se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales.

## 2.2.3. Sistema de Gestión de Pavimentos.

### 2.2.3.1. Concepto de sistema de gestión.

(Kaplan & Norton, 2008) “Conjunto integrado de procesos y herramientas que utiliza una organización para desarrollar su estrategia, traducirla en acciones operacionales, monitoreando y mejorando la eficacia de ambas”. Podemos decir que un sistema de gestión comprende varios elementos interrelacionados los cuales operan en conjunto para lograr un objetivo, en un sistema de gestión se distinguen los siguientes elementos.

Entrada: Información que ingresamos al sistema.

Salida: Los reportes y resultados luego de su procesamiento.

Proceso: Son las actividades que realiza el sistema para convertir la información que ingresamos en reportes y resultados

Medio ambiente: El medio en el que se maneja y limita el sistema.

Retroalimentación: Es el mecanismo del sistema para corregir su desempeño.



### **2.2.3.2. Aplicación del concepto de sistema a la gestión de pavimentos.**

(Montoya J. , 2007) nos indica que un sistema de gestión de pavimentos debe incluir una serie de actividades coordinadas relacionadas con la planificación, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación e investigación de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial.

Su propósito principal es establecer un método de monitoreo y evaluación continua del estado de los pavimentos que garanticen un transporte seguro, cómodo y económico,

El sistema debe ser actualizable, permitir comparar alternativas e identificar la mejor, basando sus decisiones en atributos, criterios y restricciones cuantificables, además debe permitir la retroalimentación de la información para evaluar los resultados de las decisiones tomadas

Los elementos que conforman un sistema de gestión de pavimentos se pueden resumir en:

Información de la red vial.

Información del estado funcional y estructural de la vía.

Modelos de predicción del comportamiento del pavimento durante su vida útil.

Estándares de conservación para el deterioro actual y futuro del pavimento.

Evaluación económica de las distintas alternativas de conservación.

### **2.2.4. Modelo HDM-4.**

#### **2.2.4.1. Reseña histórica.**

El software HDM-4 nace a razón de la necesidad de crear una metodología que pudiera evaluar la viabilidad de los proyectos viales así que indica que los primeros estudios desarrollados para el sistema de evaluación de carreteras fueron financiados por el Banco Mundial en 1968. (Núñez & Pérez, 2005), nos indica que las investigaciones para el desarrollador del sistema HDM de evaluación de carreteras fueron financiados por el Banco Mundial en 1968.

Varias instituciones estadounidenses han colaborado con el Laboratorio de Investigación de Transporte Británico en un proyecto para evaluar el impacto de las acciones de construcción y mantenimiento. Estos estudios llevaron al primer modelo: el modelo de costos de carreteras, desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts. Desde entonces, el modelo se ha mejorado en base a diversos trabajos realizados principalmente en países en desarrollo.



La última versión del programa HDM-4 actualiza el modelo e incorpora nuevos aspectos en el análisis, como la modelización del comportamiento de pavimentos rígidos, los efectos de la congestión, el consumo energético e impactos ambientales.

Según datos de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), que gestiona y difunde el programa desde 1998, el programa se ha aplicado en más de 100 países y la distribución se observa en la figura 7.



Figura 7: Uso internacional del software HDM-4.

Fuente: Nuñez y Pérez. (2005)



#### 2.2.4.2. Descripción del modelo HDM-4.

El objetivo del modelo HDM-4 que nos da (Núñez & Pérez, 2005) es optimizar el costo del transporte por carretera, que es la suma del costo asumido por el estado, el costo incurrido por los usuarios y los costos administrativos que incluyen los costos incurridos por la reparación de carreteras y mantenimientos posteriores. Para el usuario, el costo se evalúa en función del costo operativo del vehículo, el consumo de combustible, costo del tiempo de viaje, costo de accidentes, etc.

En particular el HDM-4 puede evaluar ambos flujos de costos para un determinado periodo de análisis. el año de inicio del análisis puede ser el año de construcción, el año de puesta en servicio o el año actual, el programa determinará la evolución de las condiciones durante el resto de vida útil del pavimento. En función de su estado se establecen las diferentes alternativas de acción y se calculan los costes generados.

La metodología HDM-4 puede aplicarse a pavimentos rígidos, flexibles y vías afirmadas, puede aplicarse en diferentes momentos del ciclo de vida del proyecto como puede ser en:

- Perfil: Para la evaluación social a nivel de perfil de la iniciativa de pre-inversión.
- Factibilidad: Para identificar la alternativa optima rentable socialmente.
- Diseño: Para la estimación del plan de conservación con base en diseño.
- Construcción y puesta en marcha: Para la Actualización del plan de conservación con base en el proyecto construido.
- Conservación y mejoramiento: Para la actualización del plan de conservación em función del deterioro real y considerando el efecto de las actuaciones realizadas.
- Seguimiento y Operación: Para la evaluación del efecto de la evolución de las solicitudes y o cambios en el calendario de actuaciones.
- Evaluación expos: Para le evaluación y retroalimentación de la gestión realizada durante el ciclo de vida.

El análisis en HDM-4 se realiza en módulos:

En el primer módulo se introducen los datos de la partida.



El segundo módulo evalúa los deterioros de la carretera en este se realizan una serie de análisis a partir de los modelos siguientes:

Deterioro de la carretera (RD): predice el deterioro del firme.

Efectos de los trabajos (WE): Implementa programas de mantenimiento y determina sus costes.

Efectos sobre los usuarios (RUE): Determina los costes de circulación de los vehículos, accidentes y el tiempo de viaje.

Efectos sociales y medioambientales (SEE): Determina los efectos producidos por emisiones y ruidos y predice el número de accidentes y la cantidad de consumo de energía.

El tercer módulo realiza un análisis presupuestal, el cual implica calcular los indicadores económicos de las diferentes medidas de protección propuestas. Finalmente,

El cuarto módulo, genera resultados, brinda información sobre las condiciones de los pavimentos, los costos operativos del vehículo y Análisis Económico.

Además, es muy importante recordar que, para utilizar el modelo, se debe tener una base de datos que no esté incluida en el programa. Dependiendo de la complejidad del análisis a realizar, se debería considerar al menos lo siguiente:

- Sistema de referenciación.
- Tráfico.
- Clima.
- Inventario.

El sistema de referencia debe permitir definir todas las carreteras de la red, sus ubicaciones y las ubicaciones de cualquier punto en ellas. La evolución de las condiciones de la carretera depende de la intensidad y composición del tráfico que circula por la carretera, por lo que es necesario evaluar su impacto; este impacto se mide en los siguientes cuatro aspectos:

Intensidad, composición y crecimiento del tráfico.

Carga por eje y número de ejes.

Capacidad y relaciones capacidad-velocidad de la carretera.

Distribución horaria de la intensidad de tráfico.

El plan establecerá una clasificación para cada área de estudio según el tipo de clima, teniendo en cuenta la temperatura, humedad y lluvia.



En cuanto al inventario, se debe establecer un sistema de gestión, que dependerá de su costo, la precisión requerida y la posibilidad de mejora a largo plazo. La información que prepara se puede obtener de datos históricos de diferentes fuentes, elementos originales o reacondicionados, datos de campo, esto incluye la memoria de las personas involucradas en tareas laborales y de protección. El contenido básico del inventario de carreteras incluye los siguientes aspectos:

Características geométricas: ancho, curvaturas, pendientes y la ramificación correspondiente.

Características del suelo, drenaje y obras de evacuación y canalización de aguas.

Datos de la sección del pavimento: características de los materiales de cada capa y espesores.

Historial del pavimento y rehabilitaciones efectuadas. Si se cuenta con información suficiente el análisis histórico puede ser muy productivo al comprobar la evolución de los modelos.

### 2.2.4.3. Deterioro de la carretera (RD).

(Núñez & Pérez, 2005) indica que el deterioro de la carretera dependerá de muchos factores como: el diseño geométrico, sección del pavimento elegido, capacidad estructural, calidad de la construcción, crecimiento del tráfico, condiciones medioambientales y políticas de conservación. Todos estos factores intervienen en el modelo para predecir el deterioro del pavimento.

El modelo permite estudiar el comportamiento de cualquier carretera ya sea de pavimento flexible o rígido y hasta caminos sin pavimentar, la Tabla 2 muestra la clasificación general de los materiales utilizados en la capa de rodadura y la capa base de un pavimento con pavimento asfáltico.

Tipo de capa de rodadura		Materiales de la capa de rodadura	
Abreviatura	Descripción	Abreviatura	Descripción
AM	Mezcla bituminosa	CM	Mezcla bituminosa en frío
		HRA	Mezcla bituminosa en caliente
		PA	Mezcla bituminosa drenante
		PMA	Mezcla bituminosa con betún modificado con caucho de neumático.
		RAC	Mezcla bituminosa con betún modificado con caucho de neumático
ST	Tratamiento superficial	CAPE	Riego de sellado superficial
		DBSD	Tratamiento superficial doble
		SBSD	Tratamiento superficial sencillo
		PMA	Macadam de penetración
		SL	Lechada bituminosa



Tipos de base		Materiales de la capa de base	
Abreviatura	Descripción	Abreviatura	Descripción
GB	Base granular	CRS	Zahorra artificial
		NG	Zahorra natural
AB	Base bituminosa	AB	Base bituminosa
SB	Base estabilizada	CS	Estabilización con cemento
		LS	Estabilización con cal

Tabla 2: Descripción de los materiales de la capa de rodadura y base.

Fuente: Nuñez y Pérez. (2005).

El procedimiento general capaz de simular el deterioro de cada tramo de carretera en un año en concreto, se puede estructurar según los siguientes pasos:

A. Entrada de datos:

Definir el estado del pavimento, en primer lugar, es necesario comprender el estado de la carretera al comienzo de la fase de análisis. Para identificar estrictamente su estado, es necesario determinar su composición de materiales, capas, estado de drenaje, vida útil, medidas tomadas, condiciones ambientales y datos de tráfico de la zona.

B. Cálculo del estado del pavimento.

El modelo considera los siguientes deterioros:

**Fisuración:** Se consideran dos tipos de fisuración:

- Fisuración estructural; debido a las cargas del tráfico, edad y condiciones medioambientales, son fisuras estrechas de 1 a 3 mm de ancho y fisuras anchas las mayores a 3 mm de ancho.
- Fisuración térmica: generalmente causado por cambios extremos de temperatura o condiciones de congelamiento y deshielo.

Cada tipo de fisuración se modela por separado para predecir las etapas de inicio y desarrollo de la fisuración. Una de las variables a considerar es el indicador de defectos de construcción. El modelo de fisuración predice la suma del área rectangular en deterioro, expresada como un porcentaje del área total de la carretera.

**Desprendimiento de áridos:**

Debido a los métodos de construcción utilizados, las especificaciones técnicas, la disponibilidad de materiales y las condiciones reales locales, este tipo de degradación varía mucho según la región donde se produzca. El modelo para calcular el inicio y desarrollo del desprendimiento



depende fundamentalmente del índice de defectos de construcción y el número de ejes equivalentes. El modelo predice el área de pérdida de material en la superficie del pavimento como un porcentaje del área total de la superficie de la carretera.

**Baches:**

Se definen como agujeros en la superficie del pavimento. El inicio y evolución de la formación de baches se modela en función del grado de fisuras y el porcentaje de desprendimiento de áridos, que se ha calculado previamente. Estos modelos también involucran los siguientes parámetros:

Espesor de la capa de rodadura.

Indicadores de los defectos de construcción.

Número de ejes equivalentes.

Precipitación media mensual.

El resultado se expresa en número de baches con un área de 0.1 m<sup>2</sup> por kilómetro. la capacidad de cada uno de estos baches se asume de 100 milímetros de profundidad.

**Rotura del borde:**

Ocurren en la berma de una carretera estrecha donde las ruedas pasan muy cerca del borde de dicha berma, el modelo predice que esto no sucederá en carreteras donde el ancho de carril sea mayor a 7.5 metros, los parámetros a evaluar son:

IMD.

Porcentaje de tiempo durante el cual los vehículos utilizan la berma debido a la anchura de la carretera.

Escalón existente entre el pavimento y la berma.

Precipitación media mensual.

Velocidad media de circulación.

Anchura de la calzada.

El modelo predice la pérdida de material en m<sup>2</sup>/Km al año.



### C. Verificación.

Al evaluar el deterioro de la superficie de una carretera, es importante asegurarse de que la suma de las superficies dañadas y no dañadas sea igual al 100%, el área total considerada se verá afectada por los siguientes factores que son:

Fisuración.

Desprendimiento de áridos.

Baches.

Rotura del borde.

Área sin desperfectos

### D. Cálculo de las características superficiales del pavimento.

Para predecir las características de la superficie, se aplica un modelo en función de estudios anteriores de deterioro, a su vez se estudian las roderas, la rugosidad de la superficie, además se evalúa la textura y su comportamiento al deslizamiento:

#### **Roderas:**

Se evalúan al final del año de análisis una vez calculado el deterioro. la profundidad de las roderas se mide en milímetros y se define como la suma de cuatro factores.

Densificación inicial, que depende del grado de compactación de la base y la sub base.

Deformación estructural, evaluada antes y después del agrietamiento. Dependerá del número estructural ajustado, el número de ejes equivalentes y la media mensual de precipitación.

Deformación plástica. se debe a cambios en las propiedades del material. Depende del punto El ablandamiento del asfalto y el porcentaje de huecos en la mezcla.

Utilización de neumáticos con cadenas o clavos su impacto en el viaje dependerá del porcentaje de vehículos con cadenas, el uso de sal para evitar la congelación, velocidad media de circulación y ancho de vía.

#### **Rugosidad:**

El modelo para predecir cambios en la regularidad dependerá de los siguientes aspectos:

La capacidad de carga estructural del pavimento

El grado de agrietamiento del pavimento.

Profundidad de la rodera.



Número de baches por kilómetros

Las condiciones ambientales, que incluyen temperatura, variaciones de humedad y deformación del terreno.

El modelo predice el aumento de la regularidad de la superficie es una función de la suma de estos cinco factores, representados por el IRI. El programa determina el incremento de regularidad desde el valor inicial al valor de regularidad final del período de análisis especificado, generalmente un año.

### **Textura superficial:**

El modelo evalúa las texturas macro y micro por separado. Determina los cambios en estas dos características a lo largo de la vida del pavimento. La profundidad de la textura, la macro textura, depende básicamente del número de ejes equivalentes que circulan por la carretera. La predicción de la resistencia antideslizante caracterizada por la micro textura depende de la intensidad del tráfico y de la velocidad media de movimiento.

E. Almacenamiento de los resultados.

Los valores obtenidos se guardan con tres fines:

- Su uso posterior en modelos; de efectos de los trabajos, efectos para los usuarios, efectos sociales y medioambientales.
- Actualización de datos para el próximo periodo de análisis.
- Elaborar informes sobre la evolución del estado del pavimento.

#### **2.2.4.4. Efectos de los trabajos (WE).**

(Núñez & Pérez, 2005) indica que es necesario determinar el tipo de acción de conservación a tomar de acuerdo con los objetivos de la autoridad competente. Para simular sus efectos, deben analizarse una serie de modelos matemáticos que estiman las medidas para cada tipo de desempeño. De esta forma, el administrador de las carreteras estimará los fondos necesarios para el desarrollo y protección de la red. El programa clasifica los tipos de trabajo por categoría, de esta manera se definen dos categorías diferentes: conservación y desarrollo, que se visualiza en la Tabla 3.



<b>Categoría</b>	<b>Clase</b>	<b>Tipo</b>	<b>Actividad/Operación</b>
Conservación	Conservación rutinaria	Actuaciones sobre el firme	Bacheo, reparación del borde, sellado de fisuras, relleno puntual, reparación de los arcenes, etc.
		Drenaje	Reparación de alcantarillas y limpieza de drenajes
		Rutinas diversas	Control de la vegetación, marcas viales, señalización, etc.
	Conservación periódica	Tratamiento preventivo	Sellado de humo, rejuvenecimiento, ajuste de pasadores de transferencia de carga, sellado de juntas, etc.
		Renovación superficial o restauración	Tratamiento superficial, lechada bituminosa, sellado de la capa de rodadura, reemplazo de la losa, molida de diamante, etc.
		Rehabilitación	Refuerzo fino, fresado y reemplazo, incrustación, refuerzo.
		Reconstrucción	Reconstrucción parcial, reconstrucción total del firme.
	Actuaciones especiales	Emergencia	Limpieza de escombros, limpieza y reparación de socavones, retirada de accidentes, etc.
Desarrollo	Mejora	Invierno	Retirada de nieve, adición de sal, gravilla, etc.
		Ampliaciones	Ensanchamiento parcial, adición de un carril.
		Mejora del trazado	Mejoras geométricas verticales y horizontales, mejoras geométricas en las intersecciones.



		Obras fuera de la calzada	Control de la vegetación, marcas viales, señalización, etc.
	Construcción	Aumento de capacidad	Cambio del tipo de capa de rodadura y mejora geometría longitudinal y transversal de una carretera existente.
		Tramos nuevos	Construcción de un tramo de carretera nuevo o desdoblamiento de una existente.

Tabla 3: Clasificación de los trabajos de mantenimiento.

Fuente: Nuñez y Pérez. (2005).

### Trabajos de conservación.

Son las actividades necesarias para mantener las carreteras en condiciones óptimas para su utilización permanente, en esta categoría tenemos:

**La conservación rutinaria:** Comprende los trabajos que se realizan todos los años.

**La conservación periódica:** Incluye trabajos que planificados para ser realizados a intervalos de varios años.

**Trabajos especiales:** Son aquellos cuya frecuencia no se especifica con anterioridad, son trabajos de emergencia.

### Trabajos de desarrollo.

Los trabajos de desarrollo tienen como objetivo mejorar la capacidad de la red y el nivel de servicio, proporcionando pavimentos de mejor calidad y mejorando las características del pavimento, en esta categoría tenemos:

**Trabajos de mejora:** Su objetivo es aumentar la capacidad de la vía cuando esta se acerca el final de su vida útil o el uso de la vía sufre cambios imprevistos.

**Trabajos de construcción:** El objetivo de construcción va dirigidos a la creación de un tramo nuevo de carretera.

Cálculo de los efectos de los trabajos: El efecto de cada trabajo de conservación se evalúa con el siguiente proceso:

#### A. Criterios de intervención.

Determinan el curso y los límites de los trabajos a realizar. Cada criterio se puede definir de la siguiente forma:

A intervalos de tiempo entre intervenciones, por ejemplo: tratamiento superficial cada 4 años.



En un momento específico de su vida útil, por ejemplo: ampliación en el año 2024.

También se puede definir como una respuesta a un umbral crítico especificado por el usuario en función de las condiciones de la carretera, como son las condiciones del drenaje, la velocidad del vehículo, la intensidad del tráfico y los accidentes.

#### B. Duración de los trabajos.

Se determina cuándo hay que considerar su impacto durante el periodo de análisis, algunos trabajos duran menos de un año, en cuyo caso el impacto se hará efectivo al comienzo del año después del análisis. Suponiendo que las características de la carretera no cambien hasta fin de año cuando se complete el proyecto.

#### C. Costos unitarios de los trabajos.

Para el análisis económico, el número real de acciones que se espera se multiplique por su costo unitario. Las tarifas se especifican en diferentes términos según el tipo de actividad.

Por ejemplo, el costo de refuerzo se define por metro cuadrado, mientras que el costo de drenaje se define por kilómetro.

#### D. Efectos de los trabajos.

A corto plazo dependerá de las condiciones de la superficie de la carretera, por lo que se deben reajustar los parámetros que afectan la resistencia y las condiciones de la superficie de la carretera, por ejemplo, después del refuerzo de fisuración se ajusta a cero, mientras que el IRI se ajusta a 2 m / km. Además, si corresponde, el tipo de pavimento debe ajustarse después de la finalización del proyecto.

A largo plazo, estas modificaciones tendrán un impacto a la hora de evaluar las tasas de deterioro de las carreteras, los costos de los usuarios, el consumo de energía y el impacto ambiental. Por lo tanto, la combinación de efectos a corto y largo plazo puede determinar los beneficios de implementar diferentes combinaciones de criterios de desempeño en diferentes momentos a lo largo del período de análisis.

#### **2.2.4.5. Efectos sobre los usuarios (RUE).**

Los efectos sobre los usuarios de la carretera se evalúan en función de los costes operativos de los vehículos, costos de los accidentes y valor del tiempo de viaje.



#### A. Costo de operación de los vehículos.

Se deben determinar los tipos de vehículos que circulan por la red, el programa calcula la velocidad de circulación bajo varios supuestos de relación velocidad intensidad, los costes de circulación se estiman de acuerdo con las características geométricas, tipo de pavimento y estado de la carretera, el modelo considera los siguientes componentes:

- Consumo de combustible.
- Consumo de aceite.
- Neumáticos y repuestos.
- Mantenimiento del vehículo.
- Depreciación.
- Interés.
- Horas de conductor.
- Gastos generales.

#### B. Costo de accidentes.

Son difíciles de evaluar, aun así, el programa contiene un proceso que consiste en definir una serie de tablas de comparación de escalas de accidentes. Estas tablas son básicamente descripciones generales de las tasas de accidentes esperadas basadas en un conjunto de atributos de tráfico, por ejemplo, tipo y diseño geométrico de la carretera, intensidad de tráfico, existencia de tráfico no motorizado.

#### C. Costos de tiempo de viaje.

Se evalúa en función de la velocidad de movimiento promedio, la distancia y el costo unitario del tiempo de viaje del usuario. La velocidad de circulación media, a su vez, dependerá del estado de la superficie de la carretera, el ancho de la carretera y el trazado, El valor del tiempo de viaje dependerá de la región donde se realice el análisis.

#### **2.2.4.6. Efectos sociales y medioambientales (SEE).**

(Núñez & Pérez, 2005) determina que los costos sociales y ambientales se evalúan en función del consumo de energía y los niveles de emisión de los vehículos. Sus consideraciones permiten adoptar soluciones para reducir su impacto y obtener beneficios, como bajar los costos de circulación, bajar los niveles de contaminación y reducir el consumo de energía.



#### A. Balance energético.

Se evalúa teniendo en cuenta las siguientes categorías:

Energía empleada por vehículos motorizados.

Energía empleada por vehículos no motorizados.

Energía empleada para la construcción y conservación de la red.

#### B. Emisiones.

El programa determina el nivel de emisiones en función del consumo de combustible, que a su vez dependerá de la velocidad de conducción, que se calculó en función de las características de la carretera y del propio vehículo, estos modelos consideran los siguientes componentes:

- Hidrocarburos.
- Monóxido de carbono.
- Óxido de nitrógeno.
- Dióxido de sulfuro.
- Dióxido de carbono.
- Partículas.
- Plomo.

#### C. Otros costes exógenos.

Existen otro tipo de costos que están directamente relacionados con el tipo de vía en estudio y deben incluirse en el análisis económico. Por ejemplo, los beneficios del desarrollo socioeconómico de un área determinada después de la mejora de la red de carreteras; por ejemplo, el aumento de las actividades industriales o agrícolas, el aumento de trabajo, etc. Estos costos no pueden calcularse mediante modelos empíricos porque dependen de muchas variables, que deben determinarse en cada caso. Sin embargo, deben incluirse en el análisis como costos externos, porque su impacto juega un papel decisivo en la selección de las alternativas de conservación.

### **2.3. Hipótesis de la Investigación**

#### **2.3.1. Hipótesis General.**

El aporte del sistema de gestión de pavimentos aplicando el software HDM-4 en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA, es la mejora de toma de decisiones.



### 2.3.2. Sub Hipótesis.

#### Sub Hipótesis No 01:

El diseño geométrico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA, por sus características orográficas se definirá como una vía accidentada al presentar pendientes entre 6% y 8%.

#### Sub Hipótesis No 02:

El tráfico en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA es de tercera clase.

#### Sub Hipótesis No 03:

El diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA cumple con los parámetros establecidos por el MTC para el diseño de carreteras.

#### Sub Hipótesis No 04:

El porcentaje de compactación del suelo de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA tendrá un CBR entre 10% al 20% de compactación.

#### Sub Hipótesis No 05:

El tipo de conservación de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA es “Periódica”, y el costo de conservación es de S/. 58,000.00 por Km.

## 2.4. Definición de Variables

### 2.4.1. Variables Independientes.

Vía IZCUCHACA-CRUZPATA.

#### Dimensiones:

- Diseño Geométrico:
  - Longitud en kilómetros / Km.
  - Anchos bermas en metros / m.
  - Dirección y flujo
  - Tipo de carretera



- Tráfico:
  - Tipo de carretera
  - Índice medio diario en unidades.
  - Tipo de vehículo.
- Clima.
  - Índice de humedad en porcentaje / %.
  - Duración de estación seca en porcentaje / %.
  - Precipitaciones en milímetros / mm.
  - Temperatura media en grados C°.
- Diseño de Pavimento.
  - Tipo de pavimento.
  - Ascensos y descensos número por kilómetro / No/Km.
  - Velocidad límite kilómetros por hora / Km/h.
  - Número estructural / SN.
- Geología – Suelo.
  - CBR porcentaje de compactación /%.
  - Espesor en pulgadas / in.

#### **Indicadores:**

- Longitud en kilómetros / Km.
- Anchos bermas en metros / m.
- Dirección y flujo
- Tipo de carretera
- Índice medio diario en unidades.
- Tipo de vehículo.
- Índice de humedad en porcentaje / %.
- Duración de estación seca en porcentaje / %.
- Precipitaciones en milímetros / mm.
- Temperatura media en grados C°.
- Tipo de pavimento.
- Ascensos y descensos número por kilómetro / No/Km.
- Velocidad límite kilómetros por hora / Km/h.



- Número estructural / SN.
- CBR porcentaje de compactación /%.
- Espesor en pulgadas / in.

#### **2.4.2. Variables Dependientes.**

Sistema de Gestión de Pavimentos Aplicando el Software HDM-4.

##### **Dimensiones:**

- Tipo de Conservación del Pavimento de la Vía Izcuchaca – Cruzpata.
- Tipo de Conservación del Pavimento de la Vía Izcuchaca – Cruzpata.

##### **Indicadores:**

- Conservación rutinaria.
- Conservación periódica.
- Fisuración en costo en soles.
- Desprendimientos en costo en soles.
- Baches en costo en soles.
- Roturas en costo en soles.



### 2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables.

Variables	Nivel	Indicador	Unidad	Técnicas y Instrumentos	Norma
<b>Variables Dependiente</b>					
Sistema de Gestión de Pavimentos Aplicando el Software HDM-4.	Tipo de Conservación del Pavimento de la Vía Izcuchaca - Cruzpata.	Conservación rutinaria	-	Reportes HDM-4.	Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial 2018.
		Conservación periódica			
	Coste de Conservación del Pavimento de la vía Izcuchaca - Cruzpata.	Fisuración	Costo en Soles	Reportes HDM-4.	
		Desprendimientos			
		Baches			
Roturas					
<b>Variables Independiente</b>					
Vía IZCUCHACA-CRUZPATA.	Diseño Geométrico.	Longitud	Km	Planos, expediente técnico, visita a campo, levantamiento topográfico.	Manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018.
		Anchos bermas	m		
		Dirección y flujo	-		
		Tipo de carretera	-		
	Tráfico.	Índice medio Diario	Und.	Conteo vehicular, expediente técnico.	Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos 2014.
		Tipo de Vehículo	-		
	Clima.	Índice de Humedad	%	Estaciones meteorológicas, estudios previos, expedientes técnicos.	
		Duración Estación Seca	%		
		Precipitaciones	mm		
		Temperatura Media	C°		
	Diseño de Pavimento.	Tipo de Pavimento	-	Expediente técnico.	
		Ascensos y Descensos	No/Km		
		Velocidad Límite	Km/h		
	Geología - Suelo.	Numero Estructural	SN	Expediente técnico, ensayo CBR.	
		CBR	%		
Espesor		in			

Tabla 4: Cuadro de operacionalización de variables.



## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Metodología de la Investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la Investigación.

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), señala que el enfoque de la investigación empleado en el proyecto de tesis es **cuantitativo** ya que cumple con las características, procesos y bondades que se emplean para procesar modelos de comportamiento, por lo cual dicho tipo de investigación es cuantitativo.

El enfoque empleado se basa en la medición numérica y el análisis estadístico, para poder encauzar teorías; se realizó la recolección de datos mediante pruebas y mediciones, utilizando instrumentos, mediante métodos cuantitativos, técnicas estadísticas y procesamiento de software.

#### 3.1.2. Nivel de la Investigación.

El nivel de investigación es **descriptivo**; Según (Behar, 2008), a través de este tipo de investigación utilizando métodos analíticos, se puede caracterizar el objeto de investigación o situación específica, y señalar sus características y propiedades. Combinada con estándares de clasificación, puede ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el proyecto de investigación. Su propósito es describir la estructura del fenómeno y su dinámica para identificar aspectos relevantes de la realidad. El nivel de la investigación es descriptivo; porque intenta especificar las características de la superficie de la capa de asfalto y al determinar el problema actual se podrá plantear una hipótesis causal.

Esta investigación viene a ser propositiva, porque una vez que se domine la información, se propondrá un plan de sistema de gestión vial para superar los problemas actuales y las deficiencias descubiertas. En un entorno específico, se descubrirán, investigarán, profundizarán y resolverán dichos problemas.

Una investigación de carácter propositivo, es un proceso que utiliza una serie de técnicas y procedimientos para diagnosticar y resolver problemas básicos, a su vez encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas y estudiar la relación entre factores y eventos.



### **3.1.3. Método de Investigación.**

El diseño de la investigación es **hipotético deductivo**, (Behar, 2008) describe el diseño como: “Consiste en hacer observaciones manipulativas y análisis, a partir de las cuales se formulan hipótesis que serán comprobadas mediante experimentos en base a la información obtenida”.

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

## **3.2. Diseño de la Investigación**

### **3.2.1. Diseño Metodológico.**

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), el diseño de la investigación del presente trabajo es “No Experimental” ya que no se administran estímulos o tratamientos, ni manipulación intencional de variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, calificándolo este sin realización de experimentos puros y del cual solo se observa fenómenos en contextos naturales que posteriormente serán analizados según normativas determinadas.



### 3.2.2. Diseño de Ingeniería.

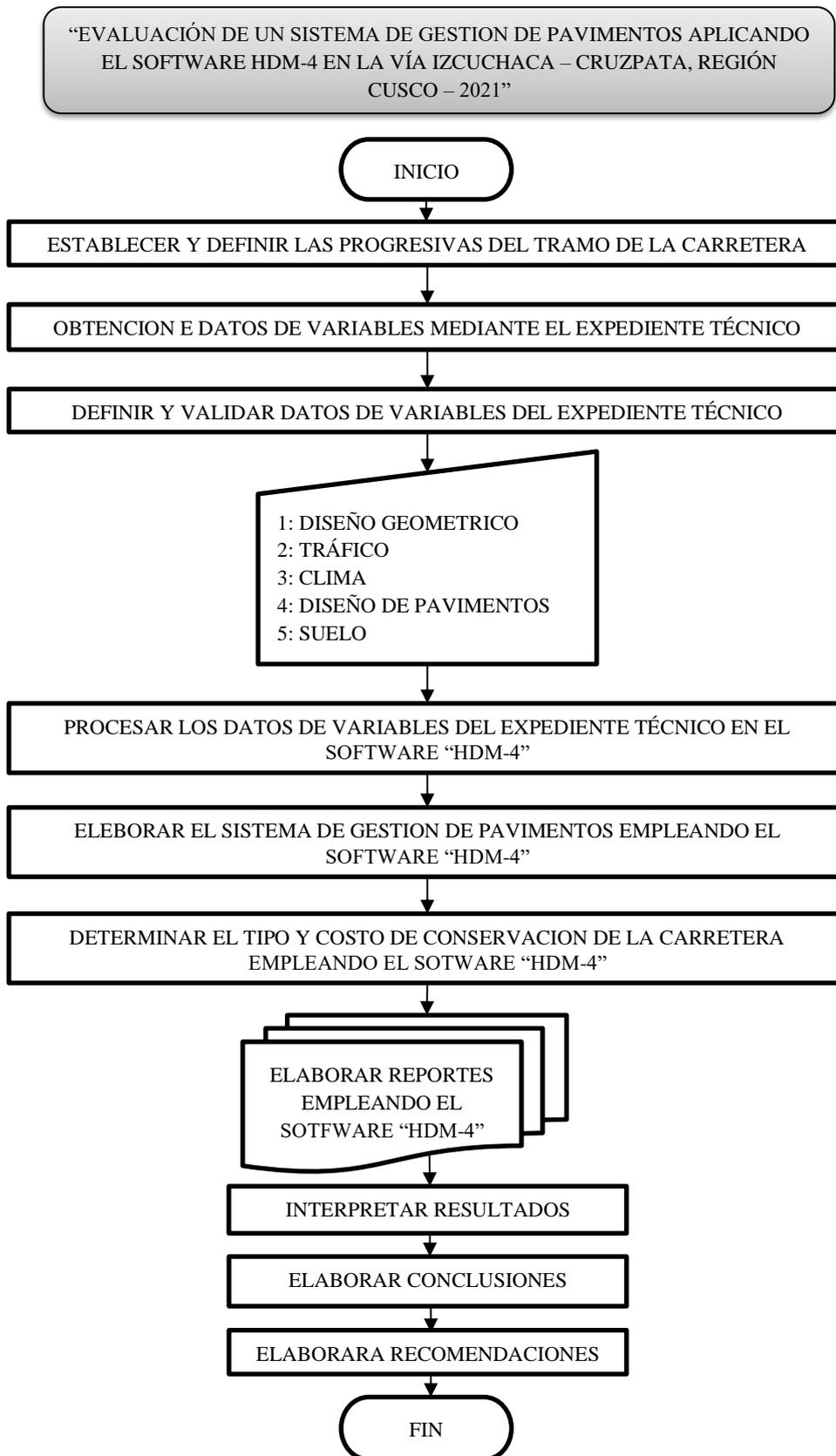


Figura 8: Diseño de Ingeniería.



### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población.**

##### **3.3.1.1. Descripción de la Población.**

La población, con el objeto de tener una guía para poder reunir los conceptos y formar un modelo aplicable a la realidad de la provincia, nuestra población comprende las vías no pavimentadas de la carretera Izcuchaca-Cruzpata, que se encuentra ubicada entre las provincias de Anta y Urubamba del departamento del Cusco.

La clasificación por demanda de la carretera Izcuchaca-Cruzpata de acuerdo al manual de carreteras DG-2014 es de tercera clase y según DS N° 017-2007 MTC pertenece a una red vial secundaria, la carretera consta de dos tipos de vías: departamental y rural.

##### **3.3.1.2. Cuantificación de la Población.**

Los tramos de cuantificación de la carretera Izcuchaca-Cruzpata, en su totalidad consta de 12.7 km afirmados sin pavimentar.

#### **3.3.2. Muestra.**

##### **3.3.2.1. Descripción de la Muestra.**

La muestra de estudio se tomará de la carretera afirmada Izcuchaca-Cruzpata, ubicada entre las provincias de Anta y Urubamba del departamento del Cusco, que tiene una longitud de 12 + 700 km.

Contando con la información del expediente técnico se tomará el 12 + 700 km, ya que el objetivo de nuestro proyecto de investigación es “elaborar un sistema de gestión de pavimentos en la vía Izcuchaca-Cruzpata empleando el software HDM-4” que va de la mano con contribuir a la gestión descentralizada de la infraestructura vial departamental y rural a ser desarrollada por los gobiernos regionales y locales.

##### **3.3.2.2. Datos de la Carretera Izcuchaca - Cruzpata.**

La carretera está comprendida entre las provincias de Anta y Urubamba en la región Cusco. Tiene una longitud 12.700 Km. Y está dividido en 12 tramos según el expediente técnico elaborado por el gobierno regional Cusco.



**Nombre del Proyecto de Inversión Pública:** Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca, Provincia de Anta Urubamba – Cusco.

**Código SNIP:** 107188.

**Fecha de Viabilidad:** 15/11/2013.

**Presupuesto de Expediente Técnico:** S/.42'146,809.87.

**Fecha de Presupuesto Expediente Técnico:** 15/04/2016.

**Unidad ejecutora:** Gobierno Regional Cusco.

**Modalidad de Ejecución:** Administración Presupuestaria Indirecta.

**Objetivo del Proyecto:** El objetivo central del proyecto es: Dotar de adecuadas condiciones de transpirabilidad vehicular para el transporte de pasajero y de carga entre los centros poblados Izcuchaca – Cruzpata, de las provincias de anta y Urubamba.

**La categoría de la vía a emplear en el presente proyecto es:**

**De segundo orden o carreteras secundaria:** ya que unen las municipalidades y se conectan a las carreteras de primer orden (clasificación según su función).

**Carreteras de segunda clase:** La vía presenta un IMDA entre 2000 a 400 vehículos por día (clasificación según su demanda).

**Terreno ondulado o tipo 2:** La vía presenta pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6% (clasificación según su orografía).

### **3.5.2.3. Ubicación de la Zona de Estudio.**

Información obtenida del expediente técnico

Departamento: Cusco.

Provincia: Anta y Urubamba.

Distrito: Izcuchaca y Urubamba

Coordenadas en Decimal:



Latitud: -13.4717, 13°28'18" Sur

Longitud: -72.1486, 72°8'55" Oeste

Coordenadas UTM:

X: 808712.2223452729

Y: 8508915.658525178

Zona: 18.

Hemisferio: Sur

Altitud: 3,424 m.s.n.m.

### 3.3.2.4. Cuantificación de la Muestra.

Las progresivas y tramos que presenta la carretera Izcuchaca-Cruzpata, se detalla en la tabla 3:

Nombre	Progresiva	Longitud (m)	Ancho de calzada (m)	Ancho de berma (m)	Número de carriles
<b>Tramo 01</b>	00+000 al 00+596	596	6	1	2 carriles
<b>Tramo 02</b>	00+596 al 01+194	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 03</b>	01+194 al 01+792	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 04</b>	01+792 al 02+390	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 05</b>	02+390 al 02+988	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 06</b>	02+988 al 03+586	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 07</b>	03+586 al 04+184	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 08</b>	04+184 al 04+782	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 09</b>	04+782 al 05+380	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 10</b>	05+380 al 05+978	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 11</b>	05+978 al 06+576	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 12</b>	06+576 al 07+174	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 13</b>	07+174 al 07+772	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 14</b>	07+772 al 08+370	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 15</b>	08+370 al 08+968	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 16</b>	08+968 al 09+566	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 17</b>	09+566 al 10+164	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 18</b>	10+164 al 10+762	598	6	1	2 carriles



<b>Tramo 19</b>	10+762 al 11+360	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 20</b>	11+360 al 11+958	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 21</b>	11+958 al 12+556	598	6	1	2 carriles
<b>Tramo 22</b>	12+556 al 12+700	144	6	1	2 carriles

Tabla 5: Progresivas y tramos que presenta la carretera Izcuchaca-Cruzpata.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2.5. Método de Muestreo.

El método de muestreo que utilizaremos es no probabilístico porque se tiene acceso a la información, facilidad de trabajo y prima un criterio de decisión que se tomó para que la totalidad de las vías pavimentadas sean parte del estudio.

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

### 3.3.2.6. Criterios de Evaluación de Muestra.

La variable dependiente: Sistema de Gestión de Pavimentos de la Carretera Izcuchaca - Cruzpata; dicho sistema de gestión se elaborará empleando el software HDM-4, mediante datos técnicos obtenidos de los 22 tramos que se muestran del expediente técnico del proyecto de obra “Mejoramiento de la carretera Izcuchaca - Cruzpata, provincias de Anta y Urubamba - Cusco”.

### 3.3.3. Criterios de Inclusión.

Para la elaboración de un Sistema de Gestión de Pavimentos de la Carretera Izcuchaca - Cruzpata se incluirá el análisis de los reportes obtenidos del software HDM-4 de los 22 tramos comprendidos en el expediente técnico de obra (progresiva 0+00 - 12+700).



### 3.4. Instrumentos

#### 3.4.1. Instrumentos Recolección de Datos.

##### 3.4.1.1. Instrumentos de recolección de datos meteorológicos.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:** "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA – CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"

**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
 BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:**

**FECHA:**

**DATOS METEOROLÓGICOS**

MES	TEMPERATURA MÁXIMA °C	TEMPERATURA MÍNIMA °C	PRECIPITACIÓN (LLUVIA) mm.
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			

Figura 9: Ficha de recolección de datos meteorológicos.



3.4.1.2. Instrumentos de recolección de datos del IMD.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
 APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
 CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"

**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
 BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:**

INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL				
VEHICULOS LIGEROS	AUTO			
	STATION WAGON			
	CAMIONETAS	PICK UP		
		PANEL		
		RURAL COMBI		
VEHICULOS PESADOS	MICRO			
	BUS	B - 2		
		B3 - 1		
	CAMION	C2 (LIV)		
		C2 (MED)		
		C2 (PESA)		
		C3		
		C4		
	SEMITRAYLER	2S12S2		
		2S3		
		3S13S2		
		3S3		
	TRAYLER	2T2		
		2T3		
		3T2		
3T3				
IMDS				

Figura 10: Ficha de recolección de datos IMD.





**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS: \*EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA, REGIÓN CUSCO\***

**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
 BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:**

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición
Nombre
ID tramo
Progresiva
ID de ruta
Clase de carretera
Tipo de rodadura
Tipo de firme

Longitud (m)
Ancho de calzada (m)
Ancho de berma (m)
Número de carriles

Tráfico
Tráfico motorizado
Tráfico no motorizado
Año del IMD
Dirección del tráfico

Geometría
Ascensos y descensos (m/km)
Nº ascensos y descensos (Nº/km)
Pendiente prom. (%)
Nº curvatura horizontal (Nº/km)
Curvatura horizontal prom. (°/km)
Velocidad Límite (Km/h)
Altitud (m)
Tipo drenaje

Capa de rodadura
Tipo
Espesor mas reciente (mm)
Espesor anterior (mm)

Capacidad de soporte
Número estructural
CBR subrasante (%)
Base
Espesor base (mm)
Módulo resiliente (GPa)

Figura 12: Ficha de recolección de datos por tramo.

### 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.

#### Equipos de Ingeniería utilizados

- Nivel de topográfico.
- GPS diferencial.
- Computadora de Alta Gama (Asus, AMD Ryzen 7-4800H, Octa-Core).
- Cámara fotográfica.
- Teléfono Celular de Gama Alta.

#### Softwares de Ingeniería utilizados



- Software HDM-4.
- AutoCAD 2D.
- Software S10.
- Software Google Earth.



Figura 13: Equipos utilizados.



### 3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

#### 3.5.1. Datos Meteorológicos.

En cuanto al clima de la zona se cuenta con la información de la estación meteorológica de Anta Ancachuro, de esta podemos obtener los datos mostrados en la tabla 4.

De lo cual podemos deducir que el clima de la zona presenta una temperatura media de 12.3 °C con una precipitación media mensual de 57mm y una duración de la estación seca de 6 meses que corresponde a los meses comprendidos entre abril y setiembre; todos estos datos correspondientes a un clima; subtropical – frío, según la clasificación de temperatura en la escala Thornthwaite.

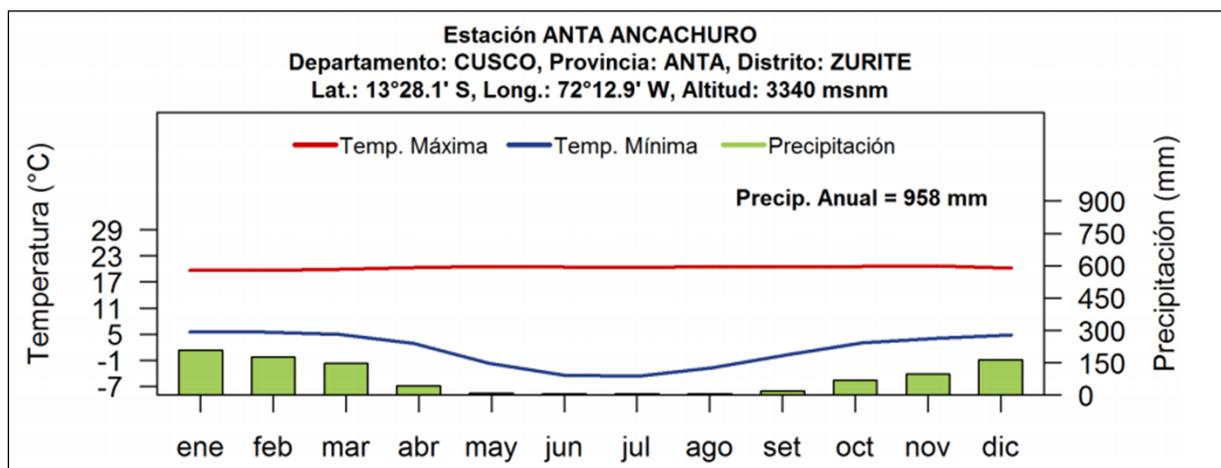


Figura 14: Barras de datos de la variación de temperatura (estación: Anta Ancachuro).

Fuente: Senamhi (2021).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<div style="text-align: right;"> </div>				
<b>TESIS:</b>				
<b>"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS          APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –          CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"</b>				
<b>TESISTA:</b>				
BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO				
<b>LUGAR:</b>				
VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA				
<b>FECHA:</b>				
sábado, 24 de Julio de 2021				
INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL				
VEHICULOS LIGEROS	AUTO		240	12.28%
	STATION WAGON		253	12.95%
	CAMIONETAS	PICK UP	237	12.13%
		PANEL	82	4.20%
		RURAL COMBI	174	8.90%
VEHICULOS PESADOS	MICRO		204	10.44%
	BUS	B - 2	65	3.33%
		B3 - 1	33	1.69%
		CAMION	C2 (LIV)	155
	C2 (MED)		196	10.03%
	C2 (PESA)		150	7.68%
	C3		60	3.07%
	C4		62	3.17%
	SEMITRAYLER	2S12S2	20	1.02%
		2S3	3	0.15%
		3S13S2	1	0.05%
		3S3	12	0.61%
	TRAYLER	2T2	3	0.15%
		2T3	3	0.15%
		3T2	0	0.00%
3T3		1	0.05%	
IMDS				

Tabla 6: Datos Índice Medio Diario Semanal.



### 3.5.2. Datos del IMD.

El IMD para el presente proyecto de Tesis, representa el tránsito promedio diario que se determinó como el promedio aritmético del volumen de tránsito, el cual representa un IMD de 279.

Al dar a conocer el procedimiento para el cálculo y proyecciones futuras del IMDA (índice medio diario anual) realizados con conteos vehiculares con este se realiza la evaluación del aforo vehicular obtenido de 279 en la vía Izcuchaca – Cruzpata, con el fin de conocer la calidad de su diseño. El trabajo muestra la estructuración del método manual de aforo, uso de tablas y/o aplicación de fórmulas.

Se concluye que la estructuración del método clásico para el cálculo del IMDA en la vía Izcuchaca – Cruzpata.



Figura 15: Realizando del conteo vehicular.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>TESIS:</b>					
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA – CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"					
<b>TESISTA:</b>					
BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO					
<b>LUGAR:</b>					
VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA					
<b>FECHA:</b>					
sábado, 24 de Julio de 2021					
INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL					
VEHICULOS LIGEROS	AUTO		240	12.28%	
	STATION WAGON		253	12.95%	
	CAMIONETAS	PICK UP	237	12.13%	
		PANEL	82	4.20%	
RURAL COMBI		174	8.90%		
VEHICULOS PESADOS	MICRO		204	10.44%	
	BUS	B - 2	65	3.33%	
		B3 - 1	33	1.69%	
		CACION			
	CACION	C2 (LIV)	155	7.93%	
		C2 (MED)	196	10.03%	
		C2 (PESA)	150	7.68%	
		C3	60	3.07%	
		C4	62	3.17%	
	SEMITRAYLER	2S12S2		20	1.02%
		2S3		3	0.15%
		3S13S2		1	0.05%
		3S3		12	0.61%
	TRAYLER	2T2		3	0.15%
2T3		3	0.15%		
3T2		0	0.00%		
3T3		1	0.05%		
IMDS			1954	100%	

Tabla 7: Índice Medio Diario Semanal.

Según INEI la tasa de crecimiento de los vehículos ligeros es de 6.0% y Vehículos pesados es de 3.3% a nivel nacional según el análisis efectuado el año 2019.

### 3.5.4. Datos del CBR.

La información obtenida de la carga unitaria de penetración (CBR), el cual también mide la resistencia al corte del suelo en condiciones de humedad y densidad controlada, fueron obtenidos de los ensayos que permitieron obtener un número de relación de soporte, el cual no es constante para un suelo dado si no que este se aplicó solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo; los datos del porcentaje del CBR, nos fueron derivados por parte del ingeniero geólogo de la obra "Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de



Anta y Urubamba-Cusco” actualmente en ejecución con código SNIP 107188. Gracias a los datos extraídos de las diferentes calicatas realizadas en la vía Izcuchaca – Cruzpata, se pudo determinar y/o establecer la relación entre el comportamiento de los suelos, estos a su vez utilizados e introducidos en el software HDM-4.

- Por resolución de emergencia

Que, a través de la Resolución de Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD de fecha 27 de marzo de 2020, se aprobó los “Criterios para la Supervisión de la adaptación de la educación no presencial, con carácter excepcional de las asignaturas por parte de las universidades, laboratorio de ensayos y escuelas de posgrado como consecuencia de las medidas para prevenir y controlar el COVID-19”; que, con Resolución Presidencial N° 018-2020-UNAB de fecha 30 de marzo de 2020, se autorizó que las Sesiones de la Comisión Organizadora de la UNAB, a partir de la antes citada fecha y durante el periodo de aislamiento social obligatorio (cuarentena), se realicen de manera virtual, mediante el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs).

Por lo cual se produjo la clausura de los laboratorios de mecánica de suelos y pavimentos, esto generó atrasos en la respuesta de base de datos obtenidos de los ensayos de CBR.

En la tabla 6 se muestra los resultados de estudio de CBR De los análisis de suelo realizados (se toma el valor de CBR del suelo en condición saturada entre todas las calicatas estudiadas).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4  
EN LA VÍA IZCUCHACA – CRUZPATA, REGIÓN CUSCO”

TESISTA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR:

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA:

sábado, 24 de Julio de 2021

DATOS CBR

CALICATAS PROGRESIVAS	Contenido de Humedad	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	DMS	COA	CBR SECO		CBR SAT		
									100%	95%	100%	95%	
C - 01	250	25.73	27	17	10	CL	A-4 (8)	1.91	12.14	25.28	18.63	12.32	6.81
C - 02	500	10.28	24	17	7	SC-SM	A-4 (3)	2.02	9.98	40.27	34.8	8.93	5.88
C - 03	750	16.91	35	17	18	GC	A-6 (5)	1.85	14.72	50.76	37.77	6.64	4.51
C - 04	1000	22.07	36	24	12	CL	A-6 (9)	1.97	11.78	60.39	48.42	6.97	5.6
C - 05	1250	13.1	31	17	14	CL	A-6 (8)	1.84	14.26	42.72	35.49	10.84	6.73
C - 06	1500	12.25	29	15	14	CL	A-6 (7)	1.84	14.44	55.84	44.85	7.52	5.37
C - 07	1750	9.36	29	15	14	CL	A-6 (10)	2.05	10.06	43.05	37.11	6.58	4.46
C - 08	2000	14.7	35	20	15	CL	A-6 (9)	1.94	12.87	35.27	19	7.04	5.14
C - 09	2250	23.93	41	17	24	CL	A-7-6 (14)	1.82	14.75	38.74	34.78	3.28	2.38
C - 10	2500						Roca						
C - 11	2750	6.94	28	17	11	CL	A-6 (5)	1.93	11.74	41.71	31.51	16.77	10.6
C - 12	3000	14.66	38	28	10	SM	A-2-4 (0)	1.97	6.99	37.94	31.61	24.82	15.3
C - 13	3250	22.21	56	22	34	CH	A-7-6 (17)	1.77	14.69	35.82	28.81	2.51	1.85
C - 14	3500	26.74	N.P.	N.P.	N.P.	ML	A-4 (8)	1.76	14.04	42.59	34.92	10.13	7.61
C - 15	3750	28.31	55	31	18	ML	A-7-5 (13)	1.49	24.06	45.55	34.07	19.63	12.78
C - 16	4000	23.25	57	28	29	CH	A-7-6 (19)	1.78	11.76	35.33	30.71	4.01	3.37
C - 17	4250	16.58	21	21	10	CL	A-4 (8)	1.87	14.67	43.84	37.63	7.74	4.93
C - 18	4500	24.54	38	24	14	CL	A-6 (10)	1.95	10.44	38.27	35.51	6.41	5.31
C - 19	4750	14.95	27	17	10	SC	A-4 (2)	1.92	12.83	21.37	14.46	12.15	8.3
C - 20	5000	15.32	33	21	12	CL	A-6 (9)	1.84	11.35	21.44	18.53	12.34	8.83
C - 21	5250	19.9	36	21	15	CL	A-6 (10)	1.74	18.28	22.81	15.47	11.75	7.68
C - 22	5500	20.15	46	N.P.	N.P.	GP-GM	A-1-a (0)	2.1	11.16	43.22	30.61	45.91	31.46
C - 23	5750	17.19	35	21	14	SC	A-6 (3)	2.04	8.99	38.42	26.83	8.18	6.12
C - 24	6000	8.91	25	14	11	SC	A-6(2)	1.99	9.95	49.27	34.19	16.92	8.05

Tabla 8: a) Recolección de datos CBR.



CALICATAS PROGRESIVAS		Contenido de Humedad	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	DMS	COA	CBR SECO		CBR SAT	
										100%	95%	100%	95%
C - 25	6250	16.04	30	13	17	CL	A-6 (11)	1.98	10.42	35.14	27.88	2.97	1.94
C - 26	6500	19.49	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A-4 (2)	1.9	8.79	47.98	38.81	9.43	7.11
C - 27	6750	8.04	23	13	10	CL	A-4 (8)	1.94	11.97	36.62	18.8	18.3	13.15
C - 28	7000	26.67	35	19	16	CL	A-6 (10)	1.94	11.7	37.11	32.37	13.28	5.58
C - 29	7250	25.36	59	34	25	MH	A-7-5 (18)	1.89	9.87	35.37	32.48	3.52	3.04
C - 30	7500	13.65	28	13	15	CL	A-6 (10)	1.89	13.55	20.7	18.29	6.99	5.1
C - 31	7750	7.14	18	11	7	SC-SM	A-2-4 (0)	2.19	7.16	60.25	51.25	41.35	19.21
C - 32	8000	41.89	38	24	14	CL	A-6 (10)	1.66	18.89	47.23	36.53	18.36	12.12
C - 33	8250	25.67	47	28	19	MH	A-7-6 (13)	1.64	20.86	57.85	36.62	1.37	1.18
C - 34	8500	22.3	48	23	25	CL	A-7-6 (16)	1.65	14.29	42.65	35.9	3.66	2.89
C - 35	8750	17.2	28	24	14	CL	A-6 (10)	1.75	18.67	31.09	28.96	8.8	6.97
C - 36	9000	18.3	38	20	18	CL	A-6 (11)	1.71	17.65	39.6	33.23	5.34	4.06
C - 37	9250	22.32	46	24	22	CL	A-7-6 (14)	1.67	21.13	41.79	36.13	3.36	2.4
C - 38	9500	22.26	55	31	24	MH	A-7-5 (17)	1.81	14.48	36.46	33.81	6.31	5.16
C - 39	9750	40.7	36	29	7	ML	A-4 (6)	1.65	23.37	24.54	22.44	8.47	5.96
C - 40	10000	11.28	N.P.	N.P.	N.P.	ML	A-4 (6)	1.52	26.93	47.44	38.27	8.62	5.83
C - 41	10250	23.41	26	15	11	CL	A-6 (8)	1.81	15.68	22.01	17.97	7.45	4.9
C - 42	10500	17.42	23	13	10	CL	A-4 (6)	1.94	12.04	38.54	32.61	9.83	6.1
C - 43	10750	48.25	42	24	18	CL	A-7-6 (10)	1.66	18.34	38.28	33.25	9.62	5.55
C - 44	11000	6.72	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A-4 (1)	1.88	9.51	41.56	35.06	8.64	5.78
C - 45	11250	16.06	30	19	11	CL	A - 6 (8)	1.79	16.36	30.47	21.02	8.95	3.8
C - 46	11500	20.61	22	13	9	CL	A-4 (8)	1.83	16.32	35.51	28.6	7.05	5.66
C - 47	11750	23.2	30	17	13	CL	A-6 (7)	1.82	13.55	37.72	29.17	6.97	4.17
C - 48	12000	5.77	22	16	6	GC - GM	A-2-4 (0)	2.16	7.78	78.56	49.42	39.77	23.11
C - 49	12250	22.42	54	27	27	CH	A-7-6 (18)	1.7	20.71	52.53	43.04	6.92	4.4
C - 50	12500	1.2	18	13	5	GC - GM	A-1-b (0)	2.21	6.41	41.18	29.49	42.36	30.36

Tabla 9: b) Recolección de datos CBR.

### 3.5.5. Procedimiento de Obtención de Datos Para el Software HDM-4.

Como inicio se tuvo que realizar la determinación de posición del eje, de los tramos de la carretera Izcuchaca – Cruzpata en el plano horizontal, estos evaluados en el presente proyecto de investigación, así también conseguir el punto de elevación en el que se encuentra. Esta información está basada en la medición de distancia entre los satélites hasta el equipo receptor GPS; se tomaron fotografías para el registro de imágenes, de esta forma agilizar la ubicación de progresivas de la información ya extraída.

Posteriormente se halló el desnivel de puntos conocidos y otros desconocidos localizados en diferentes alturas o traslado de cotas que comprende la vía Izcuchaca – Cruzpata con el NIVEL EQUITALÍMETRO o llamado también Nivel de Ingeniero para después ser importados en el



software AUTOCAD 2D, así generar una reconstrucción en 2D del marco a evaluar. Las mediciones de desniveles fueron necesarias para la obtención de las pendientes. Cada uno de los 22 tramos cuenta con su respectiva pendiente, resultado del proceso de datos extraídos por el NIVEL EQUIALTÍMETRO; los planos donde se muestra las diferentes pendientes que presenta la vía Izcucha – Cruzpata se adjuntan en el anexo 8.

Con la información recabada se llenó el punto 3.6.1 de “Instrumento de Recolección de Datos”, que luego será procesada en el software HDM-4.



Figura 16: Determinación del punto de origen del tramo de la carretera a analizar (22 de Mayo del 2021).



Figura 17: Punto de origen del tramo de la vía Izcuchaca – Cruzpata a evaluar (22 de Mayo del 2021).



Figura 18: a). Toma de puntos con el Nivel Topográfico, para la determinación de cotas de origen (22 de Mayo del 2021).



Figura 19: b). Toma de puntos con el Nivel Topográfico, determinación de desniveles (22 de Mayo del 2021).



Figura 20: c). Toma de puntos con el Nivel Topográfico (22 de Mayo del 2021).



Figura 21: Visita a la Residencia de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (29 de Mayo del 2021).



Figura 22: a). Toma de puntos para hallar los desniveles del tramo de la carretera Izcuchaca – Cruzpata (29 de Mayo del 2021).



Figura 23: b). Toma de puntos para hallar los desniveles del tramo de la carretera Izcuchaca – Cruzpata con el objetivo de generar pendientes en la vía a evaluar (29 de Mayo del 2021).



Figura 24: c). Toma de puntos para hallar los desniveles del tramo de la carretera Izcuchaca – Cruzpata con el objetivo de generar pendientes en la vía a evaluar (29 de Mayo del 2021).



Figura 25: a). Toma de datos para el diseño geométrico del tramo de la carretera (29 de Mayo del 2021).



Figura 26: b). Toma de la longitud transversal (ancho de la calzada) del tramo de la carretera (29 de Mayo del 2021).



Figura 27: c). Trazo de la calzada (29 de Mayo del 2021).



Figura 28: Visita a la Cantera Huchuyqosqo, que provee los agregados que serán empleados en la ejecución de pavimentación de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubambacusco” (05 de Junio del 2021).



Figura 29: a). Visita a campo, donde se visualiza el mejoramiento de la base de la carretera Izcuchaca – Cruzpata, ejecutada por la obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021).



Figura 30: b). Visita a campo, donde se visualiza el mejoramiento de la base de la carretera Izcuchaca – Cruzpata, ejecutada por la obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021).



Figura 31: c). Toma de puntos de desnivel. Se contó con el apoyo por parte del personal obrero de la presente obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021).



Figura 32: Punto de finalización del tramo de la vía Izcuchaca – Cruzpata a evaluar (05 de Junio del 2021).



Figura 33: Fotografía en campo con el Inspector y Residente de la obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021).



Figura 34: Fotografía en campo - obra: “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca Cruzpata, Provincias de Anta y Urubamba-cusco” (05 de Junio del 2021).



### 3.5.6. Definir el Periodo de Diseño de la vía Asfaltada.

Los Períodos de Diseño recomendados se determinan dependiendo de las condiciones de la vía:

- Urbana de alto volumen de tránsito 30 - 50
- Rural de alto volumen de tránsito 20 - 50
- Pavimentada de bajo volumen de tránsito 15 - 25
- Afirmada de bajo volumen de tránsito 410 - 20

En el presente proyecto tenemos una vía rural de alto volumen de tránsito, por lo tanto, el Periodo de Diseño seleccionado es: 20 años.

N: 20 años (Periodo de diseño en años)

R: 4.9% (Tasa anual de crecimiento de tránsito)

FCA: 32.72 (Factor de crecimiento acumulado)

Tránsito proyectado = 7,019,461

### 3.5.7. Definir la Cantidad de Ejes Equivalentes para el Periodo de Diseño.

Tránsito acumulado para el periodo de análisis:

W18: ESAL de 8.165 Ton (18 kip) acumulado para el periodo de análisis.

$$w18 = TP + TG + TA$$

TP: Tránsito Proyectado

TG: Tránsito Generado

TA: Tránsito atraído

$$W18 = 7370435$$

Determinación del tránsito de diseño:



Para el cálculo del tránsito de diseño se debe considerar el factor de distribución direccional y el factor de distribución por carril. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$ESAL_D = F_D + F_C + w_{18}$$

$ESAL_D$ : ESAL de diseño (tránsito de diseño)

$F_D$ : factor de distribución direccional

$F_C$ : factor de distribución por carril

$w_{18}$ : ESAL de 8.165 Ton (18 kip) acumulado para el periodo de análisis

Factor direccional (FD): 0.5

Factor carril (FC): 1

En nuestro caso se obtuvieron los siguientes resultados:

- Número de calzadas = 1
- Número de direcciones = 0.5
- Número de carriles por dirección = 1

FD = 100%    FC = 100%

$$ESAL_D = 3685217$$

### 3.5.8. Definir el Valor del Módulo Resiliente de la Sub Rasante.

El Módulo Resiliente del suelo varía de acuerdo al CBR de la sub-rasante, el Módulo Resiliente se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$M_R(psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

Percentil del CBR representativo: 87.5%

De acuerdo a la gráfica para el percentil 87.5% el CBR Representativo de la Sub- Rasante será: CBR = 3.08%.

El Módulo Resiliente así obtenido es:  $M_R(psi) = 2555 * 3.08^{0.64}$  ó 8,876.74psi

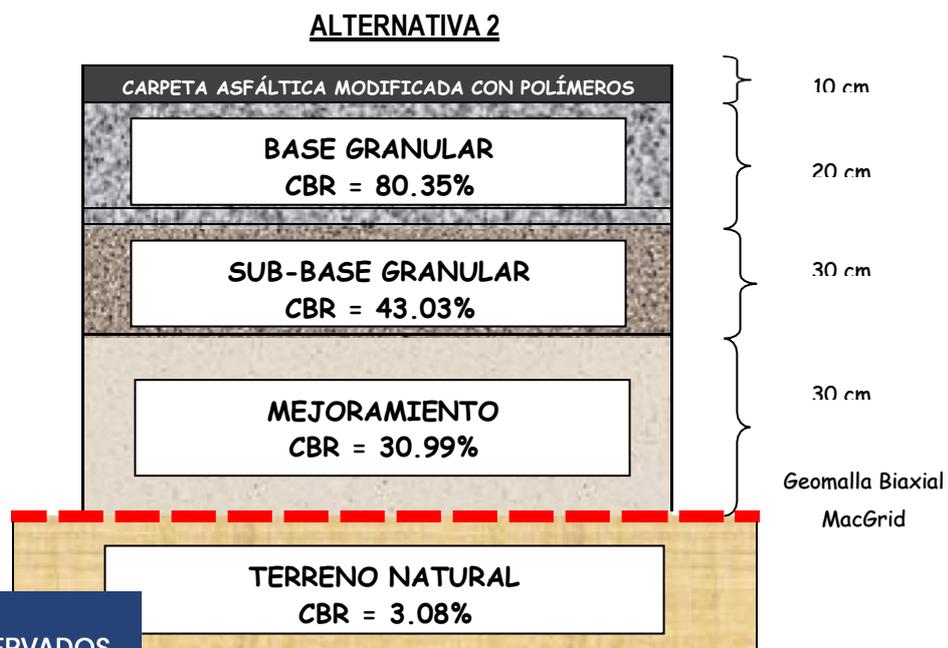
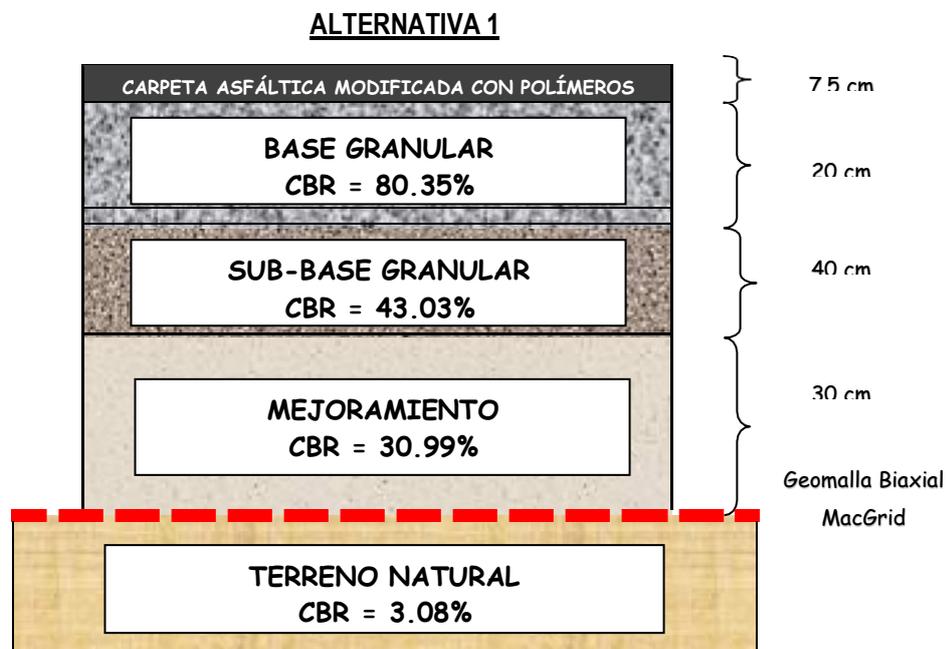


### 3.5.9. Definir la Estructura del Pavimento.

En base al tráfico y a los parámetros descritos anteriormente la solución encontrada en base a la metodología AASHTO 1993 es presentada en la siguiente Tabla:

Periodo de diseño (años)	Espesor de las capas de pavimento (cm)			
	AMP	Base	Sub-Base	Mejoramiento con geomallas
20	7.5	20	40	30
20	10	20	30	30

En función de estos espesores se determinan las secciones de diseño finales presentadas a continuación:





### 3.5.10. Desviación Estándar Datos Obtenidos.

- Desviación estándar de: Ascensos y descensos por “m/Km”

$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
233.44	-90.71	8228.96
362.76	38.61	1490.45
306.02	-18.13	328.83
475.04	150.89	22766.69
473.23	149.08	22223.76
279.77	-44.38	1969.91
411.84	87.69	7688.90
202.34	-121.81	14838.56
481.52	157.37	24764.17
349.2	25.05	627.32
333.3	9.15	83.66
229.11	-95.04	9033.29
418.43	94.28	8888.03
170.39	-153.76	23643.26
357.37	33.22	1103.33
412.84	88.69	7865.27
321.72	-2.43	5.92
356.68	32.53	1057.96
304.49	-19.66	386.66
319.34	-4.81	23.17
278.45	-45.70	2088.82
54.1	-270.05	72928.97
$\Sigma x_i =$	$\bar{x} =$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 =$
7131.38	324.15	232035.90

$$\sum_{x_i} = 7131.38$$

$$N = 22$$

$$\bar{x} = 324.15$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$\delta = 105.12$
-------------------

Formula 4: Desviación estándar ascensos y descensos.



- Desviación estándar de: N° ascensos y descensos (N°/km)

$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
4.00	0.82	0.67
2.00	-1.18	1.40
3.00	-0.18	0.03
2.00	-1.18	1.40
2.00	-1.18	1.40
3.00	-0.18	0.03
3.00	-0.18	0.03
3.00	-0.18	0.03
6.00	2.82	7.94
4.00	0.82	0.67
3.00	-0.18	0.03
3.00	-0.18	0.03
4.00	0.82	0.67
3.00	-0.18	0.03
4.00	0.82	0.67
2.00	-1.18	1.40
2.00	-1.18	1.40
4.00	0.82	0.67
3.00	-0.18	0.03
3.00	-0.18	0.03
4.00	0.82	0.67
4.00	0.82	0.67
2.00	-1.18	1.40
$\Sigma x_i =$	$\bar{x} =$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 =$
70.00	3.18	21.27

$$\sum_{x_i} = 70.00$$

$$N = 22$$

$$\bar{x} = 3.18$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$\delta =$	1.01
------------	------

Formula 5: Desviación estándar número ascensos y descensos.



- Desviación estándar de: Pendiente prom. (%)

$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1.92	-0.32	0.10
4.00	1.76	3.10
3.69	1.46	2.13
4.22	1.99	3.95
6.88	4.64	21.54
3.57	1.34	1.80
1.23	-1.00	1.00
1.72	-0.51	0.26
3.16	0.93	0.86
1.74	-0.50	0.25
1.00	-1.24	1.53
1.48	-0.75	0.56
1.27	-0.97	0.93
1.17	-1.06	1.13
0.84	-1.40	1.96
1.01	-1.23	1.51
1.39	-0.84	0.71
1.88	-0.36	0.13
3.04	0.81	0.65
1.22	-1.02	1.04
1.54	-0.70	0.49
1.20	-1.04	1.08
$\Sigma x_i =$	$\bar{x} =$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 =$
49.14	2.23	46.70

$$\sum_{x_i} = 49.14$$

$$N = 22$$

$$\bar{x} = 2.23$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$\delta =$ 1.49
-----------------

Formula 6: Desviación estándar pendiente promedio.



- Desviación estándar de: N° curvatura horizontal (N°/km)

$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
4.00	0.18	0.03
6.00	2.18	4.76
5.00	1.18	1.40
11.00	7.18	51.58
5.00	1.18	1.40
3.00	-0.82	0.67
3.00	-0.82	0.67
4.00	0.18	0.03
1.00	-2.82	7.94
4.00	0.18	0.03
2.00	-1.82	3.31
3.00	-0.82	0.67
2.00	-1.82	3.31
3.00	-0.82	0.67
4.00	0.18	0.03
2.00	-1.82	3.31
4.00	0.18	0.03
4.00	0.18	0.03
4.00	0.18	0.03
8.00	4.18	17.49
1.00	-2.82	7.94
1.00	-2.82	7.94
$\Sigma x_i =$	$\bar{x} =$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 =$
84.00	3.82	113.27

$$\sum_{x_i} = 84.00$$

$$N = 22$$

$$\bar{x} = 3.82$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$\delta =$	2.32
------------	------

Formula 7: Desviación estándar número curvatura horizontal.



- Desviación estándar de: Curvatura horizontal prom. (°/km)

$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
29.56	-5.38	28.89
33.81	-1.13	1.27
19.60	-15.33	235.07
57.47	22.54	508.13
38.85	3.92	15.35
25.22	-9.71	94.29
48.43	13.50	182.25
54.97	20.03	401.40
112.25	77.32	5978.37
28.54	-6.39	40.80
31.30	-3.64	13.21
31.65	-3.28	10.76
20.84	-14.10	198.67
18.60	-16.33	266.56
39.52	4.58	21.02
13.38	-21.55	464.40
35.69	0.76	0.58
14.84	-20.09	403.71
25.82	-9.12	83.08
15.83	-19.10	364.72
14.36	-20.57	423.13
57.96	23.03	530.38
<b><math>\Sigma x_i =</math></b>	<b><math>\bar{x} =</math></b>	<b><math>\Sigma(x_i - \bar{x})^2 =</math></b>
768.46	34.93	10266.05

$$\sum_{x_i} = 768.46$$

$$N = 22$$

$$\bar{x} = 34.93$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$\delta =$	22.11
------------	-------

Formula 8: Desviación estándar curvatura horizontal promedio.



### 3.6. Procedimientos de Análisis de Datos.

#### 3.6.1. Datos Para el Software HDM-4.

Con los datos recabados se procede a llenar las fichas de ingreso de datos de HDM-4.

**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:** "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA – CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"

**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:** viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 01
ID tramo	T-01
Progresiva	00+000 al 00+596
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	
Ancho de calzada (m)	596
Ancho de berma (m)	6
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos

Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	233.44
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	4
Pendiente prom. (%)	1.92
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	4
Curvatura horizontal prom. (°/km)	29.56
Velocidad Limite (Km/h)	60
Altitud (m)	3350
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	9.29
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

Tabla 10: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-01.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS:**

**“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO”**

**TESISTA:**

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:**

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:**

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 02
ID tramo	T-02
Progresiva	100+596 al 01+194
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	362.76
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	2
Pendiente prom. (%)	4.00
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	6
Curvatura horizontal prom. (°/km)	33.81
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3362
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	6.8
<b>Base</b>	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

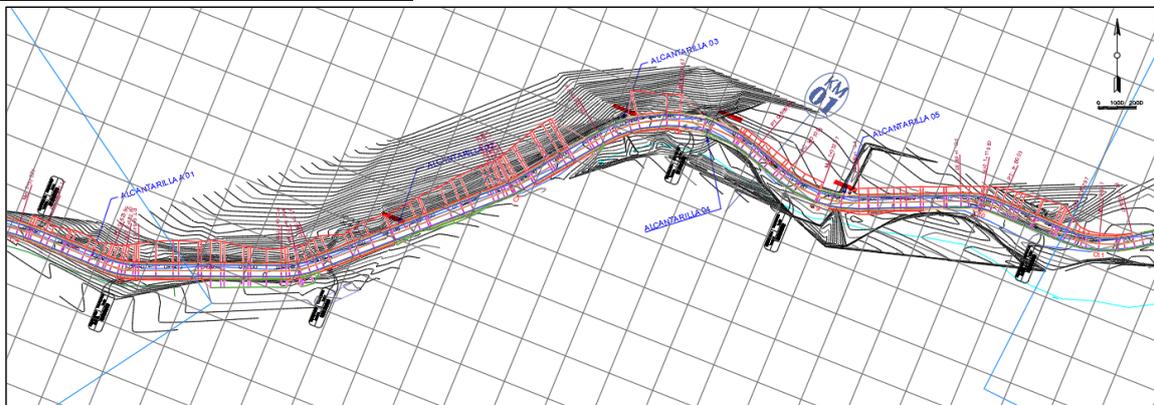


Tabla 11: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-02.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



**TESIS:**  
**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
**FECHA:** viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Tráfico	
Nombre	Tramo 03	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-03	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	01+194 al 01+792	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria		
Tipo de rodadura	Bituminosa		
Tipo de firme	Base estabilizada		
Longitud (m)	598		
Ancho de calzada (m)	6		
Ancho de berma (m)	1		
Número de carriles	2 carriles		



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	306.02	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	7.98
Pendiente prom. (%)	3.69	Espesor anterior (mm)	0		
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	5			Base	
Curvatura horizontal prom. (º/km)	19.60			Espesor base (mm)	60
Velocidad Límite (Km/h)	60			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Altitud (m)	3387				
Tipo drenaje	Forma V				

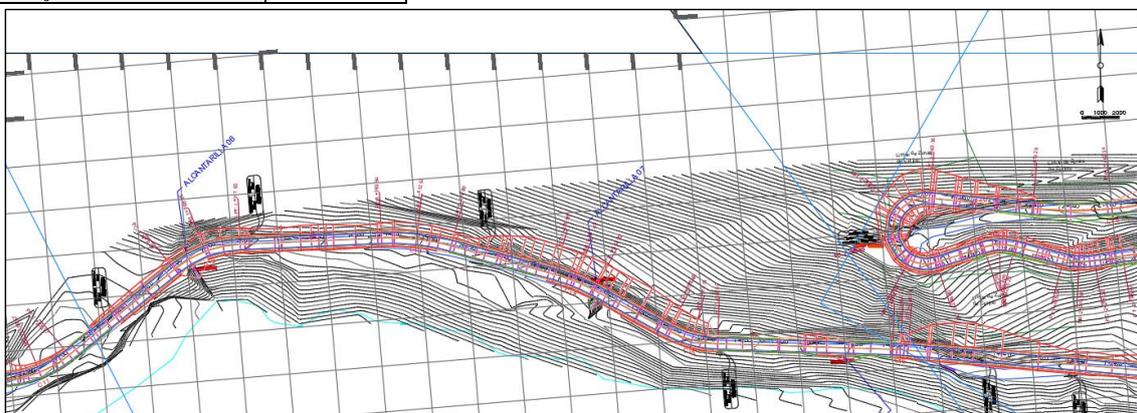


Tabla 12: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-03.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"

TESISTA: BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR: VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA: viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 04
ID tramo	T-04
Progresiva	01+792 al 02+390
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	475.04
N° ascensos y descensos (N°/km)	2
Pendiente prom. (%)	4.22
N° curvatura horizontal (N°/km)	11
Curvatura horizontal prom. (°/km)	57.47
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3410
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	5.63
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

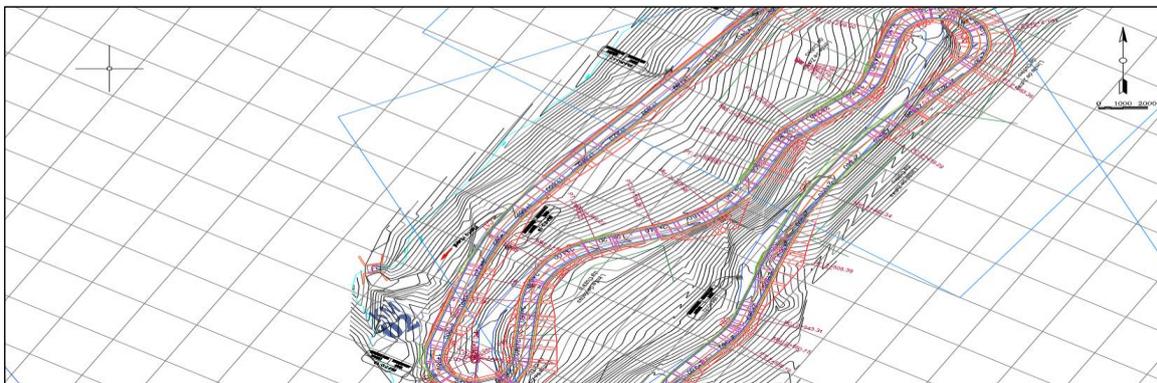


Tabla 13: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-04.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



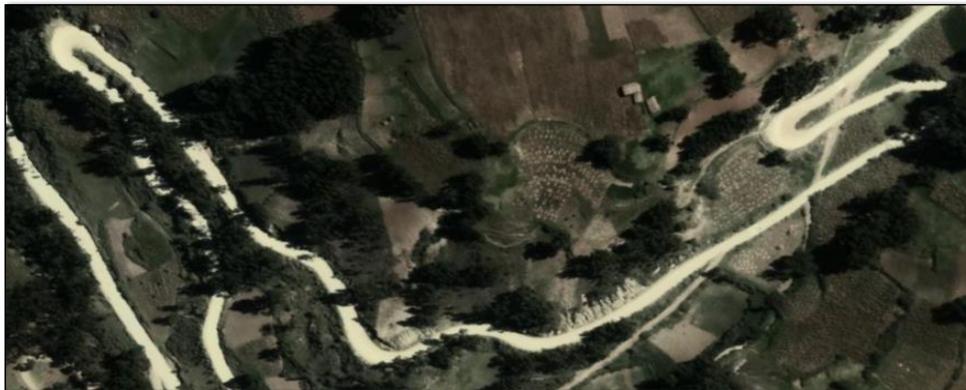
TESIS:  
TESISTA: BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
LUGAR: VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
FECHA: viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 05
ID tramo	T-05
Progresiva	02+390 al 02+988
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	473.23
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	2
Pendiente prom. (%)	6.88
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	5
Curvatura horizontal prom. (°/km)	38.85
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3443
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	8.42
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

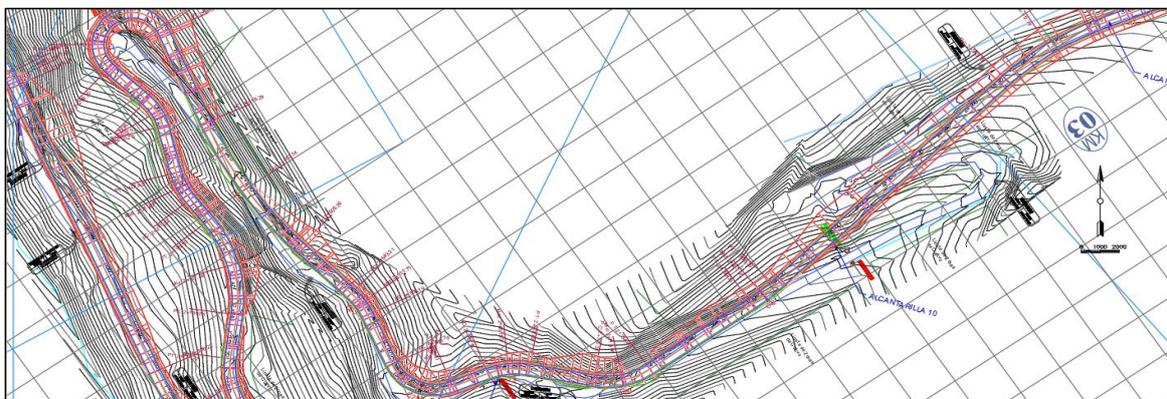


Tabla 14 Ficha de ingreso de Datos del tramo T-05.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



TESIS:

TESISTA:

LUGAR:

FECHA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Longitud (m)		Tráfico	
Nombre	Tramo 06		598	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-06	Ancho de calzada (m)	6	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	02+988 al 03+586	Ancho de berma (m)	1	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Número de carriles	2 carriles	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria				
Tipo de rodadura	Bituminosa				
Tipo de firme	Base estabilizada				



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	279.77	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	13.56
Pendiente prom. (%)	3.57	Espesor anterior (mm)	0	Base	
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	3			Espesor base (mm)	60
Curvatura horizontal prom. (°/km)	25.22			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Velocidad Limite (Km/h)	60				
Altitud (m)	3482				
Tipo drenaje	Forma V				

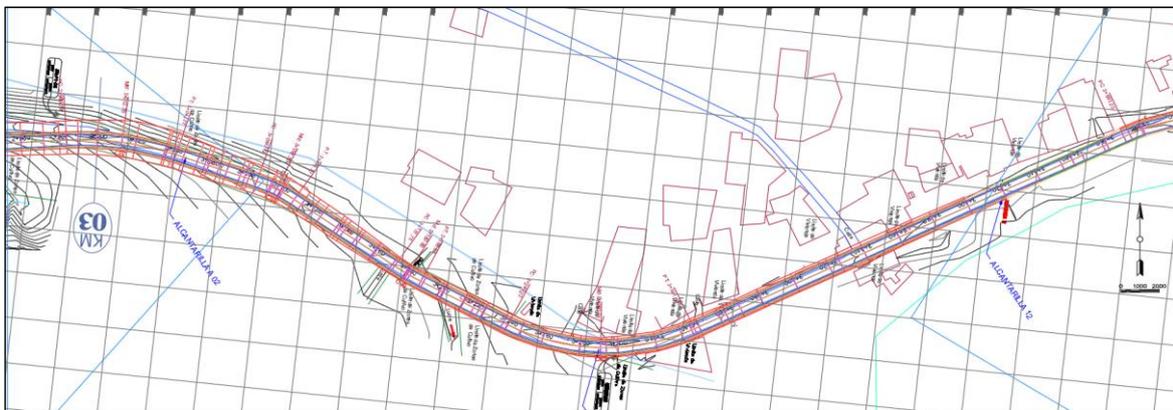


Tabla 15: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-06.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS:** "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"

**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:** viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Tráfico	
Nombre	Tramo 07	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-07	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	03+586 al 04+184	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria		
Tipo de rodadura	Bituminosa		
Tipo de firme	Base estabilizada		
Longitud (m)	598		
Ancho de calzada (m)	6		
Ancho de berma (m)	1		
Número de carriles	2 carriles		



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	411.84	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
N° ascensos y descensos (N°/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	11.26
Pendiente prom. (%)	1.23	Espesor anterior (mm)	0		
N° curvatura horizontal (N°/km)	3			<b>Base</b>	
Curvatura horizontal prom. (°/km)	48.43			Espesor base (mm)	60
Velocidad Limite (Km/h)	60			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Altitud (m)	3500				
Tipo drenaje	Forma V				

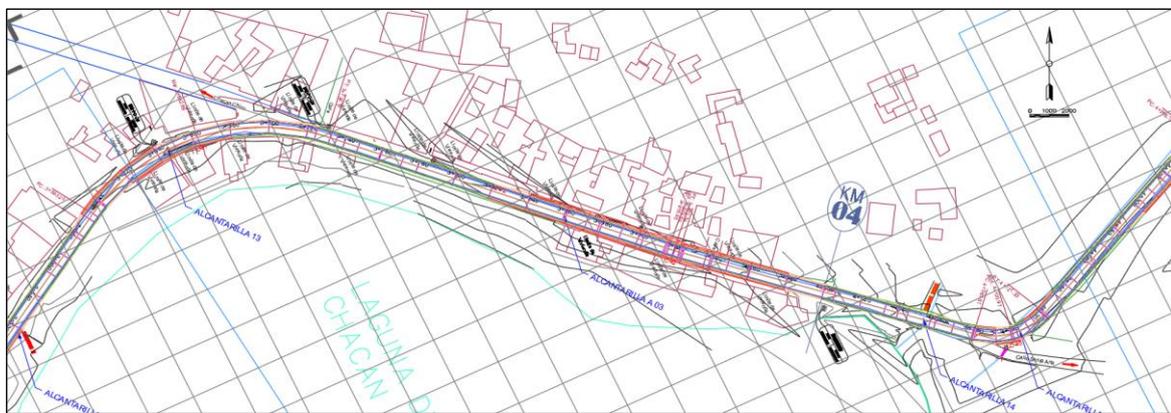


Tabla 16: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-07.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



**TESIS:**  
**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
**FECHA:** viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 08
ID tramo	T-08
Progresiva	04+184 al 04+782
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	202.34
N° ascensos y descensos (N°/km)	6
Pendiente prom. (%)	1.72
N° curvatura horizontal (N°/km)	4
Curvatura horizontal prom. (°/km)	54.97
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3498
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	8.77
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

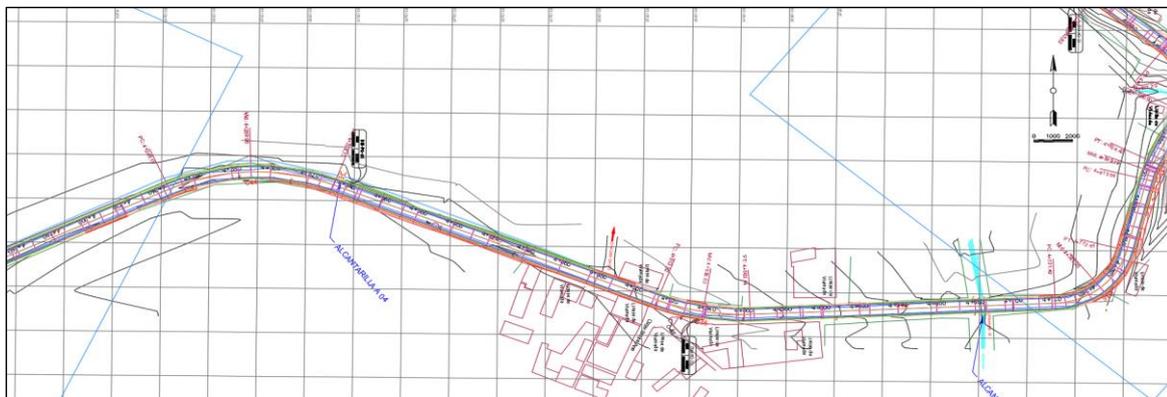


Tabla 17: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-08.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



TESIS:

TESISTA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR:

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA:

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 09
ID tramo	T-09
Progresiva	04+782 al 05+380
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	481.52
N° ascensos y descensos (N°/km)	4
Pendiente prom. (%)	3.16
N° curvatura horizontal (N°/km)	1
Curvatura horizontal prom. (°/km)	112.25
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3494
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	12.08
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

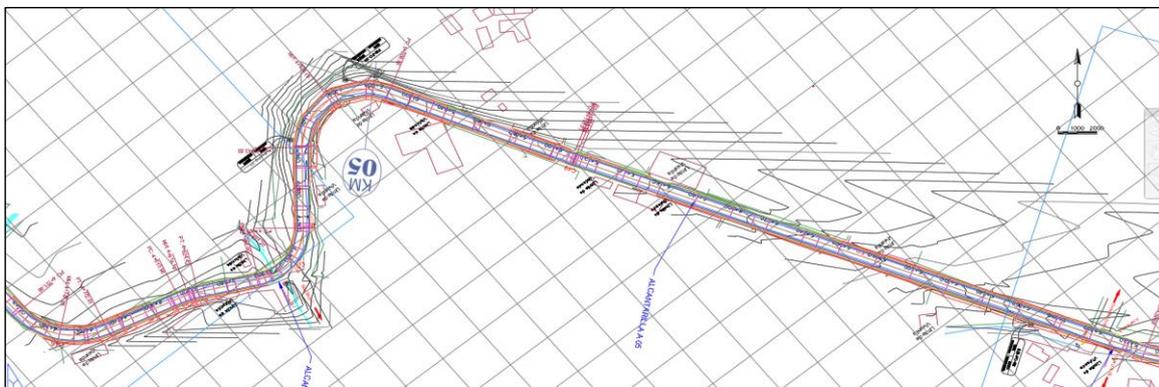


Tabla 18: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-09.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO”**



**TESIS:**

**TESISTA:**

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET

BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:**

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:**

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Tráfico	
Nombre	Tramo 10	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-10	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	05+380 al 05+978	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria		
Tipo de rodadura	Bituminosa		
Tipo de firme	Base estabilizada		
Longitud (m)	598		
Ancho de calzada (m)	6		
Ancho de berma (m)	1		
Número de carriles	2 carriles		



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	349.2	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	21.95
Pendiente prom. (%)	1.74	Espesor anterior (mm)	0	Base	
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	4			Espesor base (mm)	60
Curvatura horizontal prom. (°/km)	28.54			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Velocidad Limite (Km/h)	60				
Altitud (m)	3513				
Tipo drenaje	Forma V				

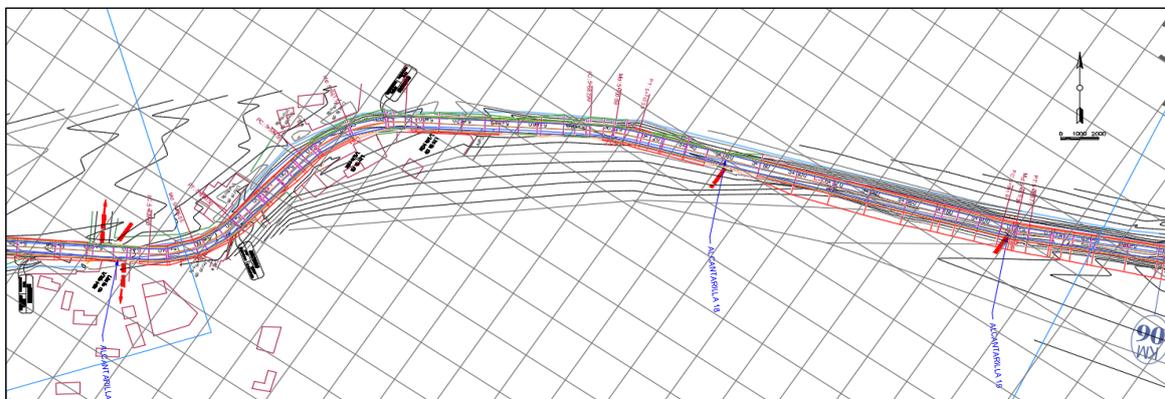


Tabla 19: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-10.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



TESISTA: BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
LUGAR: VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
FECHA: viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Longitud (m)		Tráfico	
Nombre	Tramo 11		598	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-11	Ancho de calzada (m)	6	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	05+978 al 06+576	Ancho de berma (m)	1	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Número de carriles	2 carriles	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria				
Tipo de rodadura	Bituminosa				
Tipo de firme	Base estabilizada				



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	333.3	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	9.38
Pendiente prom. (%)	1.00	Espesor anterior (mm)	0		
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	2			Base	
Curvatura horizontal prom. (º/km)	31.30			Espesor base (mm)	60
Velocidad Limite (Km/h)	60			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Altitud (m)	3519				
Tipo drenaje	Forma V				

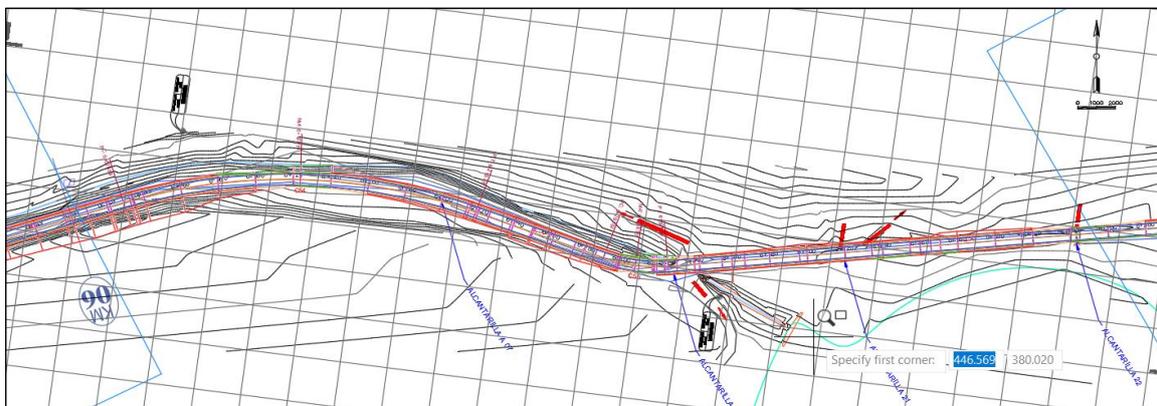


Tabla 20: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-11.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –

TESIS:

TESISTA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET

BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR:

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA:

viernes, 2 de Julio de 2021



FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 12
ID tramo	T-12
Progresiva	06+576 al 07+174
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	229.11
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	4
Pendiente prom. (%)	1.48
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	3
Curvatura horizontal prom. (°/km)	31.65
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3521
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	12.18
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

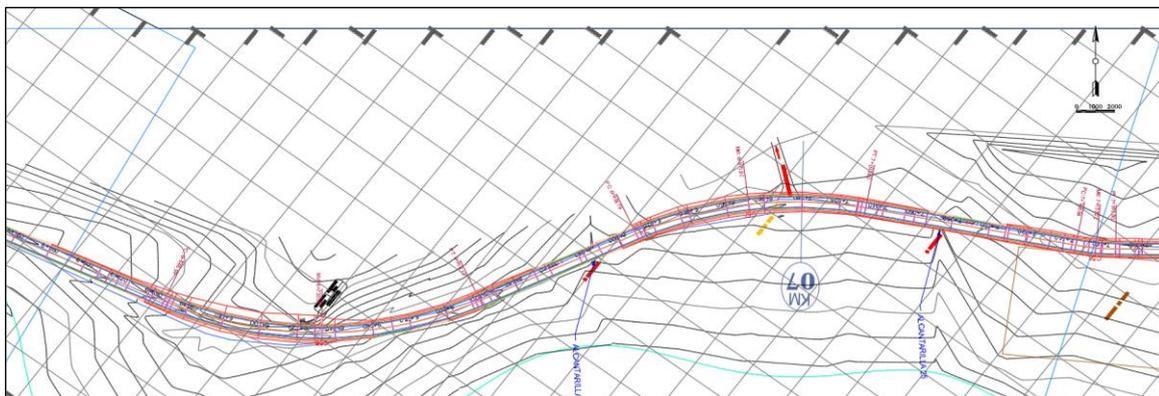


Tabla 21: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-12.





**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



**TESIS:**

**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:** viernes, 2 de Julio de 2021

**FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4**

Definición				Tráfico	
Nombre	Tramo 13	Longitud (m)	598	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-13	Ancho de calzada (m)	6	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	07+174 al 07+772	Ancho de berma (m)	1	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Número de carriles	2 carriles	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria				
Tipo de rodadura	Bituminosa				
Tipo de firme	Base estabilizada				



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	418.43	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	17.29
Pendiente prom. (%)	1.27	Espesor anterior (mm)	0		
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	2			<b>Base</b>	
Curvatura horizontal prom. (°/km)	20.84			Espesor base (mm)	60
Velocidad Limite (Km/h)	60			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Altitud (m)	3526				
Tipo drenaje	Forma V				

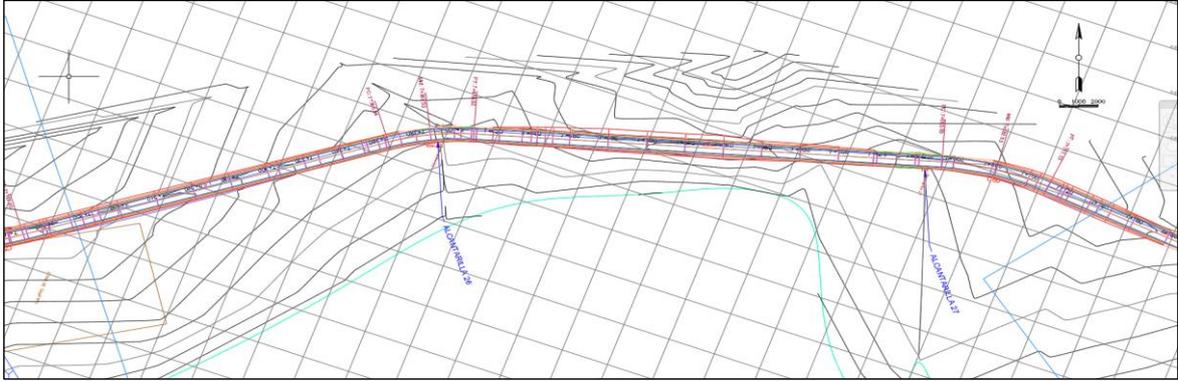


Tabla 22: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-13.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –

TESISTA: BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR: VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA: viernes, 2 de Julio de 2021



FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 14
ID tramo	T-14
Progresiva	07+772 al 08+370
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	170.39
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	4
Pendiente prom. (%)	1.17
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	3
Curvatura horizontal prom. (°/km)	18.60
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3521
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	20.36
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

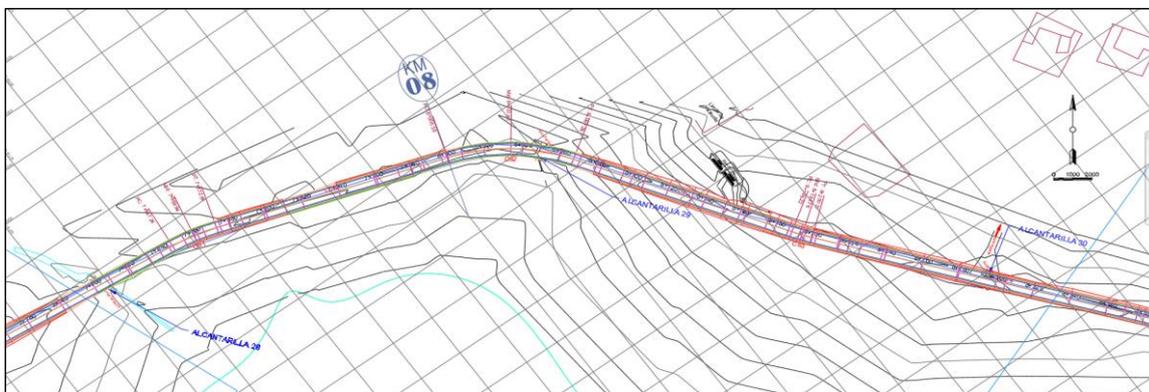


Tabla 23: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-14.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



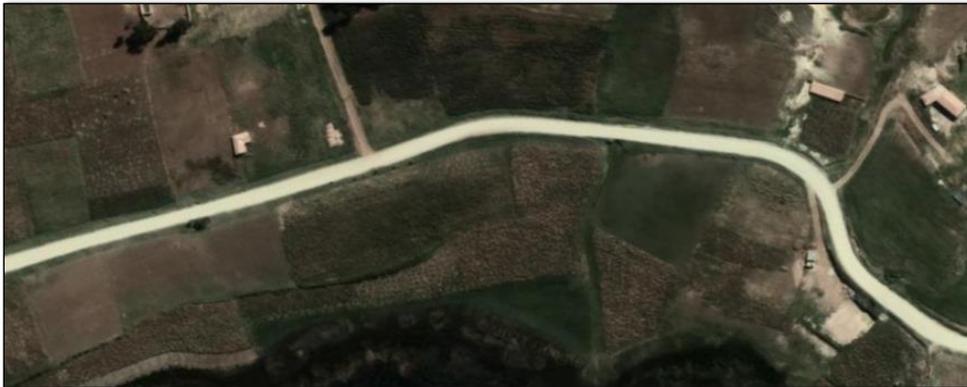
TESIS:  
TESISTA: BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
LUGAR: VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
FECHA: viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 15
ID tramo	T-15
Progresiva	08+370 al 08+968
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	357.37
N° ascensos y descensos (N°/km)	2
Pendiente prom. (%)	0.84
N° curvatura horizontal (N°/km)	4
Curvatura horizontal prom. (°/km)	39.52
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3526
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	4.61
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

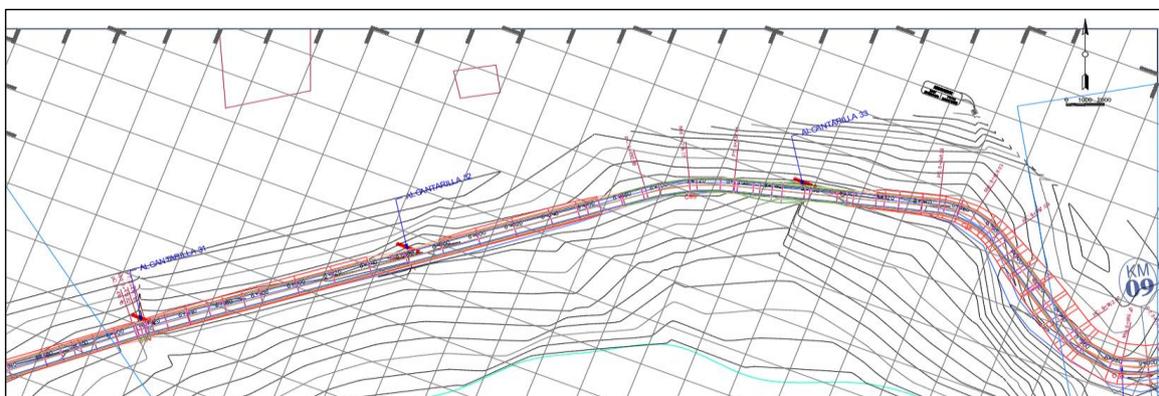


Tabla 24: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-15.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



TESIS:

TESISTA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR:

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA:

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Tráfico	
Nombre	Tramo 16	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-16	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	08+968 al 09+566	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria		
Tipo de rodadura	Bituminosa		
Tipo de firme	Base estabilizada		
Longitud (m)	598		
Ancho de calzada (m)	6		
Ancho de berma (m)	1		
Número de carriles	2 carriles		



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	412.84	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
N° ascensos y descensos (N°/km)	2	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	5
Pendiente prom. (%)	1.01	Espesor anterior (mm)	0	Base	
N° curvatura horizontal (N°/km)	2			Espesor base (mm)	60
Curvatura horizontal prom. (°/km)	13.38			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Velocidad Limite (Km/h)	60				
Altitud (m)	3522				
Tipo drenaje	Forma V				

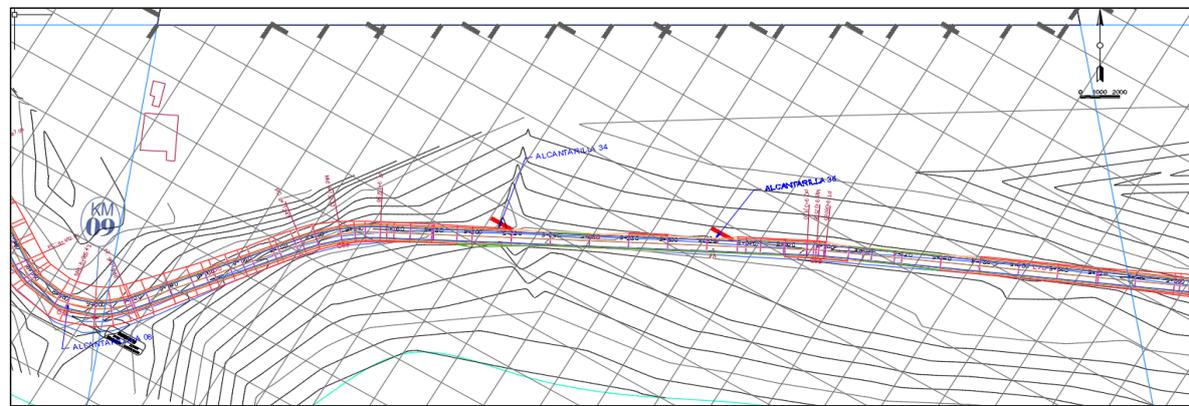


Tabla 25: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-16.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



**TESIS:**

**TESISTA:**

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

**LUGAR:**

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

**FECHA:**

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 17
ID tramo	T-17
Progresiva	09+566 al 10+164
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	321.72
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	4
Pendiente prom. (%)	1.39
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	4
Curvatura horizontal prom. (°/km)	35.69
Velocidad Limite (Km/h)	60
Altitud (m)	3528
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	8.55
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

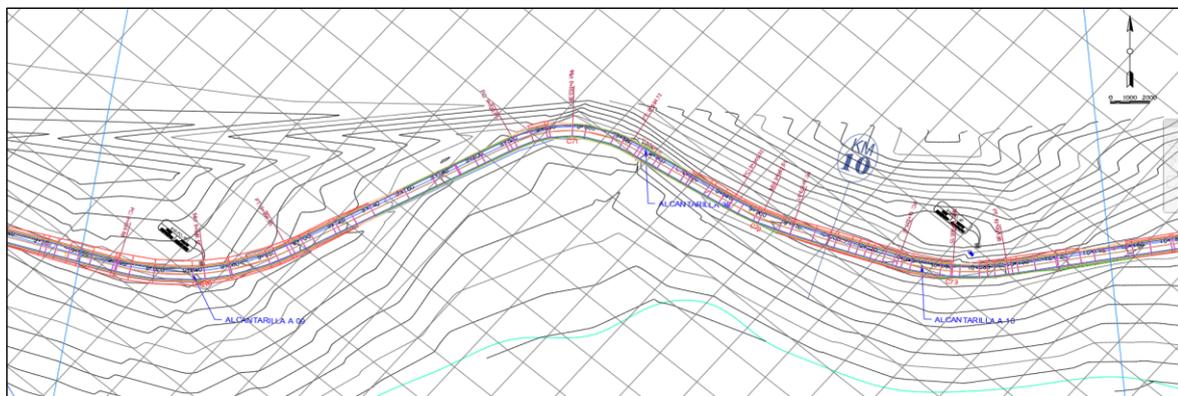


Tabla 26: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-17.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"

TESISTA: BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET

BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR: VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA: viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Longitud (m)		Tráfico	
Nombre	Tramo 18	598		Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-18	Ancho de calzada (m)	6	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	10+164 al 10+762	Ancho de berma (m)	1	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Número de carriles	2 carriles	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria				
Tipo de rodadura	Bituminosa				
Tipo de firme	Base estabilizada				



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	356.68	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	8.88
Pendiente prom. (%)	1.88	Espesor anterior (mm)	0	Base	
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	4			Espesor base (mm)	60
Curvatura horizontal prom. (°/km)	14.84			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Velocidad Limite (Km/h)	60				
Altitud (m)	3526				
Tipo drenaje	Forma V				

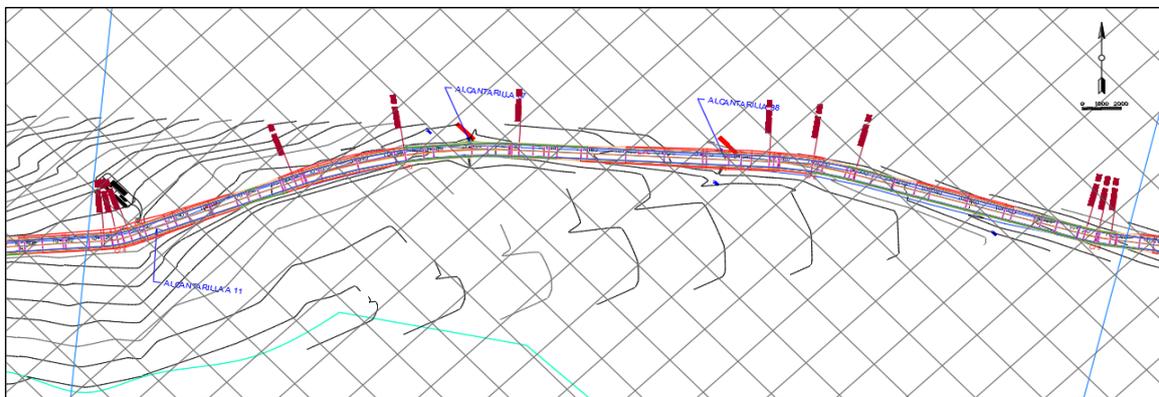


Tabla 27: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-18.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO”

TESIS:

TESISTA:

LUGAR:

FECHA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
viernes, 2 de Julio de 2021



FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Tráfico	
Nombre	Tramo 19	Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-19	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	10+762 al 11+360	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria		
Tipo de rodadura	Bituminosa		
Tipo de firme	Base estabilizada		
Longitud (m)	598		
Ancho de calzada (m)	6		
Ancho de berma (m)	1		
Número de carriles	2 carriles		



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	304.49	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	3	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	9.07
Pendiente prom. (%)	3.04	Espesor anterior (mm)	0		
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	4			Base	
Curvatura horizontal prom. (°/km)	25.82			Espesor base (mm)	60
Velocidad Limite (Km/h)	60			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Altitud (m)	3510				
Tipo drenaje	Forma V				

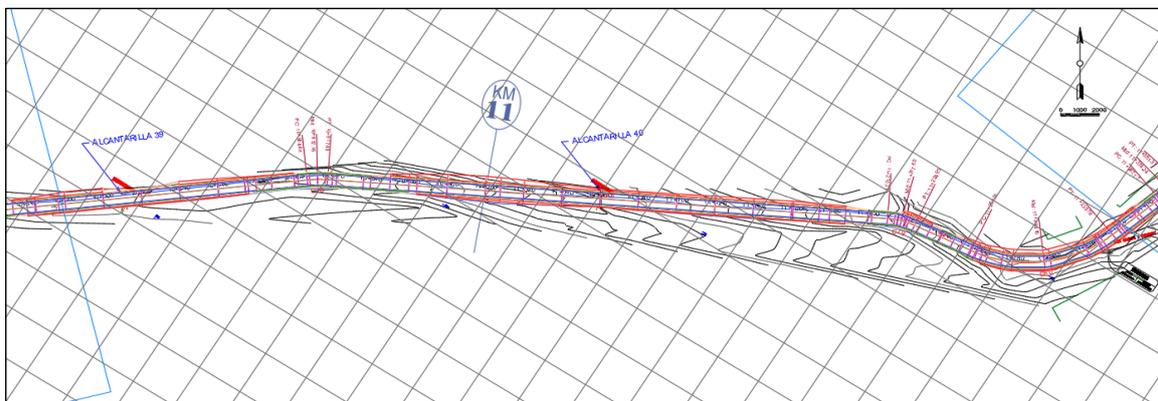


Tabla 28: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-19.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO”



TESIS:

TESISTA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET

BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR:

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA:

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición	
Nombre	Tramo 20
ID tramo	T-20
Progresiva	11+360 al 11+958
ID de ruta	I-Z
Clase de carretera	Secundaria
Tipo de rodadura	Bituminosa
Tipo de firme	Base estabilizada

Longitud (m)	598
Ancho de calzada (m)	6
Ancho de berma (m)	1
Número de carriles	2 carriles

Tráfico	
Tráfico motorizado	279
Tráfico no motorizado	0
Año del IMD	2015
Dirección del tráfico	Ambos sentidos



Geometría	
Ascensos y descensos (m/km)	319.34
N° ascensos y descensos (N°/km)	4
Pendiente prom. (%)	1.22
N° curvatura horizontal (N°/km)	8
Curvatura horizontal prom. (°/km)	15.83
Velocidad Límite (Km/h)	60
Altitud (m)	3550
Tipo drenaje	Forma V

Capa de rodadura	
Tipo	Tratamiento Sup.
Espesor mas reciente (mm)	75
Espesor anterior (mm)	0

Capacidad de soporte	
Número estructural	4.02
CBR subrasante (%)	7.66
Base	
Espesor base (mm)	60
Módulo resiliente (GPa)	0.06

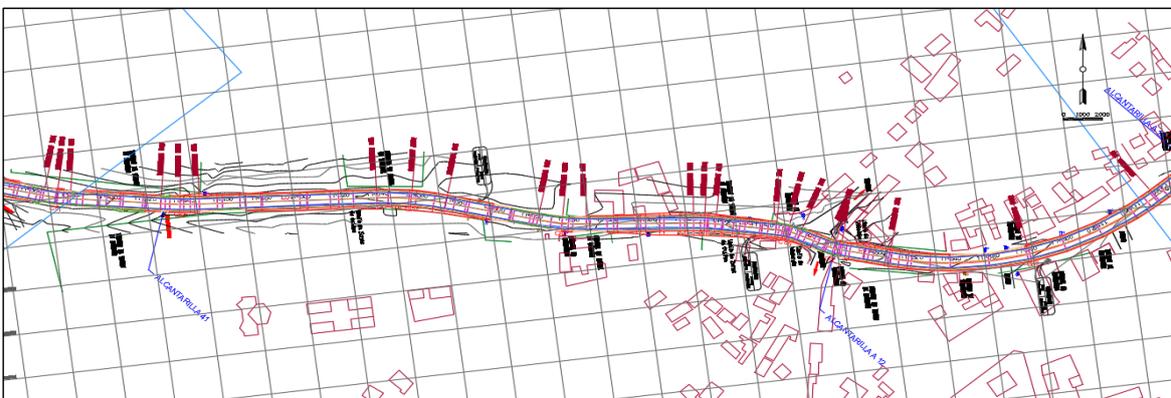


Tabla 29: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-20.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS:** "EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
**TESISTA:** BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO  
**LUGAR:** VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA  
**FECHA:** viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Longitud (m)		Tráfico	
Nombre	Tramo 21	598		Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-21	Ancho de calzada (m)	6	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	11+958 al 12+556	Ancho de berma (m)	1	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Número de carriles	2 carriles	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria				
Tipo de rodadura	Bituminosa				
Tipo de firme	Base estabilizada				



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	278.45	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	4	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	17.89
Pendiente prom. (%)	1.54	Espesor anterior (mm)	0	Base	
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	1			Espesor base (mm)	60
Curvatura horizontal prom. (°/km)	14.36			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Velocidad Limite (Km/h)	60				
Altitud (m)	3560				
Tipo drenaje	Forma V				

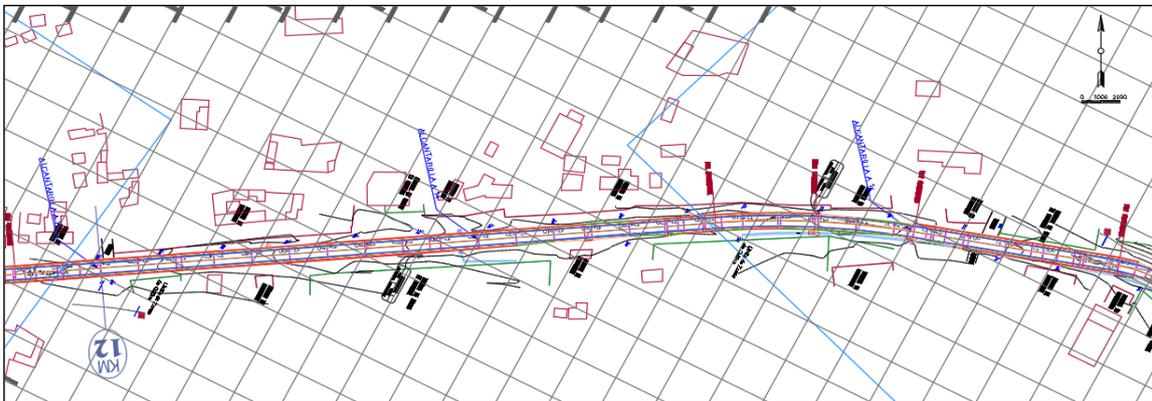


Tabla 30: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-21.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS  
APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA –  
CRUZPATA, REGIÓN CUSCO"



TESIS:

TESISTA:

BACH. PALOMINO SOTELO KAREN ARLET  
BACH. DIAZ GONZALES DANIEL ALEJANDRO

LUGAR:

VÍA IZCUCHACA - CRUZPATA

FECHA:

viernes, 2 de Julio de 2021

FICHA DE INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HDM4

Definición		Longitud (m)		Tráfico	
Nombre	Tramo 22	144		Tráfico motorizado	279
ID tramo	T-22	Ancho de calzada (m)	6	Tráfico no motorizado	0
Progresiva	12+556 al 12+700	Ancho de berma (m)	1	Año del IMD	2015
ID de ruta	I-Z	Número de carriles	2 carriles	Dirección del tráfico	Ambos sentidos
Clase de carretera	Secundaria				
Tipo de rodadura	Bituminosa				
Tipo de firme	Base estabilizada				



Geometría		Capa de rodadura		Capacidad de soporte	
Ascensos y descensos (m/km)	54.1	Tipo	Tratamiento Sup.	Número estructural	4.02
Nº ascensos y descensos (Nº/km)	2	Espesor mas reciente (mm)	75	CBR subrasante (%)	24.64
Pendiente prom. (%)	1.20	Espesor anterior (mm)	0	Base	
Nº curvatura horizontal (Nº/km)	1			Espesor base (mm)	60
Curvatura horizontal prom. (°/km)	57.96			Módulo resiliente (GPa)	0.06
Velocidad Limite (Km/h)	60				
Altitud (m)	3560				
Tipo drenaje	Forma V				

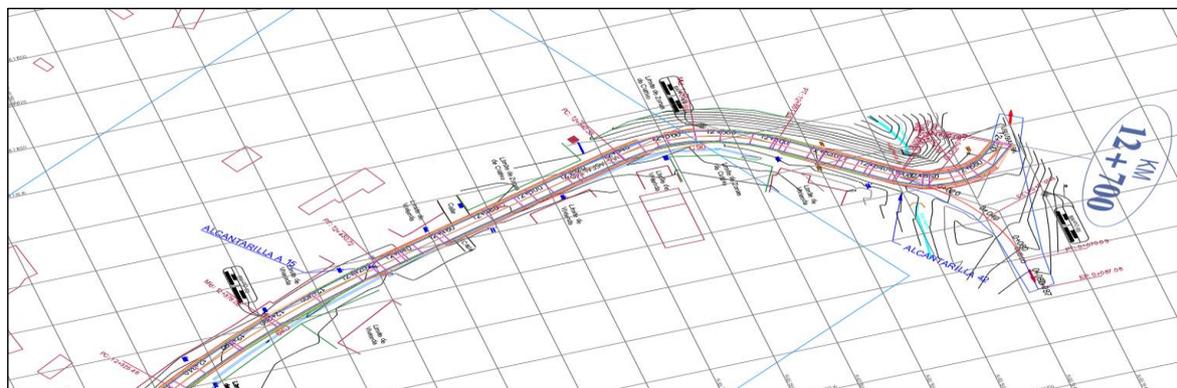


Tabla 31: Ficha de ingreso de Datos del tramo T-22.



### 3.6.2. Ingreso de datos al HDM-4.

Se abre el espacio de trabajo del HDM-4.

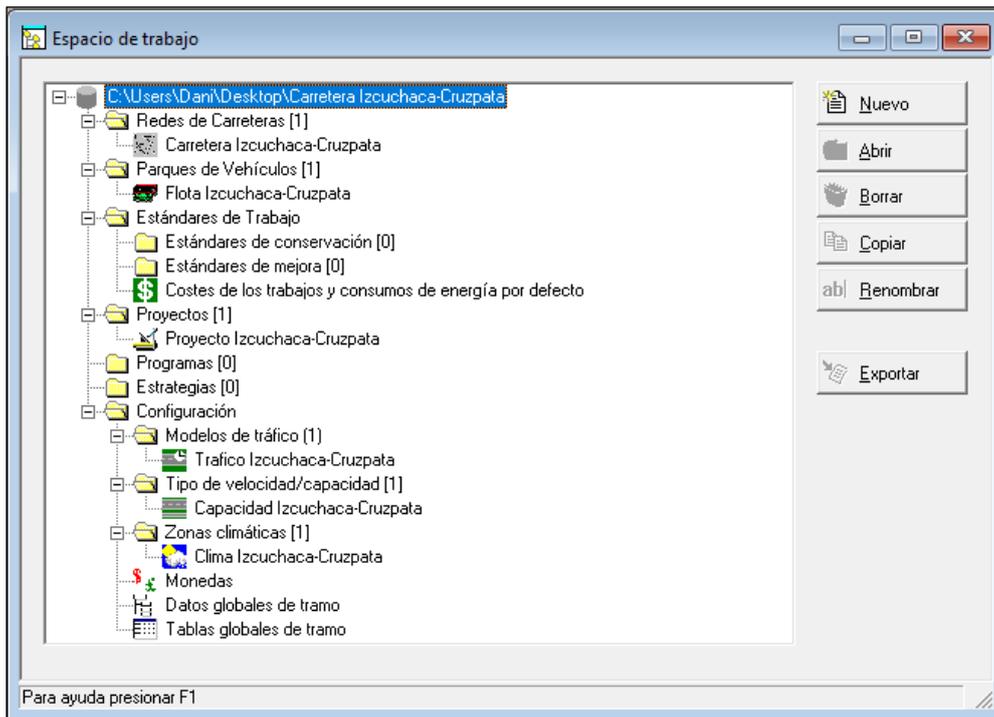


Figura 35: Espacio de trabajo HDM-4.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa el tipo de moneda que se ha de emplear.

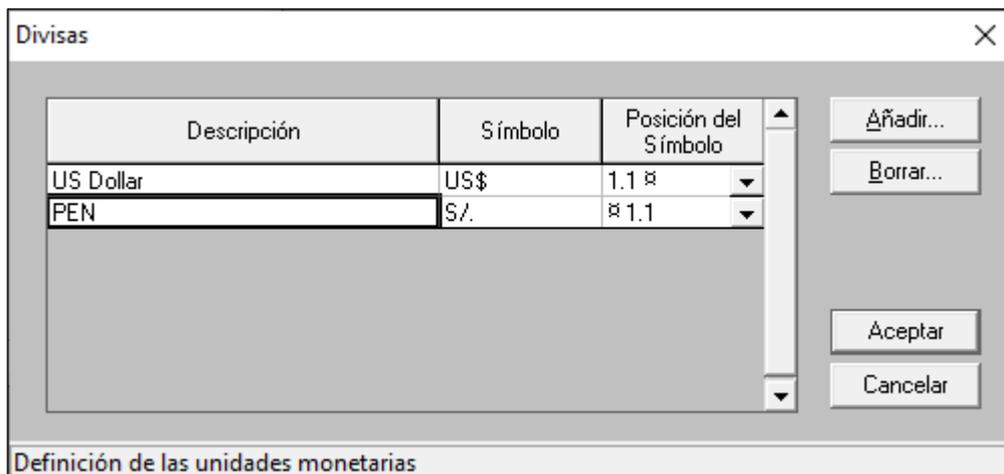


Figura 36: Configuración dl tipo de moneda del software HDM-4.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa los datos de clima de la zona.



Zona climática: Clima Izcuchaca-Cruzpata

Clima

Nombre:	Clima Izcuchaca-Cruzpata
Clasificación por humedad:	Semiárido
Índice de humedad:	-40
Duración estación seca:	0.5 (como parte de un año)
Precipitación media mensual:	57 mm
Clasificación temperatura:	Subtropical - frío
Temperatura media:	12.3 °C
Rango temperaturas medias:	17 °C
Días T>32°C:	0 días
Índice de helada:	0 °C-día

Porcentaje de tiempo que se conduce

Carreteras cubiertas nieve:	0	0<=PCTDS<=100
Carreteras cubiertas agua:	15	0<=PCTD'W<=100

Nombre de esta zona climática

Aceptar  
Cancelar  
Por defecto...

Figura 37: Configuración de la zona climática del software HDM-4.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa la intensidad de tráfico.

Periodo	Descripción	Horas por año (HRYRp)	Tráfico horario (HVp)	% de IMD (PCNADTp)
1	Periodo 1	8760.00	1.000	100.00

Figura 38: Configuración de la intensidad de tráfico del software HDM-4.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa los tipos de vehículos que transitan en la vía a evaluar.

Nombre	Clase	Fecha últ. modif.	Tipo base	Categoría
Auto	Coche de pasajero	24/09/2021	Coche medio	Motorizado
Bus	Autobuses	25/08/2021	Autobús medio	Motorizado
Camion	Camiones	25/08/2021	Camión mediano	Motorizado
Camioneta	Vehículos de rep:	25/08/2021	Todo terreno	Motorizado
Micro	Autobuses	25/08/2021	Minibus	Motorizado
Semitrayler	Camiones	25/08/2021	Camión pesado	Motorizado
Station Wagon	Coche de pasajero	25/08/2021	Coche medio	Motorizado
Trayler	Camiones	25/08/2021	Camión articulado	Motorizado

Figura 39: Configuración del parque automotor del software HDM-4.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa los datos de los tramos de la carretera.



Red de carreteras: Carretera Izcuchaca-Cruzpata - Todos los tramos/Datos generales

ID	Descripción	Fecha últ. modif.	Tipo de capa de rodadura	Tipo de firme	Longitud (km)	Ancho calzada(m)	Intensidad de Tráfico	Cariles	Ancho Arcén (m)	Tipo de velocidad/cap	Modelo de tráfico	Zona climática	Clase carretera	IMD TM	IMD TMM	Año de la IMD
T-01	Tramo 01	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-02	Tramo 02	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-03	Tramo 03	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-04	Tramo 04	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-05	Tramo 05	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-06	Tramo 06	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-07	Tramo 07	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-08	Tramo 08	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-09	Tramo 09	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-10	Tramo 10	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-11	Tramo 11	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-12	Tramo 12	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-13	Tramo 13	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-14	Tramo 14	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-15	Tramo 15	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-16	Tramo 16	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-17	Tramo 17	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-18	Tramo 18	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-19	Tramo 19	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-20	Tramo 20	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-21	Tramo 21	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.6	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015
T-22	Tramo 22	25/09/2021	Bituminosa	T. superficial sobre base estable.	0.1	6.00	Ambos se	2.00	1.00	Capacidad I	Trafico Izcuc	Clima Izcuch	Secundaria c	279.00	0.00	2015

Figura 40: Cuadro de ingreso de datos de los tramos de la vía a evaluar.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa el detalle de cada tramo de la carretera.

Tramo: Tramo 01

Definición | Geometría | Fime | Estado

Nombre del tramo: Tramo 01

ID del tramo: T-01

Nombre ruta: Izcuchaca-Cruzpata

ID de ruta: I-Z

Tipo de vel/cap: Capacidad Izcuchaca-Cruzpata

Modelo de tráfico: Trafico Izcuchaca-Cruzpata

Zona climática: Clima Izcuchaca-Cruzpata

Clase carretera: Secundaria o principal

Tipo c.rodadura: Bituminosa

Tipo firme: T. superficial sobre base estabilizada

Longitud: 0.596 km

Ancho de calzada: 6 m

Ancho de arcén: 1 m

Número de cariles: 2

Trafico

Motorizado: 279 IMD

No motorizado: 0 IMD

Año: 2015

Sentido: Ambos sentidos

Detalles... | Aceptar | Cancelar

Nombre del tramo

Figura 41: Cuadro de definición del tramo.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa los datos de geometría de cada tramo de la carretera.



Tramo: Tramo 01

Definición | Geometría | Fime | Estado

Rampas + pendientes: 233.44 m/km

Curvatura horizontal media: 29.56 %/km

Velocidad límite: 60 km/h

Altitud: 3350 m

Tipo dren: Foma de V - duro

Detalles... Aceptar Cancelar

Rampa más pendiente media de la carretera (en m/km)

Figura 42: Cuadro de geometría del tramo.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa los datos de la calzada de cada tramo de la carretera.

Tramo: Tramo 01

Definición | Geometría | Fime | Estado

Capa de Rodadura

Tipo material: Tratamiento superficial monoc

Espesor más reciente: 75 mm

Espesor anterior/antiguo: 0 mm

Capacidad de Soporte

Parámetros calc. para estación húmeda

SNP: 5.19 DEF: 0.25 mm

[1]  Número estructural: 4.02

CBR explanada: 9.29 %

Estación seca  Estación húmeda

[2]  SNP calculado: Calcular SNP

Base (sólo para bases estabilizadas)

Espesor base: 60 mm

Módulo Resiliente: 0.06 GPa

Detalles... Aceptar Cancelar

Material de la capa de rodadura

Figura 43: Cuadro de características del pavimento.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresan los datos del estado de la calzada de cada tramo de la carretera.

Tramo: Tramo 01	
Estado a final de año	2022
Regularidad (IRI - m/km)	3.00
Área total fisurada (%)	0.00
Área con desp. de áridos (%)	1.00
Número de baches (Nº/km)	0.00
Área con rotura de borde (m²/km)	0.00
Profundidad media de roderas	2.00
Textura (mm)	0.70
Rozamiento (SCRIM 50 km/h)	0.50
Drenaje	Excelente ▼

Figura 44: Cuadro del estado del tramo.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

### 3.6.3. Datos de la Propuesta de Mantenimiento

Consiste en el sellado de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo en calzada, luego la colocación de un refuerzo asfáltico con pavimento de concreto asfáltico de  $e=1,5''$ , complementándose con el mantenimiento rutinario.

Termino HDM-4	Descripción	Unidades	Precio Unitario soles
Misceláneos	Mantenimiento rutinario	Soles/Km-año	20,394.59
Ligante de sellado	Lechada asfáltica	Soles/M2	24.14
Refuerzo con mezcla bituminosa densa	Refuerzo asfáltico	Soles/M2	23.12
Bacheo	Parchado superficial	Soles/M2	56.78
Sellado de Capa	Sellado de fisuras y grietas	Soles/M2	94.01

Tabla 32: Propuesta de mantenimiento.

### 3.6.4. Propuesta de Mantenimiento.

En la tabla 33 se observa las propuestas de mantenimiento para la carretera con su el respectivo criterio de intervención.

	Descripción	Unidades	Precio Unitario	Intervención



<b>Misceláneos</b>	Mantenimiento rutinario	Soles/Km-año	20,394.59	1 vez al año
<b>Ligante de sellado</b>	Lechada asfáltica	Soles/M2	24.14	Área dañada >= 5%
<b>Bacheo</b>	Parchado superficial	Soles/M2	56.78	Baches >=1 por Km
<b>Sellado de Capa</b>	Sellado de fisuras y grietas	Soles/M2	94.01	área dañada >= 5%

Tabla 33: Criterio de intervención de mantenimiento.

### 3.6.5. Ingreso de Propuesta de Mantenimiento.

Se ingresa la propuesta de mantenimiento.

Figura 45: Ingreso de estándares de trabajo de conservación.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa la información general del mantenimiento rutinario.



Elemento de trabajo de conservación: Mantenimiento Rutinario

General | Intervención | Costes

Nombre:

Código:

Capa de rodadura: Bituminosa

Tipo de entidad: Misceláneos

Actuación: Misceláneos

Tipo de intervención:  Programada  
 Correctiva

Aceptar Cancelar Aplicar

Nombre de este elemento de trabajo

Figura 46: Ingreso de datos del mantenimiento rutinario.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa la información general de la lechada asfáltica.

Elemento de trabajo de conservación: Lechada asfáltica

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Nombre:

Código:

Capa de rodadura: Bituminosa

Tipo de entidad: Calzada

Actuación: Ligante de sellado

Tipo de intervención:  Programada  
 Correctiva

Aceptar Cancelar Aplicar

Nombre de este elemento de trabajo

Figura 47: Ingreso de datos de la lechada asfáltica.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa la información general del parchado superficial.



Elemento de trabajo de conservación: Parchado superficial

General | Intervención | Costes | Efectos

Nombre: Parchado superficial

Código: PS

Capa de rodadura: Bituminosa

Tipo de entidad: Calzada

Actuación: Bacheo

Tipo de intervención:  Programada  Correctiva

Aceptar Cancelar Aplicar

Nombre de este elemento de trabajo

Figura 48: Ingreso de datos de parchado superficial.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se ingresa la información general del sellado de fisuras.

Elemento de trabajo de conservación: Sellado de fisuras

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Nombre: Sellado de fisuras

Código: SF

Capa de rodadura: Bituminosa

Tipo de entidad: Calzada

Actuación: Sellado de capa

Tipo de intervención:  Programada  Correctiva

Aceptar Cancelar Aplicar

Nombre de este elemento de trabajo

Figura 49: Ingreso de datos de sellado de fisuras.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

### 3.6.6. Generar Informes HDM-4.

Se genera los informes indicando un periodo de análisis de 30 años.

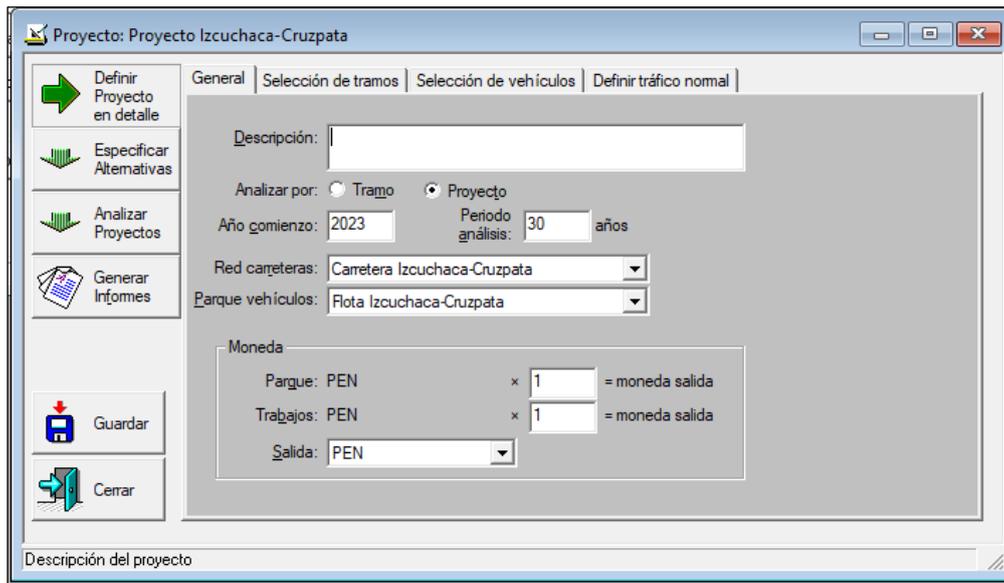


Figura 50: Cuadro de detalle del proyecto.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se seleccionó los tramos de los que se obtendrán informes.

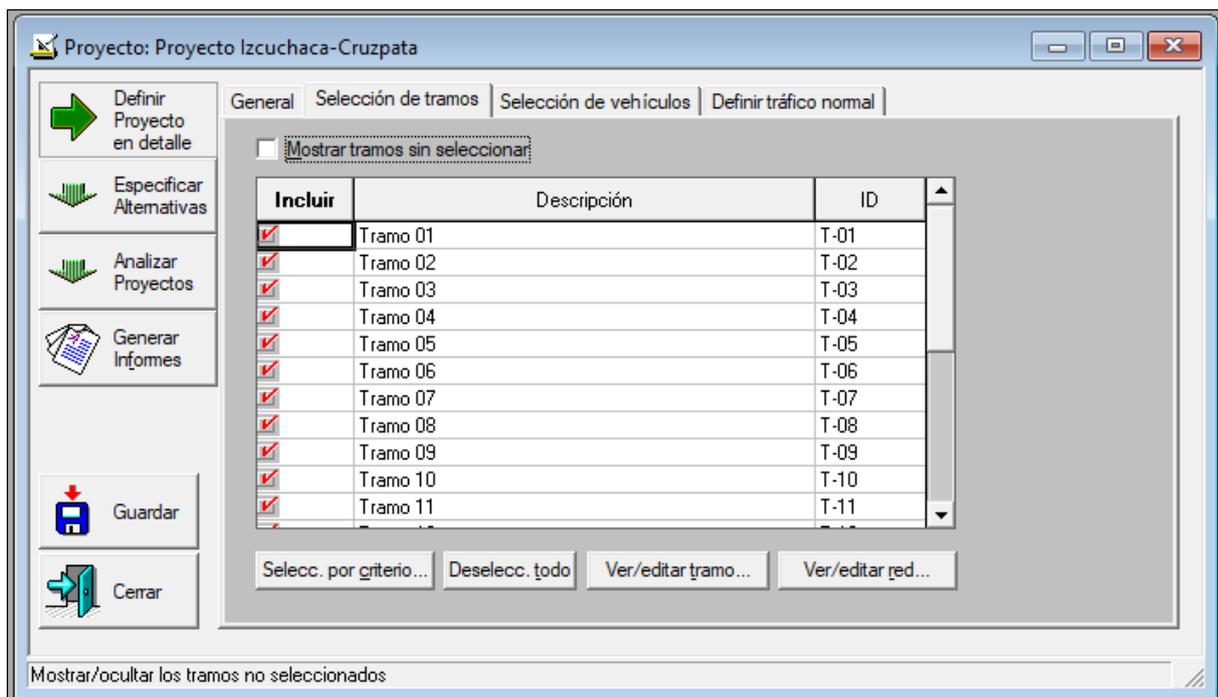


Figura 51 Cuadro de los tramos del proyecto.

Fuente: HDM-4 - Adaptación propia.

Se seleccionan el tipo de vehículos de los cuales se tomarán de modelo para los informes.

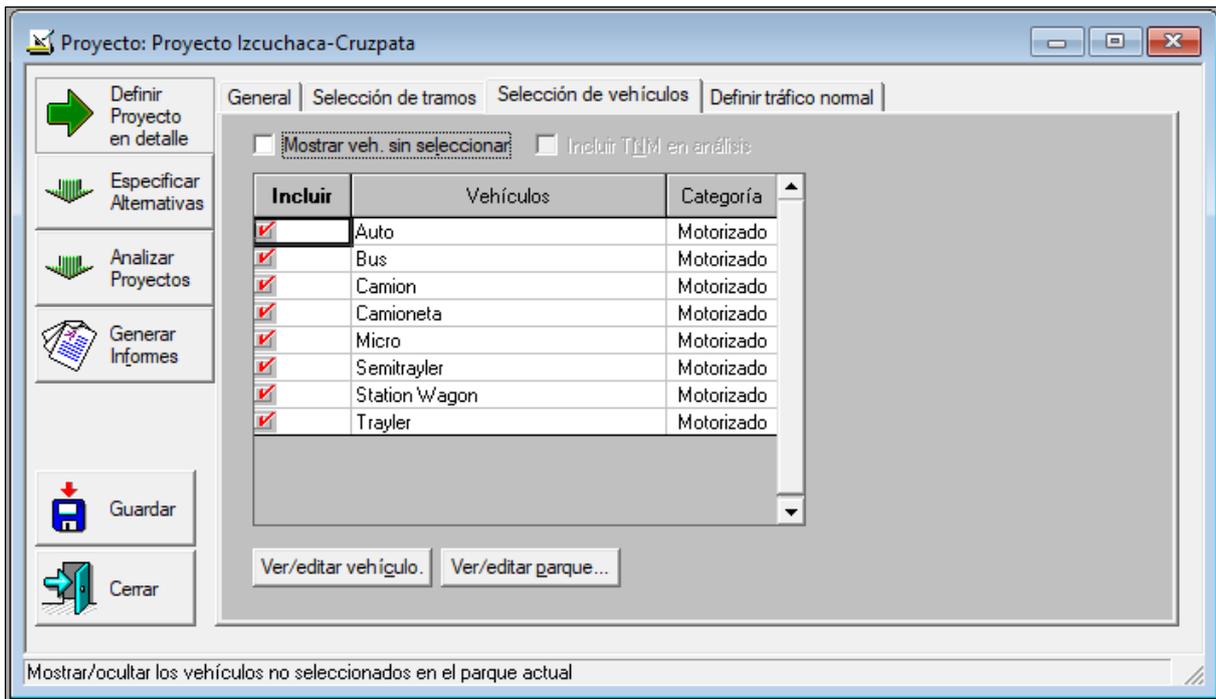


Figura 52: Cuadro de los vehículos del proyecto.

Fuente: HDM-4 -Adaptación propia.

Se indica el IMD y la tasa de crecimiento vehicular que se considerarán en los informes.

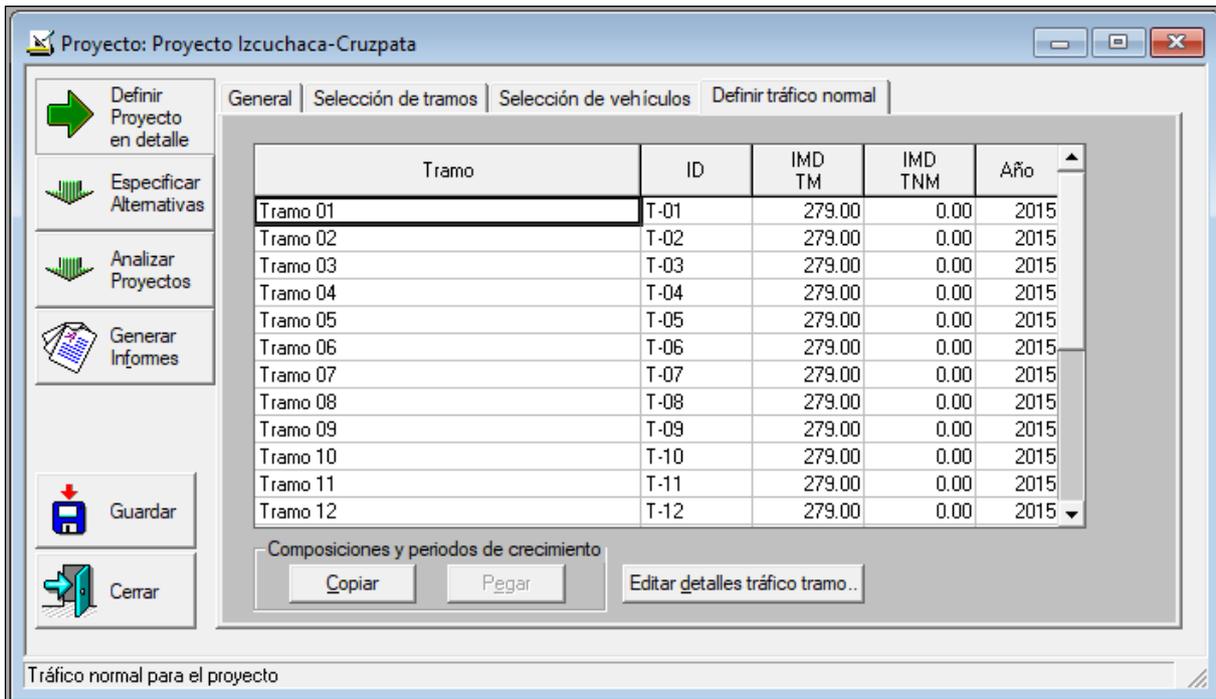


Figura 53: Cuadro de IMD del proyecto.

Fuente: HDM-4 Adaptación - propia.



Se ejecuta el análisis para generar los informes correspondientes.

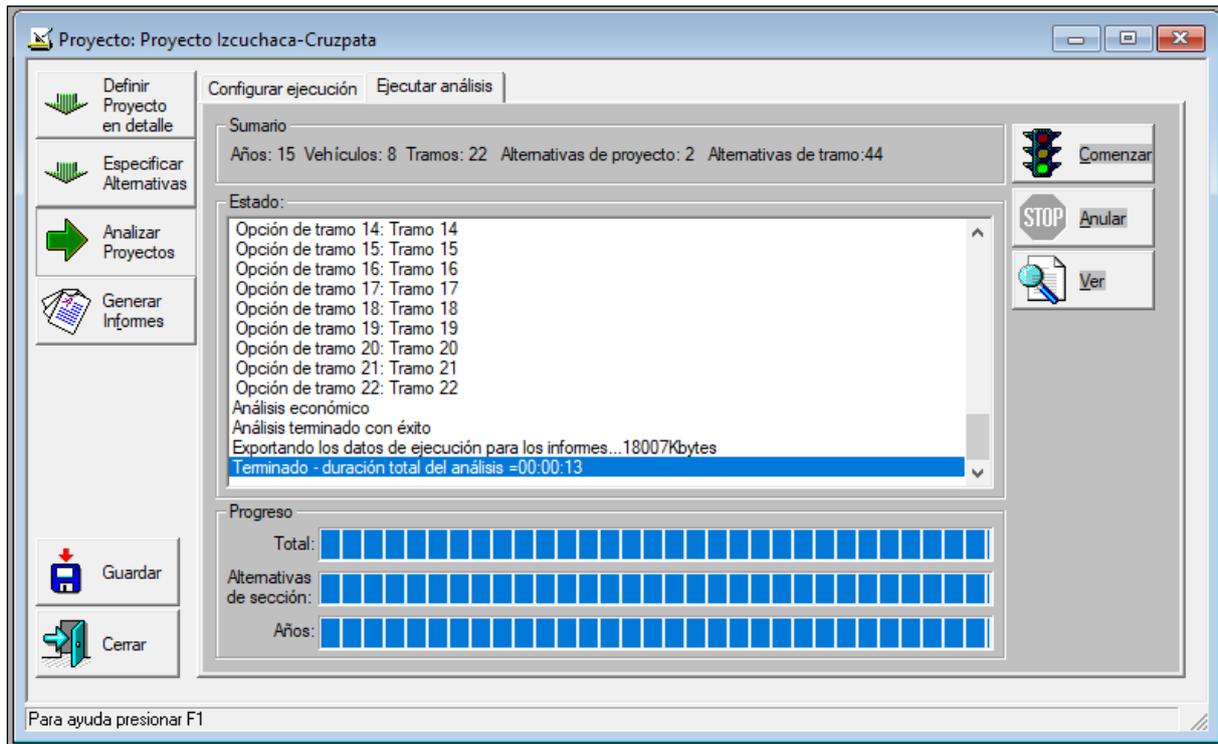


Figura 54: Cuadro de ejecución del análisis.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.

Se seleccionan los informes de los cuales obtendremos los datos a evaluar.

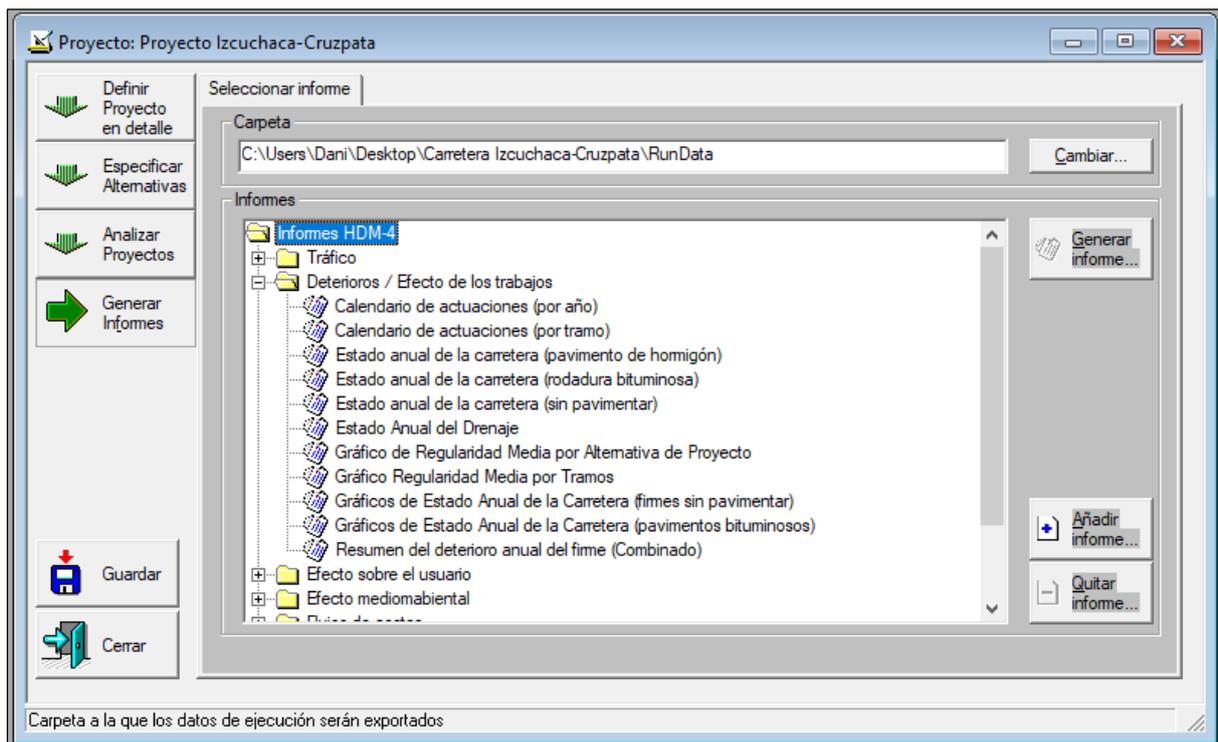


Figura 55 Cuadro de los informes generados en el software HDM-4.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.



### 3.6.7. Informes HDM-4.

#### 3.6.7.1 Gráfico crecimiento IMD HDM-4.

En este gráfico se observa el crecimiento de IMD a lo largo del periodo de 30 años.

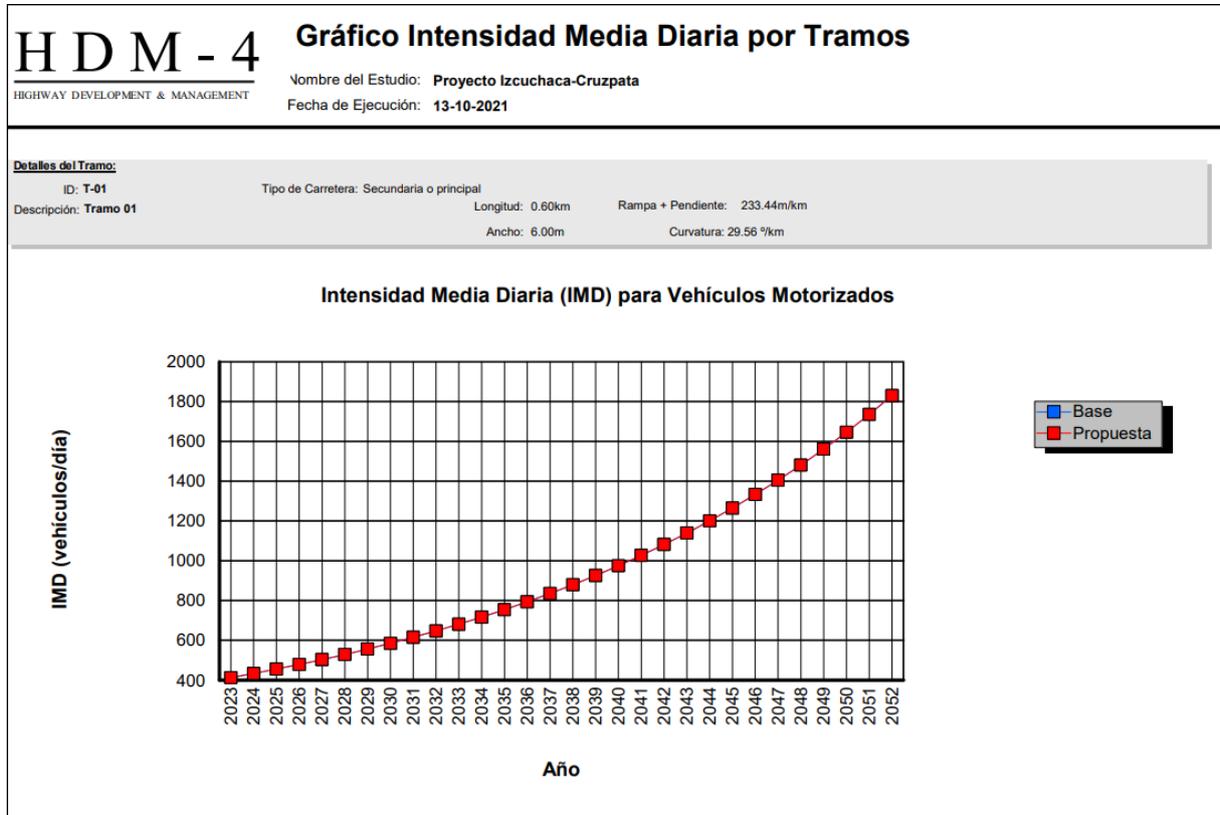


Figura 56 Gráfico del crecimiento del IMD.

Fuente: HDM-4 -Adaptación propia.



### 3.6.7.2 Tabla del crecimiento del IMD detallado.

En esta tabla se puede ver el crecimiento del IMD para cada vehículo a lo largo del periodo de 30 años.

<b>H D M - 4</b>		<b>IMD de tráfico motorizado (vehículos/día)</b>							
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT		Nombre del estudio: <b>Proyecto Izcuchaca-Cruzpata</b>							
		Fecha ejecución: <b>13-10-2021</b>							
<b>Leyenda:</b>									
en cada celda: <i>1a fila</i> = Tráfico Normal (e Inducido)									
<i>2a fila</i> = Tráfico Generado									
<i>3a fila</i> = Tráfico Total									
<b>Tramo:</b> Tramo 01									
<b>Alternativa:</b> Propuesta									
	Auto	Bus	Camion	Camioneta	Micro	Semitrayler	Station Wagon	Trayler	Total
<b>2023</b>	55	18	115	112	46	7	58	1	412
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55	18	115	112	46	7	58	1	412
<b>2024</b>	58	19	119	119	49	7	61	1	433
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	58	19	119	119	49	7	61	1	433
<b>2025</b>	61	19	123	126	52	7	65	1	455
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	61	19	123	126	52	7	65	1	455
<b>2026</b>	65	20	127	134	55	7	69	1	478
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	65	20	127	134	55	7	69	1	478
<b>2027</b>	69	21	131	142	59	8	73	1	503
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	69	21	131	142	59	8	73	1	503



	Auto	Bus	Camion	Camioneta	Micro	Semitrayler	Station Wagon	Trayler	Total
<b>2028</b>	73	21	136	150	62	8	77	1	529
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	73	21	136	150	62	8	77	1	529
<b>2029</b>	77	22	140	159	66	8	82	2	556
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	77	22	140	159	66	8	82	2	556
<b>2030</b>	82	23	145	169	70	8	87	2	585
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	82	23	145	169	70	8	87	2	585
<b>2031</b>	87	24	150	179	74	9	92	2	615
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	87	24	150	179	74	9	92	2	615
<b>2032</b>	92	24	155	190	78	9	97	2	647
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	92	24	155	190	78	9	97	2	647
<b>2033</b>	98	25	160	201	83	9	103	2	681
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	98	25	160	201	83	9	103	2	681
<b>2034</b>	104	26	165	213	88	9	109	2	716
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	104	26	165	213	88	9	109	2	716
<b>2035</b>	110	27	170	226	93	10	116	2	754
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	110	27	170	226	93	10	116	2	754
<b>2036</b>	116	28	176	239	99	10	123	2	793
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	116	28	176	239	99	10	123	2	793
<b>2037</b>	123	29	182	254	105	10	130	2	835
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	123	29	182	254	105	10	130	2	835



	Auto	Bus	Camion	Camioneta	Micro	Semitrayler	Station Wagon	Trayler	Total
<b>2038</b>	131	30	188	269	111	11	138	2	879
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	131	30	188	269	111	11	138	2	879
<b>2039</b>	139	31	194	285	118	11	146	2	926
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	139	31	194	285	118	11	146	2	926
<b>2040</b>	147	32	200	302	125	12	155	2	975
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	147	32	200	302	125	12	155	2	975
<b>2041</b>	156	33	207	320	133	12	164	2	1,027
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	156	33	207	320	133	12	164	2	1,027
<b>2042</b>	165	34	214	340	140	12	174	2	1,082
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	165	34	214	340	140	12	174	2	1,082
<b>2043</b>	175	35	221	360	149	13	185	2	1,139
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	175	35	221	360	149	13	185	2	1,139
<b>2044</b>	186	36	228	382	158	13	196	3	1,200
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	186	36	228	382	158	13	196	3	1,200
<b>2045</b>	197	37	236	404	167	14	208	3	1,265
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	197	37	236	404	167	14	208	3	1,265
<b>2046</b>	209	38	243	429	177	14	220	3	1,333
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	209	38	243	429	177	14	220	3	1,333
<b>2047</b>	221	40	251	454	188	14	233	3	1,405
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	221	40	251	454	188	14	233	3	1,405

	Auto	Bus	Camion	Camioneta	Micro	Semitrayler	Station Wagon	Trayler	Total
<b>2048</b>	234	41	260	482	199	15	247	3	1,481
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	234	41	260	482	199	15	247	3	1,481
<b>2049</b>	248	42	268	511	211	15	262	3	1,561
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	248	42	268	511	211	15	262	3	1,561
<b>2050</b>	263	44	277	541	224	16	278	3	1,646
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	263	44	277	541	224	16	278	3	1,646
<b>2051</b>	279	45	286	574	237	16	294	3	1,736
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	279	45	286	574	237	16	294	3	1,736
<b>2052</b>	296	47	296	608	252	17	312	3	1,830
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	296	47	296	608	252	17	312	3	1,830
<b>Total</b>	4,317	907	5,763	8,873	3,670	331	4,553	63	28,478
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4,317	907	5,763	8,873	3,670	331	4,553	63	28,478

Tabla 34: Tabla del crecimiento del IMD.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.



### 3.6.7.3 Gráfico de la regularidad media.

En este gráfico se puede visualizar el índice de rugosidad de la vía sin un plan de mantenimiento, y con la propuesta de un plan de mantenimiento que se dará en un periodo de 30 años.

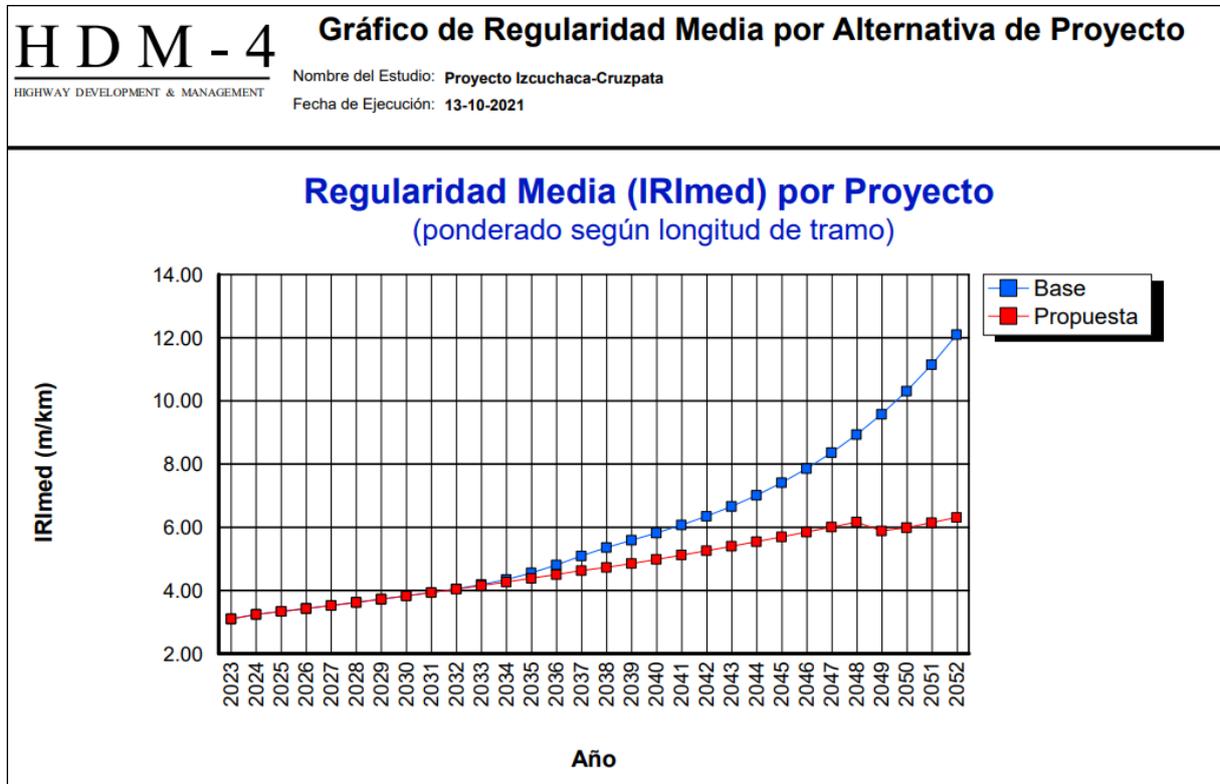


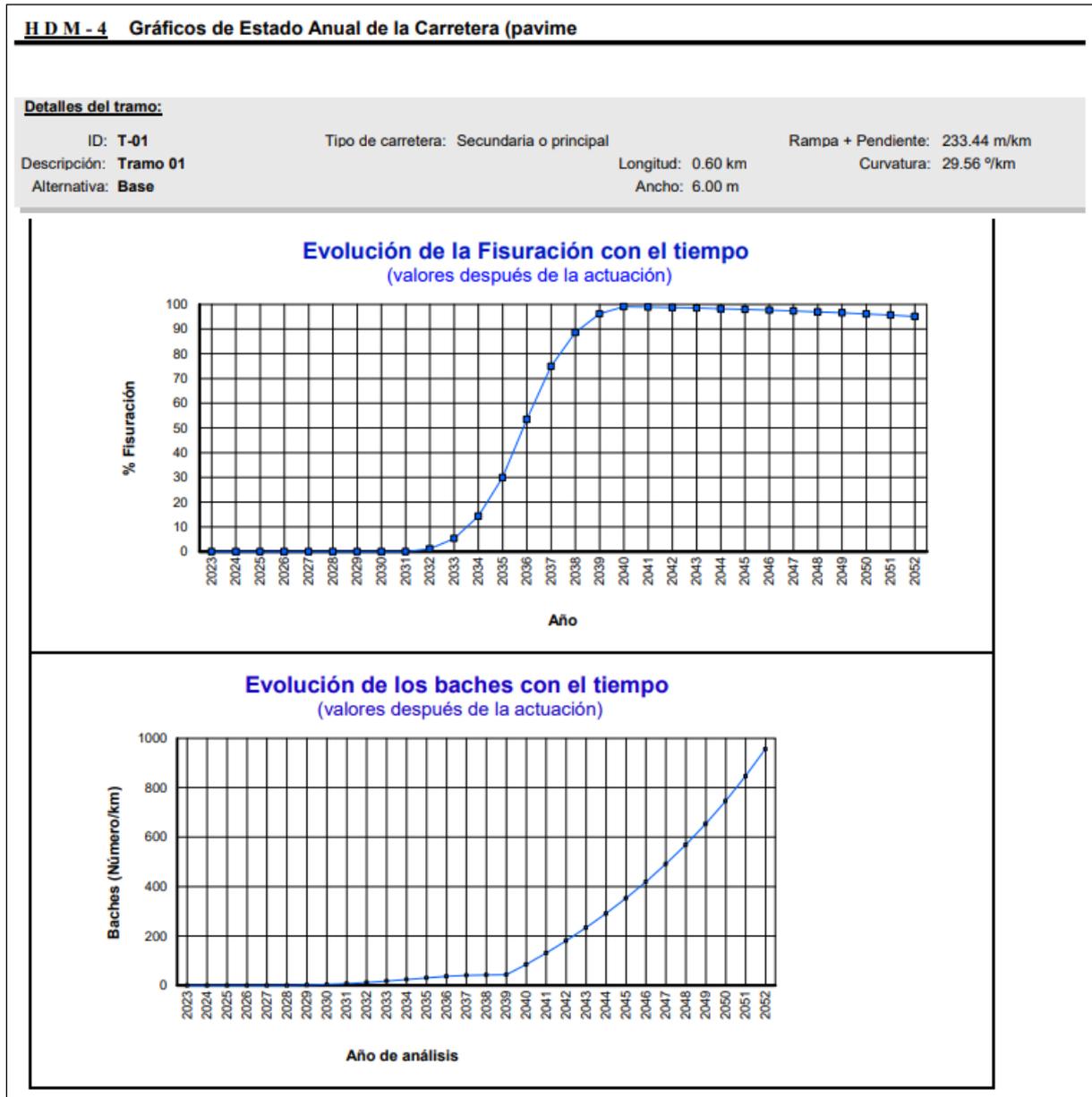
Figura 57: Gráfico de la regularidad media.

Fuente: HDM-4 – Adaptación.



### 3.6.7.4 Gráficos de los diferentes tipos de deterioros de la vía sin mantenimiento.

En el grafico se muestra la evolución de los diferentes tipos de deterioros en la vía sin mantenimiento.



HDM-4 Gráficos de Estado Anual de la Carretera (pavime)

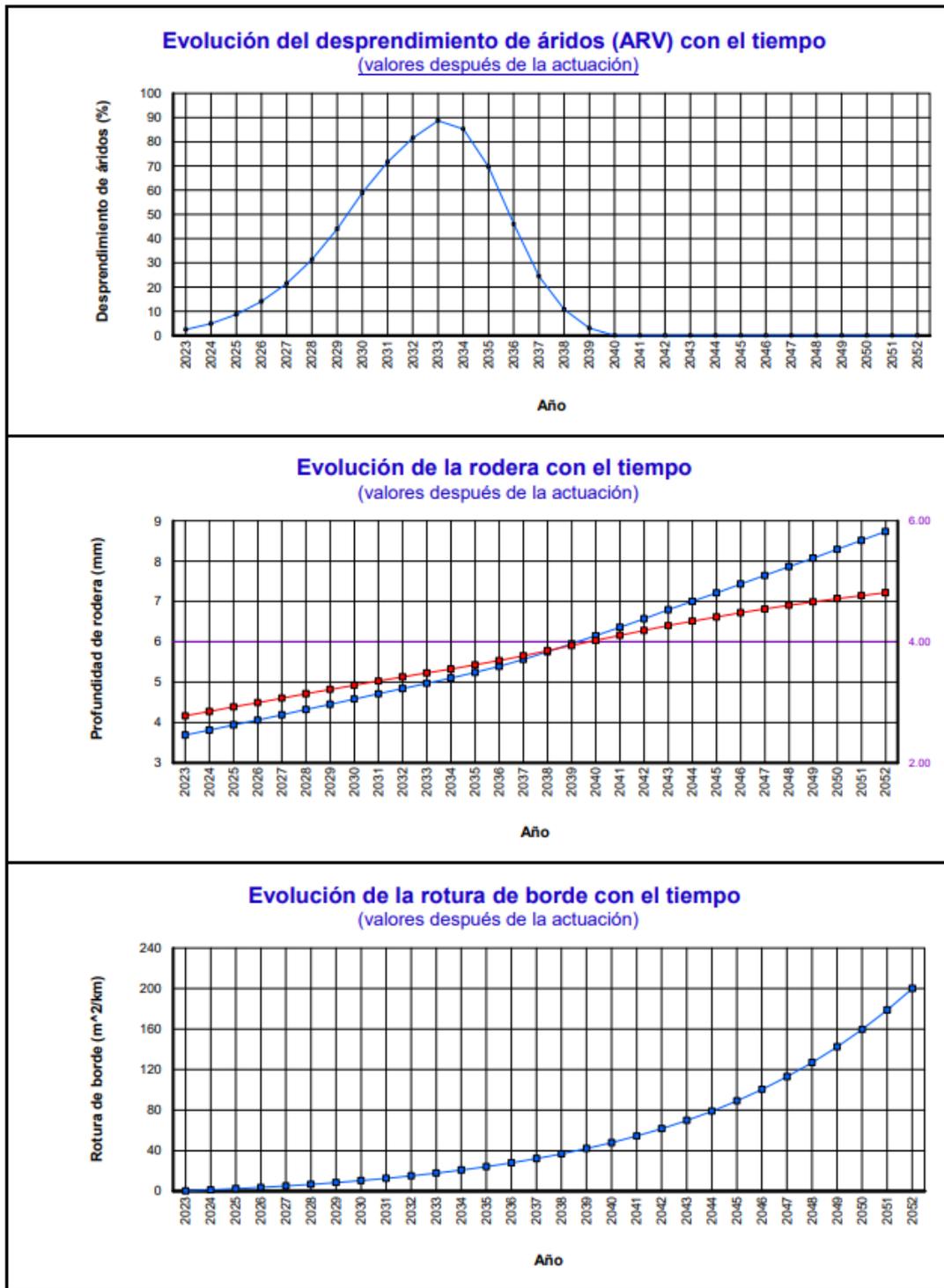


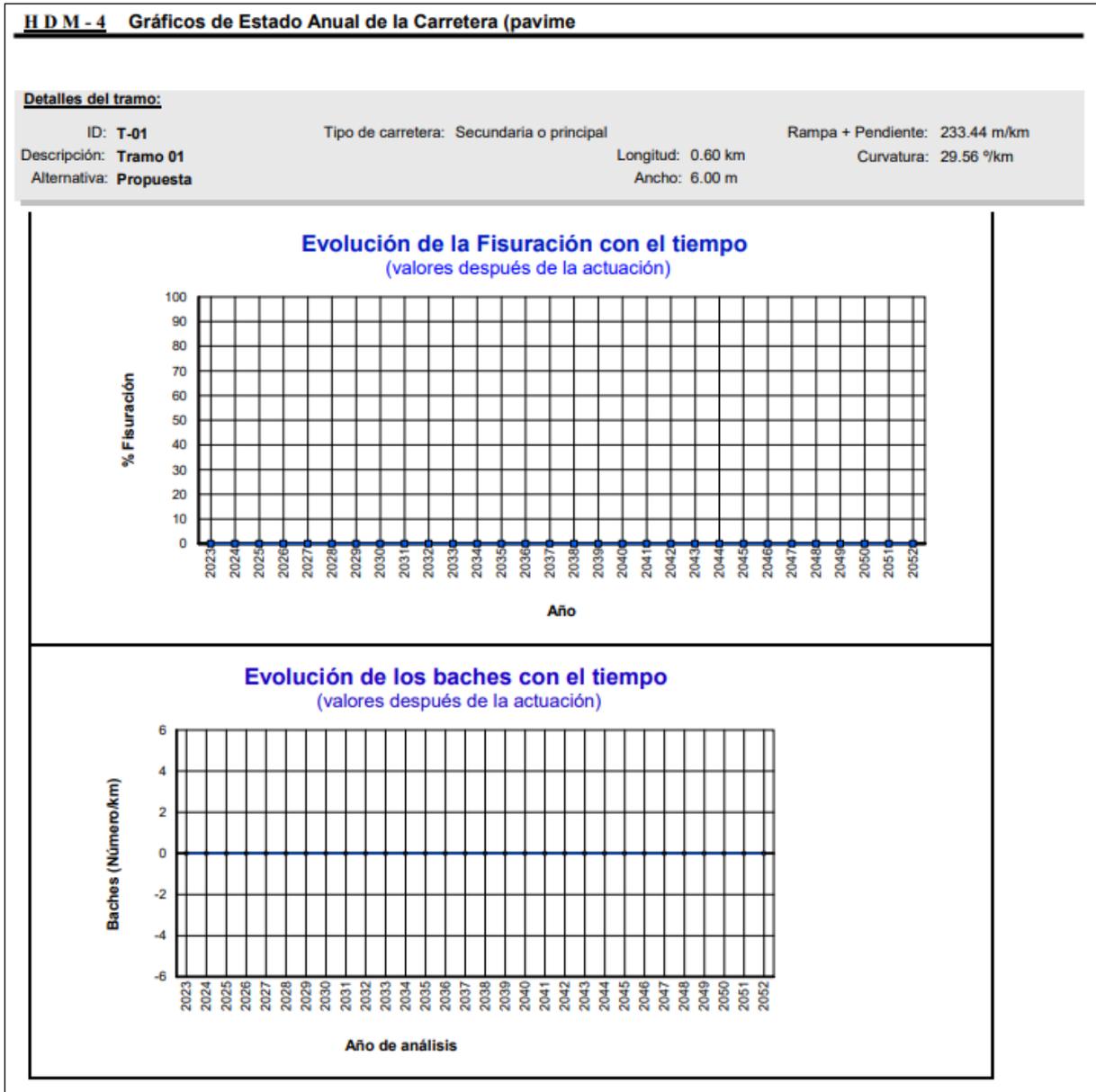
Figura 58: Gráfico del deterioro sin propuesta de mantenimiento.

Fuente: HDM-4 Adaptación.



### 3.6.7.5 Gráficos de los diferentes tipos de deterioros de la vía con mantenimiento.

En el grafico se muestra la evolución de los diferentes tipos de deterioros en la vía con una propuesta de mantenimiento.



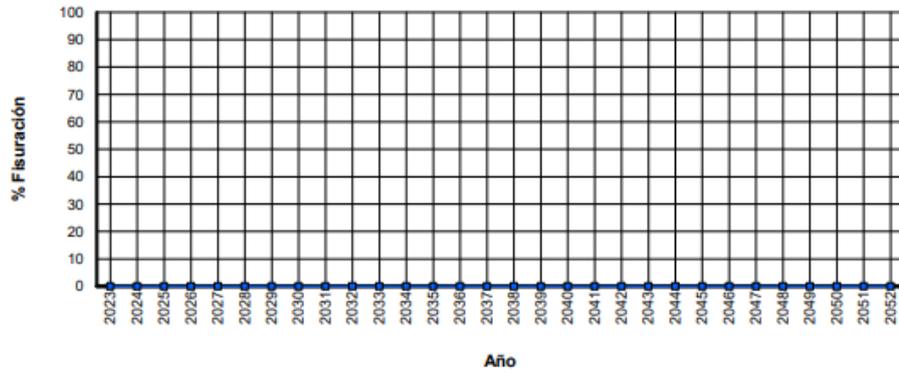


**HDM-4 Gráficos de Estado Anual de la Carretera (pavime**

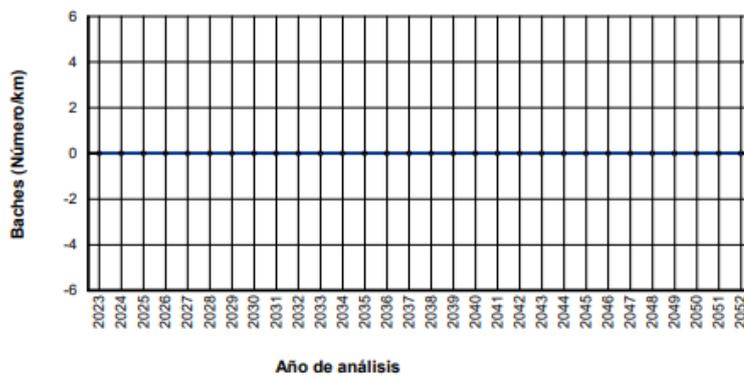
**Detalles del tramo:**

ID: <b>T-01</b>	Tipo de carretera: Secundaria o principal	Rampa + Pendiente: 233.44 m/km
Descripción: <b>Tramo 01</b>	Longitud: 0.60 km	Curvatura: 29.56 %/km
Alternativa: <b>Propuesta</b>	Ancho: 6.00 m	

**Evolución de la Fisuración con el tiempo**  
(valores después de la actuación)



**Evolución de los baches con el tiempo**  
(valores después de la actuación)





HDM-4 Gráficos de Estado Anual de la Carretera (pavime)

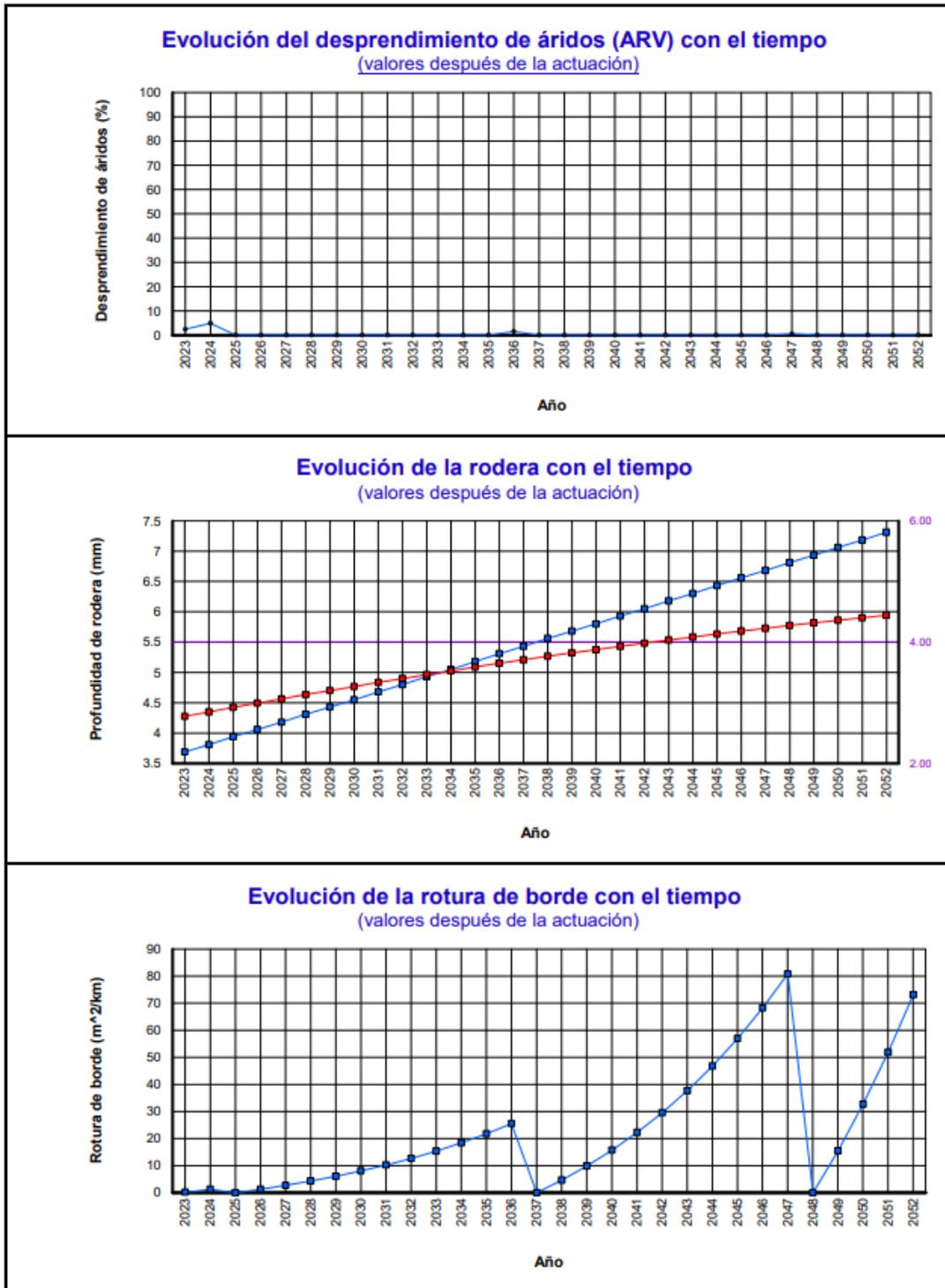


Figura 59: Gráfico del deterioro con propuesta de mantenimiento.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.



### 3.6.7.6 Calendario de actuaciones por tramo.

En este calendario se indica las diferentes actuaciones de mantenimiento que se tendrá en un periodo de 30 años.

<b>H D M - 4</b>		<b>Calendario de actuaciones (por tramo)</b>			
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT		Nombre del estudio: <b>Proyecto Izcuchaca-Cruzpata</b>			
		Fecha ejecución: <b>13-10-2021</b>			
<b>Todos los costes se expresan en : PEN.</b>					
Nota: sólo se muestran tramos que tienen actuaciones activadas.					
<b>Alternativa: Propuesta</b>					
<b>Tramo: Tramo 01</b>			<b>Clase de carretera: Secundaria o principal</b>		
<b>Tipo rodadura: Bituminosa</b>			<b>Ancho: 6.00 m</b>		
<b>Longitud: 0.60 km</b>					
<b>Año</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Coste económico</b>	<b>Coste financiero</b>	<b>Cantidad de trabajo</b>
2023	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2024	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2025	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
	Lechada asfáltica	LA	64,761.4	86,324.6	3,576.00 sq. m
	Prep. Rep. Bordes		0.0	0.0	2.43 sq. m
2026	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2027	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2028	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2029	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2030	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2031	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2032	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2033	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2034	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2035	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2036	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2037	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
	Lechada asfáltica	LA	64,761.4	86,324.6	3,576.00 sq. m
	Prep. Rep. Bordes		0.0	0.0	29.75 sq. m
2038	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2039	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2040	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2041	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2042	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2043	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2044	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2045	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2046	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2047	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2048	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
	Lechada asfáltica	LA	64,761.4	86,324.6	3,576.00 sq. m
	Prep. Rep. Bordes		0.0	0.0	94.74 sq. m
2049	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2050	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2051	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
2052	Mantenimiento Rutinario	MR	9,116.4	12,155.2	0.60 km
<b>Coste total para el tramo:</b>			<b>467,774.9</b>	<b>623,629.3</b>	

Tabla 35: Calendario de actuaciones.

Fuente: HDM-4 – Adaptación propia.



### 3.6.7.7 Tabla de resumen de costes económicos totales anuales.

	<b>Propuesta</b>
2023	194,257.97
2024	194,257.97
2025	1,574,239.97
2026	194,257.97
2027	194,257.97
2028	194,257.97
2029	194,257.97
2030	194,257.97
2031	194,257.97
2032	194,257.97
2033	194,257.97
2034	194,257.97
2035	194,257.97
2036	194,257.97
2037	1,428,635.57
2038	339,862.37
2039	194,257.97
2040	194,257.97
2041	194,257.97
2042	194,257.97
2043	194,257.97
2044	194,257.97
2045	194,257.97
2046	194,257.97
2047	194,257.97
2048	1,428,635.57
2049	339,862.37
2050	194,257.97
2051	194,257.97
2052	194,257.97
<b>Total</b>	<b>9,967,685.10</b>

Tabla 36: Tabla del resumen de costes económicos totales por año.

Fuente: HDM-4 - Adaptación propia.

## Capítulo IV: Resultados

### 4.1. IMD en el Tiempo.

Según los resultados se observó que los vehículos más frecuentes en la vía son camionetas y camiones como se observa en la Tabla 39.

El incremento de vehículos ligeros será mayor a los de vehículos pesados, como se observa en la Tabla 40.

Se observó que en la tabla 41 que el IMD a 30 años será 1831 vehículos por día.

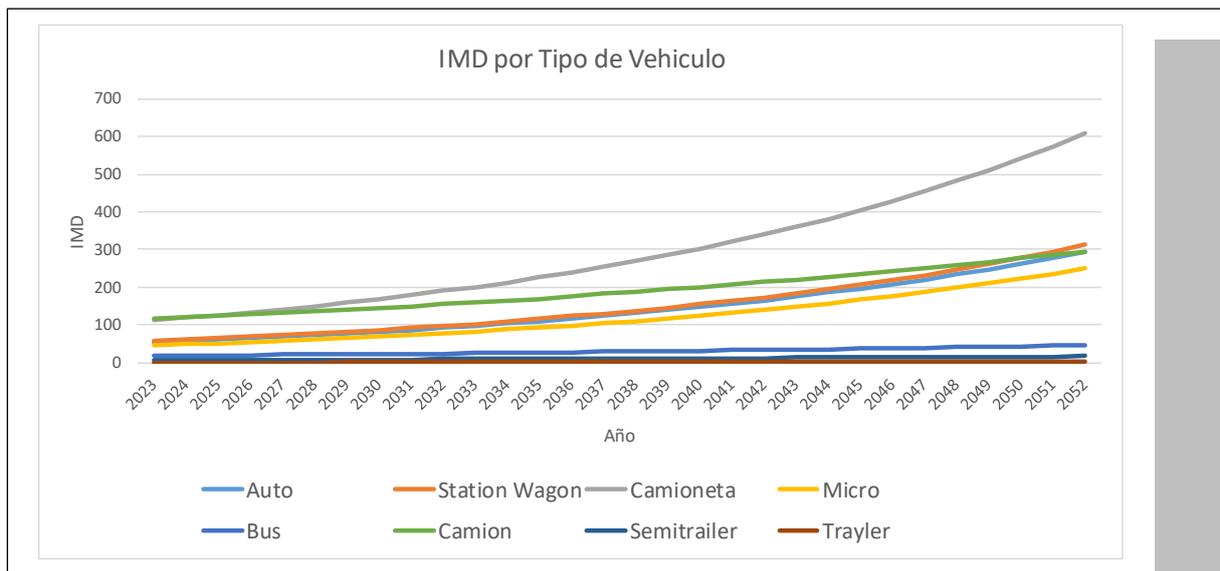


Figura 60: Grafico IMD tipo de Vehículo

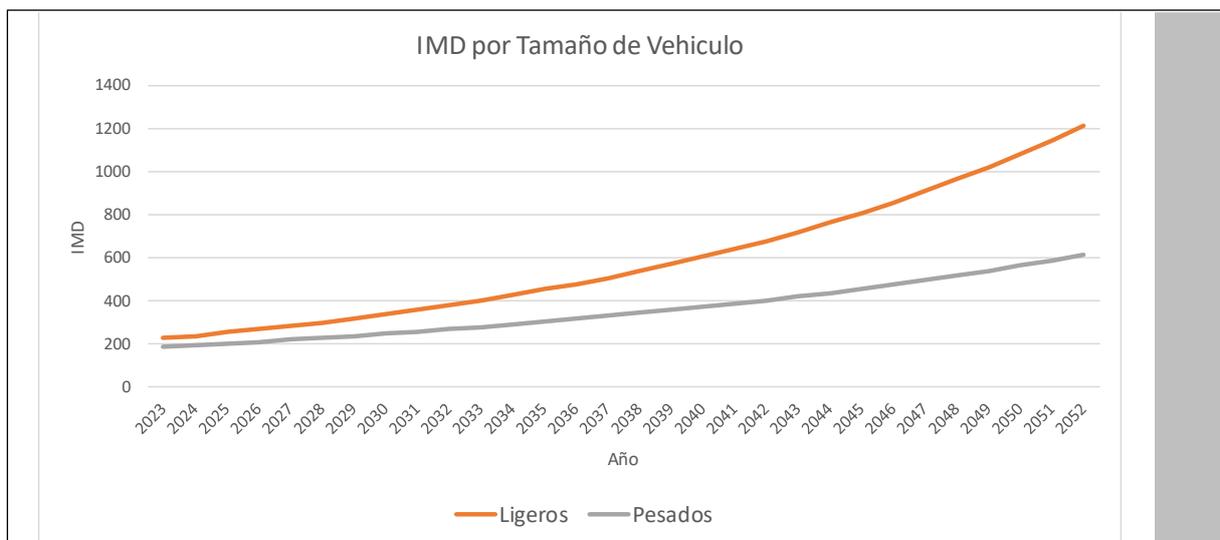


Figura 61: Grafico IMD tamaño de vehículo.

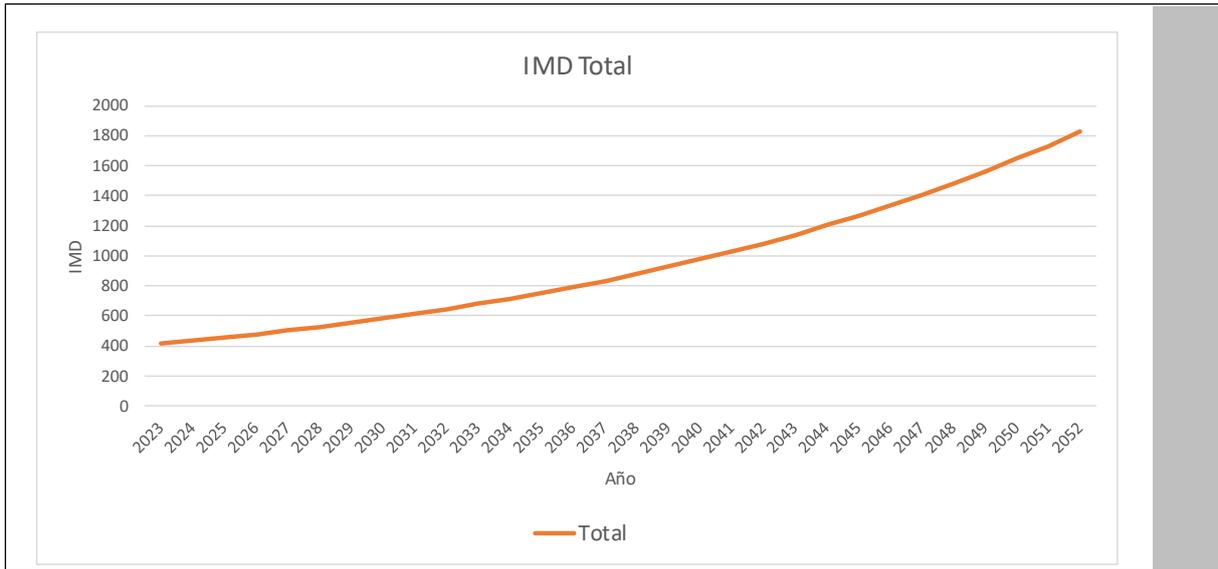


Figura 62: Grafico IMD total.

#### 4.2. Regularidad Media en el Tiempo.

Se observó en la tabla 42 un incremento en la irregularidad en la vía sin mantenimiento a partir del año 2033 respecto a la vía con un plan de mantenimiento.

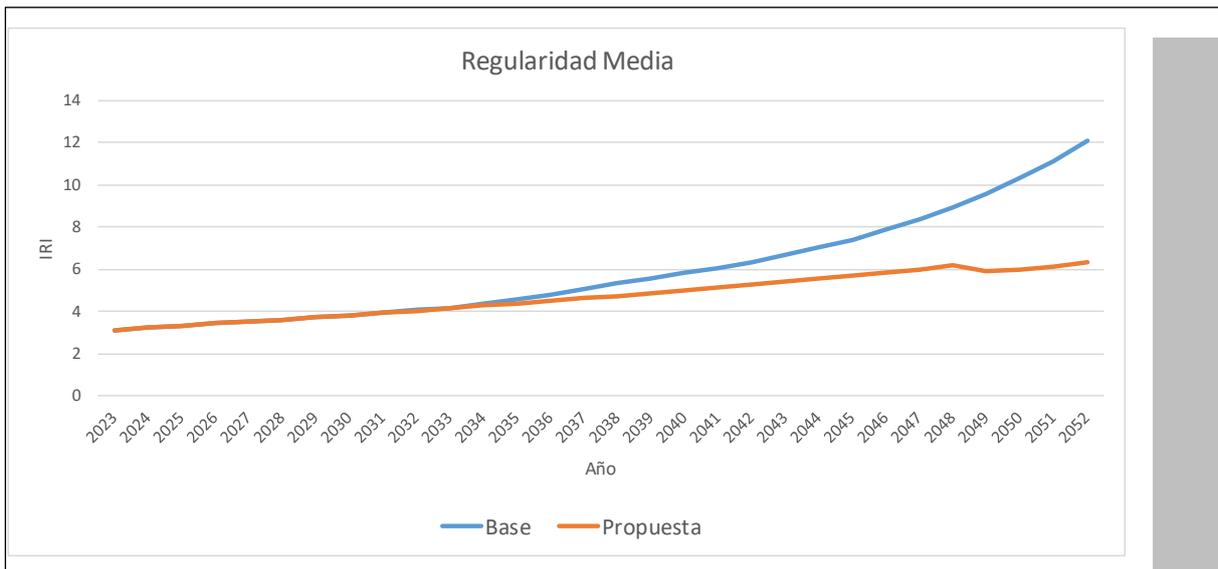


Figura 63: Grafico regularidad media.



### 4.3. Fisuración Media en el Tiempo.

Se observó en la Tabla 43 un incremento en la fisuración a partir del año 2032 llegado a un colapso total de la vía en el 2040.

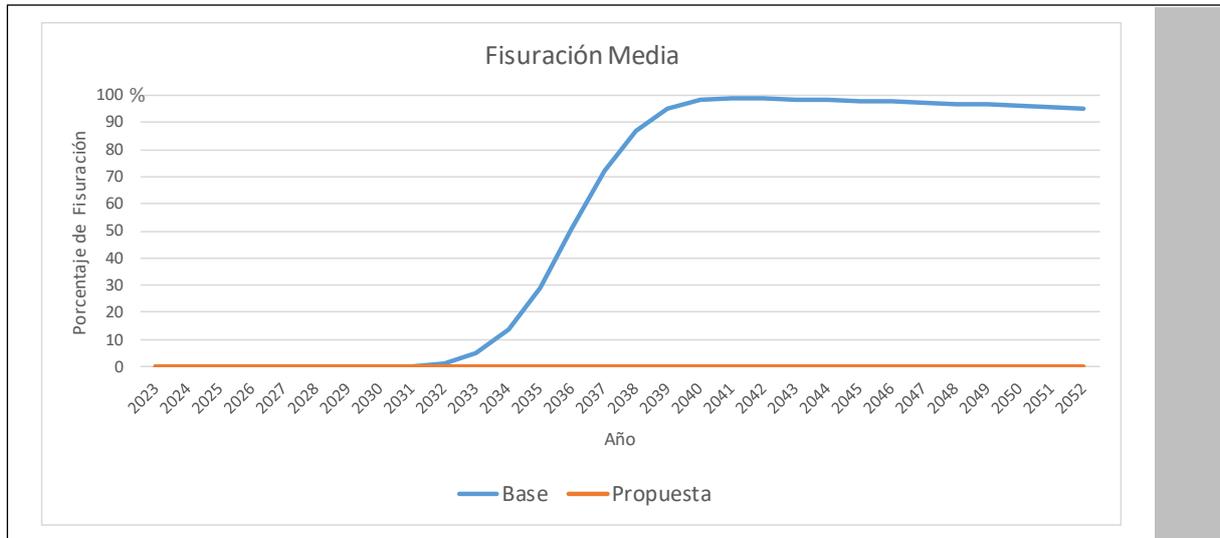


Figura 64: Grafico fisuración media.

### 4.4. Numero de Baches Media por Kilómetro en el Tiempo.

Se observó en la figura 44 un incremento en los baches a partir del año 2030, agravándose en el año 2040. La propuesta con mantenimiento no presenta fisuración debido a los trabajos con mortero asfáltico.

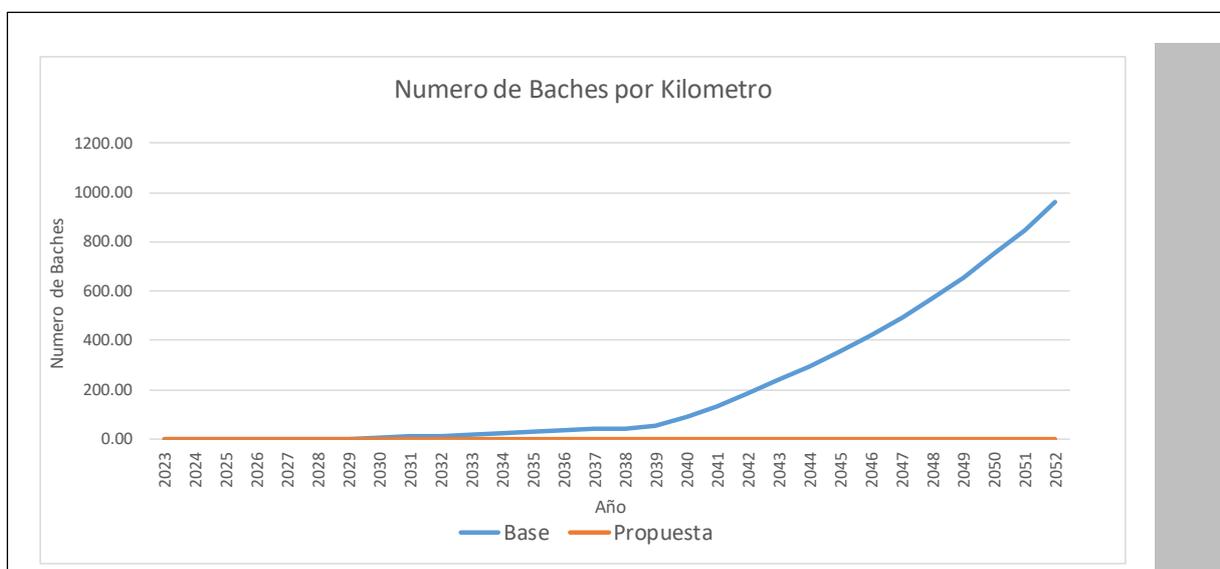


Figura 65: Grafico número de baches por kilómetro.



#### 4.5. Desprendimiento de Áridos Media en el Tiempo.

Se observo en la figura 45 que el desprendimiento de áridos se presenta desde el año 2024 llegando a su máximo el 2033.

La propuesta con mantenimiento presenta poco desprendimiento debido a los trabajos con mortero asfáltico.

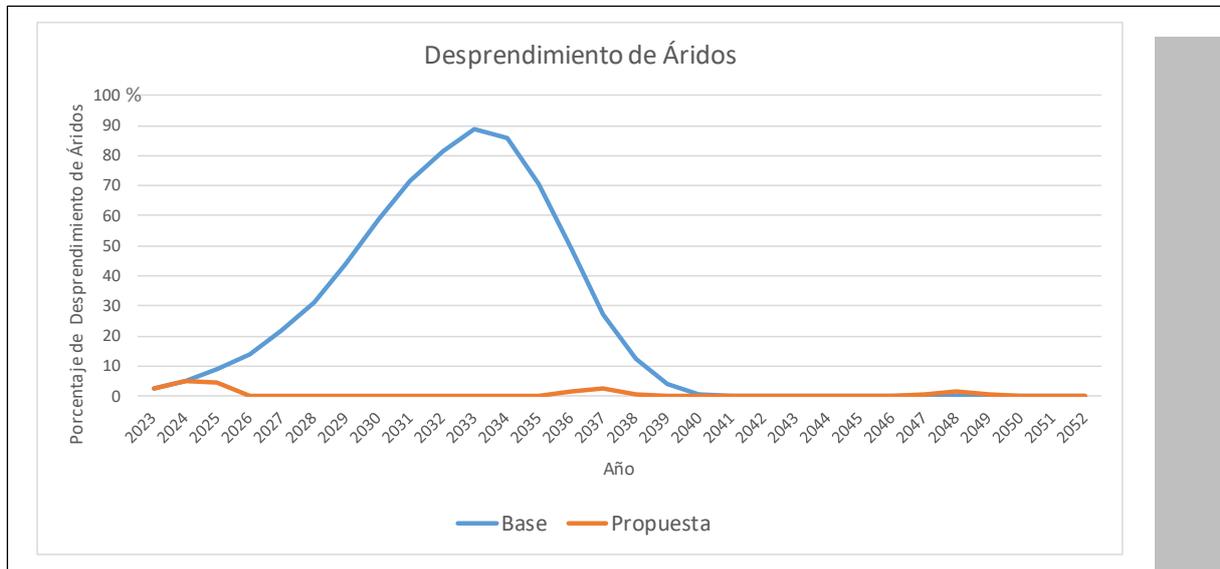


Figura 66: Grafico desprendimiento de áridos.

#### 4.6. Profundidad de Roderas Media en el Tiempo.

Se observó en la figura 46 el ahuellamiento se incrementa respecto a la propuesta con mantenimiento en el año 2036.

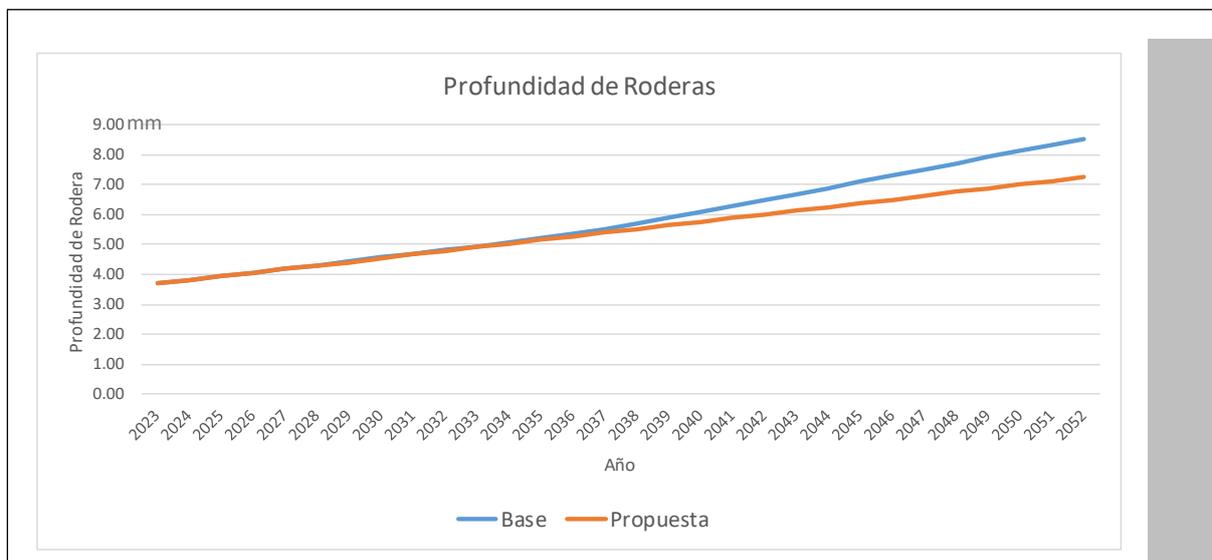


Figura 67: Grafico profundidad de roderas.



#### 4.7. Rotura de Borde Media en el Tiempo.

Se observó en la figura 47 la rotura de borde se incrementa respecto a la propuesta con mantenimiento en el año 2036.

La propuesta con mantenimiento presenta disminución en su rotura de borde debido a los trabajos con mortero asfaltico los años 2036 y 2047

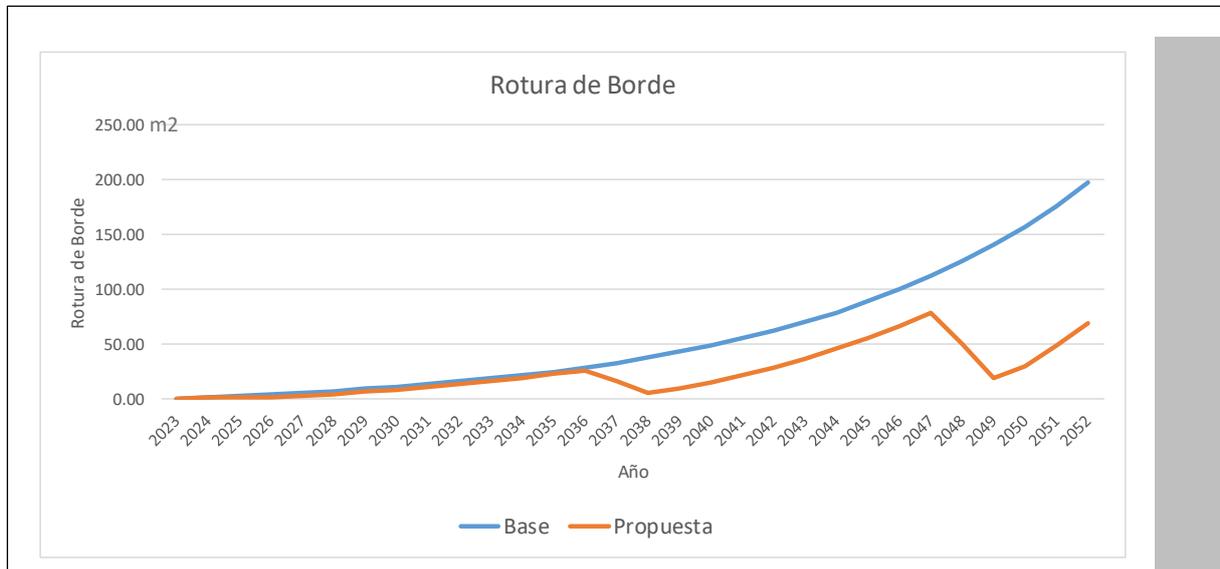


Figura 68: Grafico rotura de borde.

#### 4.8. Coste de Mantenimiento Total Anual.

S10

##### Presupuesto

Presupuesto	MANTENIMIENTO RUTINARIO CARRETERA PE-38 TRAMO: TACNA - TARATA				10/10/2021
Cliente					
Lugar					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>MANTENIMIENTO RUTINARIO CARRETERA PE-38 TRAMO: TACNA - TARATA</b>				
01.01	<b>PRELIMINARES / ACTIVIDADES GENERALES</b>				
01.01.01	<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION</b>				
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS MENORES Y HERRAMIENTAS	mes	6.00	5,712.98	34,277.88
01.02.01	<b>MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL</b>				
01.03	TRANSPORTE DE CUADRILLA	mes	12.00	6,385.60	76,627.20
01.04	ALQUILER DE CAMPAMENTO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
01.05	<b>CONSERVACION DE PLATAFORMA Y TALUDES</b>				
01.06	LIMPIEZA DE CALZADAS Y BERMAS	km	1,030.00	34.69	35,730.70
01.07	LIMPIEZA DE DERRUMBES Y HUAYCOS MENORES	m3	1,200.00	28.09	33,708.00
01.08	<b>CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>				
01.09	PARCHADO SUPERFICIAL EN CALZADA	m2	250.00	865.25	216,312.50



01.10	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS	m	32,040.00	2.01	64,400.40
01.11	<b>CONSERVACION DE DRENAJE SUPERFICIAL</b>				
01.12	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	und	506.00	264.92	134,049.52
01.13	LIMPIEZA DE CUNETAS	m	25,000.00	3.18	79,500.00
01.14	LIMPIEZA DE CUNETAS NO REVESTIDAS	m	7,500.00	3.53	26,475.00
01.15	<b>CONSERVACION DE MUROS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				
01.16	REPARACION DE MUROS SECOS	m3	100.00	171.25	17,125.00
01.17	<b>CONSERVACION DE SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL</b>				
01.17.01	<b>CONSERVACION DE SEÑALES VERTICALES</b>				
01.17.01.01	<b>LIMPIEZA Y REPINTADO DE SEÑALES VERTICALES</b>				
01.18	LIMPIEZA DE SEÑALES PREVENTIVAS Y REGLAMENTARIA	und	110.00	22.42	2,466.20
01.19	LIMPIEZA DE SEÑALES INFORMATIVAS	und	115.00	42.35	4,870.25
01.20	REPINTADO DE POSTES DE CONCRETO EN SEÑALES VERTICALES	und	180.00	32.26	5,806.80
01.20.01	<b>REPOSICION DE SEÑALES VERTICALES</b>				
01.21	REPOSICION DE PANEL DE SEÑALES PREVENTIVAS	und	5.00	259.46	1,297.30
01.22	REPOSICION DE PANEL DE SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	5.00	622.60	3,113.00
01.23	REPOSICION DE PANEL DE SEÑALES INFORMATIVAS	und	4.00	481.46	1,925.84
01.24	REPOSICION DE POSTES VERTICALES	und	5.00	399.12	1,995.60
01.25	REPOSICION DE PORTICOS METALICOS	und	4.00	1,542.36	6,169.44
01.25.01	<b>CONSERVACION DE POSTES DE KILOMETRAJE</b>				
01.26	LIMPIEZA DE POSTES DE KILOMETRAJE	und	85.00	15.96	1,356.60
01.27	REPOSICION DE POSTES KILOMETRICOS	und	6.00	318.57	1,911.42
01.28	REPINTADO DE POSTES KILOMETRICOS	und	85.00	24.82	2,109.70
01.28.01	<b>CONSERVACION DE GUARDAVIAS METALICAS</b>				
01.29	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS METALICAS	m	1,128.00	2.72	3,068.16
01.30	REPOSICION DE GUARDAVIAS METALICAS	m	248.00	333.30	82,658.40
01.31	REPINTADO DE GUARDAVIAS METALICAS	m	500.00	10.70	5,350.00
01.31.01	<b>CONSERVACION DE MARCAS EN EL PAVIMENTO</b>				
01.32	REPINTADO DE MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	5,400.00	9.92	53,568.00
01.32.01	<b>CONSERVACION DE PINTADO DE OTROS ELEMENTOS VIALES</b>				
01.33	PINTADO DE OTROS ELEMENTOS VIALES	m2	400.00	43.90	17,560.00
01.33.01	<b>CONSERVACION DE OTROS ELEMENTOS DE SEGURIDAD VIAL</b>				
01.34	REPOSICION DE TACHAS BIDIRECCIONALES	und	2,800.00	9.17	25,676.00
01.35	REPINTADO DE POSTES DELINEADORES	und	100.00	16.23	1,623.00
01.36	LIMPIEZA DE POSTES DELINEADORES CILINDRICOS	und	500.00	9.51	4,755.00
01.37	REPOSICION DE POSTES DELINEADORES CILINDRICOS	und	150.00	69.00	10,350.00
01.38	REPOSICION DE LAMINAS REFLECTIVAS EN DELINEADORES	und	370.00	44.52	16,472.40
01.39	<b>CONSERVACION DEL DERECHO DE VIA</b>				
01.40	LIMPIEZA DE LA ZONA DEL DERECHO DE VIA	km	511.00	344.30	175,937.30
01.41	<b>CONSERVACION DE PUENTES</b>				
01.42	LIMPIEZA DE CAUCES DE PUENTES Y PONTONES	m3	274.00	55.10	15,097.40
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,164,844.01</b>

Tabla 37: Se Muestra el análisis de Presupuesto del Mantenimiento de La Vía P-38 (Tacna – Tarata), empleada para la comparación del presupuesto que se obtuvo al procesar información en el HDM-4.

- Coste total del mantenimiento de la vía en 30 años: S/. 9,967,685.10.
- Coste Promedio anual de mantenimiento: S/. 332,256.17.
- Coste Promedio anual de mantenimiento por kilómetro: S/. 26,161.90



## Capítulo V: Discusión

### **Discusión N° 01: ¿El aporte del modelo HDM-4 en la de gestión de pavimentos ayuda a la mejora de toma de decisiones?**

La aplicación del modelo HDM-4 ayuda a la mejora de toma de decisiones, ya que este modelo con la documentación adecuada permite realizar un análisis técnico y económico de una vía.

La información obtenida mediante este sistema de gestión permite analizar, planificar, gestionar y evaluar diferentes planes de mantenimiento y que ayuda a la mejora de la toma de decisiones.

Poder predecir la evolución de los deterioros y su severidad con las que estas se presentara en un periodo de tiempo permiten mejorar la capacidad de prevención y planificación a la hora de tomar decisiones en la gestión y manejo de las carreteras.

### **Discusión N° 02: ¿Es posible el uso del modelo HDM-4 en el Cusco y el Perú?**

Si es posible su aplicación. (MEF, 2015) nos muestra que existía intenciones de implementar el manejo de este software para la gestión e inversión de obras de viales en el Perú. Sin embargo, esta implementación se vio frustrada por la falta de profesionales con la capacidad de manejar el software y el poco conocimiento que existía de este, en la actualidad es posible encontrar diferentes instituciones y universidades que enseña el manejo del software.

### **Discusión N° 03: ¿Es posible combinar las nuevas tecnologías en gestión de pavimentos con el modelo HDM-4?**

Si es posible combinar el modelo HDM-4 con otras tecnologías de gestión de pavimento, esta metodología no es contraria a otras alternativas de gestión de pavimentos.

Podemos decir que la metodología HDM-4 se complementa bien con otras metodologías y tecnologías como la metodología PCI y tecnología como el uso de UAV o instrumentos como perfilómetros electrónicos Etc.

Estas nuevas tecnologías permiten obtener y corroborar la documentación necesaria para la obtención más precisa de resultados.



**Discusión N° 04: ¿Cuáles son las fallas más predominantes que pueden presentarse en la vía Izcucha – Cruzpata?**

Según la el grafico mostrado en la tabla 35 podemos afirmar que las principales fallas que se presentarán serán fisuración baches, desprendimiento de áridos, estos se manifestarán en los años 2032, 2038 y 2033 respectivamente.

**Discusión N° 05: ¿Cuál es la mejor alternativa de mantenimiento para conservar la Vía Escucha Cruzpata en un excelente estado?**

Según los resultados mostrados en el anexo 7 de deterioros anuales se muestra que la mejor alternativa para mantener la carretera Izcuchaca Cruzpata en un excelente estado será la de un mantenimiento rutinario una vez al año y tratamiento con mortero asfaltico los años 2025, 2037, 2048.

**Discusión N° 06: ¿Qué tan confiables son los resultados presentados por el modelo HDM-4?**

Según la información de (Salgado, 2020) podemos afirmar que la precisión de los resultados está relacionados directamente a la calidad de la documentación ingresada. La trabajar con información correctamente corroborada es posible determinar que la precisión de los resultados se encuentra en un rango del 75%.



## Glosario

**ASTM:** American Society for Testing and Materials (Asociación Americana para el Ensayo de Materiales); es una organización sin ánimo de lucro, que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios, siendo este uno de los editores técnicos de normas, artículos y documentos técnicos e información relacionada más reconocido del mundo.

**CBR:** California Bearing Ratio (Ensayo de Relación de Soporte de California); es un parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente como subrasante, sub base y base en el diseño de pavimentos, también siendo este un ensayo empírico que se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

**FILLERS:** Son sustancias finamente divididas las cuales son insolubles en asfalto pero que pueden ser dispersadas en él, como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia.

**HDM-4:** Highway Development and Management Series; es un programa computacional con una documentación asociada, que servirá como la principal herramienta para el análisis, la planificación, gestión y evaluación del mantenimiento, mejora y la toma de decisiones relacionadas con la inversión de carreteras.

**ÍNDICE DE HUMEDAD DE THORNTHWAITTE:** Este índice es una combinación del índice de humedad y del índice de aridez. El índice de aridez es la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial para un período determinado.

**INVENTARIO VIAL:** Registro ordenado, sistemático y actualizado cada año de todas las carreteras existentes, especificando su ubicación, características físicas y estado operativo.

**IMT:** Instituto Mexicano de transporte.

**IRI:** International Roughness Index; se define como un indicador que mide las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan: la calidad del rodado, seguridad, costos de mantención y operación del vehículo.

**MEF:** Ministerio de Economía y Finanzas del Perú es el organismo encargado del planeamiento y ejecución de la política económica del Estado Peruano con la finalidad de optimizar la actividad económica y financiera del Estado, establecer la actividad macroeconómica y lograr un crecimiento sostenido de la economía del país.

**MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**PCI:** Pavement condition index; índice de la condición del pavimento.



**RD:** Road deterioration; deterioro de la carretera.

**REHABILITACIÓN:** Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características

originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio.

**RUE:** Road user effect; efectos sobre los usuarios.

**SEE:** Socio environment effect; efectos sociales y medioambientales.

**SN:** Structural number; número estructural.

**WE:** Work effect; efectos de los trabajos.



## Conclusiones

### Conclusión 01:

-Se consiguió demostrar la Hipótesis general: “El aporte del sistema de gestión de pavimentos aplicando el software HDM-4 en la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, es la mejora de toma de decisiones”. El software HDM-4 se utiliza para analizar la estrategia de protección vial de la carretera Izcuchaca - Cruzpata, obteniendo la proyección del crecimiento del IMDA en 30 años de 1831 por día este se visualiza en la Tabla 41, a su vez se generó la propuesta de mantenimiento rutinario y mortero asfáltico de la vía mencionada, con un presupuesto de S/.26161.90 anual, este dato se encuentra descrito en el punto 4.8. de la Página N°130, con el fin de obtener la mejor alternativa a la solución técnica y económica, la cual tiene mayores beneficios económicos y permite gestionar eficazmente los recursos disponibles todo esto con un índice de confiabilidad del 75% según el manual de uso del software HDM-4.

### Conclusión 02

-Se consiguió demostrar la Sub Hipótesis N°01: “El diseño geométrico de la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, por sus características orográficas se define como una vía accidentada” al presentar una pendiente de 6% este se encuentra dentro del rango de 6% y 8% según el MTC (Manual de Transportes y Comunicaciones), el aporte de la pendiente se obtuvo del levantamiento topográfico realizado de la vía, se visualizan fotografías del levantamiento topográfico en la Figura 19, 20, 21, a su vez mostradas en el Anexo 8 de la Ficha de Ingreso de Datos, también se pueden visualizar las características de ascensos y descensos, curvatura horizontal y altitud, información generada de las diferentes visitas realizadas a campo, esta información se corrobora con los datos del expediente técnico de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca – Cruzpata”.

### Conclusión 03:

-Se consiguió demostrar la Sub Hipótesis N°02: “El tráfico en la vía IZCUCHACA – CRUZPATA es de tercera clase”, ya que el promedio del IMDA es de 412 vehículos por año este se aprecia en la Tabla 4, el aporte de las características de tráfico motorizado IMDA, se obtuvo realizando el conteo vehicular en diferentes visitas a campo en la vía Izcuchaca – Cruzpata, corroborada con el dato del IMD que se muestra en el expediente técnico de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca – Cruzpata”.



#### **Conclusión 04:**

-Se consiguió demostrar la Sub Hipótesis N°03: “El diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, cumple con los parámetros”, para realizar un proyecto de pavimentación es fundamental tener en cuenta el soporte de tráfico de cargas indicadas; para ello se emplea el estudio de tránsito vehicular, el módulo resiliente efectivo de la sub-rasante (CBR) datos descritos en la Tabla 6 el cual se obtiene a través de ensayos efectuados en laboratorio de mecánica de suelos; a su vez el índice de confiabilidad, y serviciabilidad, esta información fue utilizada y obtenida a partir de la recopilación de datos facilitados por el ingeniero geólogo de la obra “ Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca – Cruzpata”, también se extrajo información del expediente técnico de la obra mencionada.

#### **Conclusión 05:**

-Se consiguió demostrar parcialmente la Sub Hipótesis N°04: “El porcentaje de compactación del suelo de la vía IZCUCHACA – CRUZPATA tendrá un CBR entre 10% al 20% de compactación”, ya que existen tramos donde el CBR es inferior a 10% los cuales se visualizan en la Tabla 6 siendo CBR Representativo de la Sub- Rasante de 3.08%, el CBR se encuentra dentro de los parámetros. El Módulo Resiliente así obtenido es  $M_R(psi) = 8,876.74ps$ ; la información recaudada se obtuvo del Expediente técnico de la obra “Mejoramiento de la Carretera Izcuchaca – Cruzpata”, conjuntamente con ensayos realizados en campo.

#### **Conclusión 06:**

No se consiguió validar la Sub Hipótesis N°05: “El tipo de conservación de la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, es periódica, y el costo de conservación es de S/.58,000.00 por Km” (Costo en mención S/.58,000.00, se encuentra en la matriz de consistencia descrito en el Anexo 01). Ya que durante el horizonte de vida de la carpeta de rodadura de pavimento flexible de la vía Izcuchaca - Cruzpata, se recomendó emplear la Alternativa de mantenimiento rutinario y lechada asfáltica en los años: 2032, 2037, 2048 donde se empezará a visualizar las fallas y/o deterioros, que son atenuados con estas alternativas siendo las más adecuadas para el mantenimiento de la vía mencionada; con un costo del mantenimiento por km anual aproximado de S/. 26,161.90 (Costo en mención S/.26,161.90, se encuentra descrito en la Página 129).



## Recomendaciones

### Recomendación 01:

-Se recomienda a las instituciones encargadas del mantenimiento y construcción de carreteras “Provias, conjuntamente con el Gobierno Regional del Cusco”, invertir en la investigación, ya que este es un modelo de degradación vial confiable, autosustentable y nos brinda la certeza de toma de decisiones, ya que dicho modelo “HDM-4” es un software muy complejo que requiere análisis de sensibilidad, incluida la calibración de sus variables más representativas (estructura, tráfico, geometría, clima).

### Recomendación 02:

-Se recomienda establecer el modelo HDM-4 en las agencias viales de la Región del Cusco y de nuestro país en general; este software no es poco conocido en Perú, pero el uso de este aportaría de forma sustancial ya que es una herramienta muy importante por los informes que generan durante el proceso de planificación. Es por eso que se ha vuelto cada vez más trascendental en los organismos del Ministerio de Transporte y del Ministerio de Economía y Finanzas en los últimos años, ya que es estos organismos tienen 232 solicitudes de análisis de inversión HDM-4, tales como: estudio de factibilidad de proyecto, aprobación Carretera adicional proyectos de infraestructura, proyectos de mantenimiento de carreteras, concesiones y otros proyectos donde se puede utilizar el software.

### Recomendación 03:

- De acuerdo con la modelización técnica y económica realizada en HDM-4, se recomienda a la institución encargada de la carretera Izcuchaca - Cruzpata “Gerencia Regional de Infraestructura del Gobierno Regional del Cusco”, utilizar la propuesta de mantenimiento “lechada asfáltica”, para fortalecer la capa asfáltica existente, así obtener la mejora de la condición estructural de la vía. La alternativa mencionada cuenta beneficios económicos, ya que al procesar los datos técnicos de una determinada vía en este caso La carretera de Izcuchaca – Cruzpata se obtiene un costo del mantenimiento por km anual con la propuesta de mantenimiento de “lechada asfáltica” de S/. 26,161.90 (Página 130) costo en mención es reducido a comparación del costo sin emplear una propuesta de mantenimiento siendo este de S/.1,164,844.01 (monto en mención se visualiza en la Figura 47).



**Recomendación 04:**

-Se recomienda impulsar el empleo de nuevas tecnologías en los posteriores proyectos de investigación de Ingeniería, de Instituciones destinadas a la enseñanza superior, como son universidades entre otras instituciones; ya que estas nuevas tecnologías son herramientas que permiten la ejecución y/o el desarrollo de las operaciones en forma eficiente y eficaz, es decir, que estas nuevas tecnologías, softwares, modelos, son instrumentos mediante los cuales se optimiza, se reducen o se eliminan acciones que en el pasado imposibilitaban una cierta flexibilidad en los procesos de investigación ligados a la ingeniería.

**Recomendación 05:**

-Durante el horizonte de vida de la carpeta de rodadura de pavimento flexible de la vía Izcuchaca - Cruzpata, se recomienda utilizar la Alternativa de mantenimiento “rutinario” a la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones Cusco; con trabajos de mortero asfáltico los años 2025, 2037, 2048 ya que en los datos procesados a mediados del año 2032 se muestran fisuración, 2038 se presentan baches, 2033 se presenta desprendimiento de áridos siendo la alternativa de “rutinario” la más adecuada para el mantenimiento de la vía mencionada.

**Recomendación 06:**

-Se recomienda a Provias Nacional, realizar una concesión de servicios para la gestión, desarrollo, marketing, ventas y soporte de HDM-4, de esta forma realizar el análisis, planificación, gestión y evaluación cuidadosa del tipo de mantenimiento que ha de emplearse en una calzada, posteriormente la toma de decisiones relacionada con la inversión de carreteras.



## Referencias

- AASHTO-93. (2006). Manual de Diseño de Pavimentos en Base al Método AASHTO-93. [Traducción] Escuela de caminos de Montaña de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.
- Behar, D. (2008). Metodología de la Investigación. Editorial Shalom.
- Cárdenas, D. (2013). Diseño Geométrico de Carreteras. ECOE Ediciones.
- Cassana, V. (2016). Análisis y Evaluación del Mantenimiento Para la Conservación Vial de la Capa de Rodadura de la Vía Interdistrital Ascope - Casa Grande, Aplicando el Modelo HDM-4. [Tesis de Maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Digital UPAO. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2531>.
- Chávez, C. (2008). Propuesta de Planificación de un Sistema de Gestión de Pavimentos. [Tesis de Maestría, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1987>.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw Hill.
- IMT. (2001). Módulos de Resiliencia en Suelos Finos y Materiales Granulares. Instituto Mexicano del Transporte. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt142.pdf>.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2008). Mastering the Management System. Obtenido de <https://hbr.org/2008/01/mastering-the-management-system>.
- MEF. (2015). Pautas Metodológicas Para el uso y Aplicación del HDM-4 en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Transportes. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Menéndez, J. F. (2009). Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Construcción. Fondo Editorial ICG. .
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.



Montoya, J. (2007). Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial N°: 5 Tramo Ancón-Huacho-Pativilca. [Tesis, Universidad Ricardo Palma de Perú]. Repositorio Universidad Ricardo Palma de Perú. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/137>.

Montoya, L., & Quispe, J. [. (2015). Modelo de Comportamiento Vial del Circuito Valle Sagrado: Cusco – Písaq, Cachimayo – Chincheros – Urubamba, Písaq – Urubamba, Usando el Software HDM-4. [Tesis, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1529>.

MTC. (2014). Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MTC. (2018). Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, Dirección General de Camino y Ferrocarriles. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MTC. (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Muñoz, S. (2012). Optimización de Políticas de Conservación de Pavimentos Asfálticos en la Zona Central de Chile. [Tesis, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112340>.

Núñez, C., & Pérez, I. (2005). El modelo HDM-4: Descripción y Posibilidades de Aplicación Dentro de un Sistema de Gestión de Carreteras. Universidad da Coruña. Obtenido de <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/17777>.

Rodríguez, C., & Rodríguez, J. (2004). Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje. [Tesis, Universidad de el Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de el Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2234>.

Salgado, M. (2020). Curso en Aplicación y manejo del HDM-4. [Curso]. Universidad de Piura.



Sánchez, F. (2016). Curso básico de diseño de Pavimentos. [Curso]. Slideshare. Recuperado el jun de 2021, de <https://www.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-1-introduccion-al-diseño-de-pavimentos>.

Sánchez, F. (2020). ¿Qué es el CBR? Geotechtips. Recuperado el junio de 2021, de <https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr>.

Sánchez, I., & Solminihaç, H. (s.f). El IRI: Un Indicador de la Regularidad Superficial. Universidad Católica de Chile. Recuperado el junio de 2021, de <http://ricuc.cl/index.php/ric/article/view/320>.

Solminihaç, H. (2001). Gestión de Infraestructura Vial. Universidad Católica de Chile.

Vargas, J. (2017). Evaluación Técnica y Económica Entre las Modalidades Ejecutivas de Conservación Vial Aplicando el Modelo HDM-4 en la Carretera PE-38 Tramo: Tacna – Talara. [Tesis, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Yauri, Z., & Mamani, V. (2019). Elaboración de un Plan de Gestión de Pavimentos con el Método de PCI Mediante el uso de UAV en la Urbanización Ingeniería Larapa Grande San Jerónimo – Cusco – 2019. [Tesis, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Digital Universidad Andina Del Cusco.



Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia

“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS APLICANDO EL SOFTWARE HDM-4 EN LA VÍA IZCUCHACA – CRUZPATA, REGIÓN CUSCO - 2021”

Tabla : Matriz de consistencia.

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables / Dimensiones	Metodología
¿Cuál sería el aporte de evaluar un sistema de gestión de pavimentos aplicando el software HDM-4 en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?	Evaluar un sistema de gestión de pavimentos en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA, aplicando el software HDM-4.	El aporte del sistema de gestión de pavimentos aplicando el software HDM-4 en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA, es la mejora de toma de decisiones.	<b>VARIABLE DE ESTUDIO 1: DEPENDIENTE</b> Sistema de gestión de pavimentos aplicando el software HDM-4. <b>Dimensión de variables dependientes:</b> 1: Tipo de conservación. 2: Costo de conservación.	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Nivel:</b> Descriptivo <b>Diseño:</b> Hipotético – Deductivo  <b>Población:</b> Vía IZCUCHACA-CRUZPATA, región Cusco.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Sub Hipótesis	<b>Tipo de conservación. 2: INDEPENDIENTE</b> Vía IZCUCHACA-CRUZPATA. <b>Dimensioe de variables independientes:</b> 1: Diseño geométrico. 2: Tráfico. 3: Clima. 4: Diseño de pavimento. 5: Suelo.	<b>Normativa:</b> -Manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018. -Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial 2018. -Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos 2014.
¿Cómo es el diseño geométrico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?	Determinar las características del diseño geométrico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.	El diseño geométrico de la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, por sus características orográficas se definirá como una vía accidentada al presentar pendientes entre 6% y 8%.		
¿Cómo es el tráfico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?	Determinar cuál es tráfico de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.	El tráfico en la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, es de tercera clase.		
¿El diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA cumple con los parámetros?	Determinar cuál es el diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.	El diseño de pavimento usado en la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, cumple con los parámetros.		
¿Cuál es el porcentaje de compactación “CBR” del suelo de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?	Determinar el porcentaje de compactación “CBR” del suelo de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.	El porcentaje de compactación del suelo de la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, tendrá un CBR entre 10% al 20% de compactación.		
¿Cuál es el Tipo y Costo de conservación de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA?	Determinar el Tipo y Costo de conservación de la vía IZCUCHACA - CRUZPATA.	El tipo de conservación de la vía IZCUCHACA – CRUZPATA, es “Periódica”, y el costo de conservación es de S/. 58,000.00 por Km.		

Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 2: Presupuesto por Tipo**



### **Anexo 3: Análisis Presupuestal**



**Anexo 4: Calendario de Actuaciones por Año**



**Anexo 5: Gráficos Estado Anual de la Carretera**



**Anexo 6: Regularidad Media por Tramos**



**Anexo 7: Resumen del Deterioro Anual del Firme**



**Anexo 8: Planos**

**Anexo 9: Ensayos Densidades en la Subrasante**