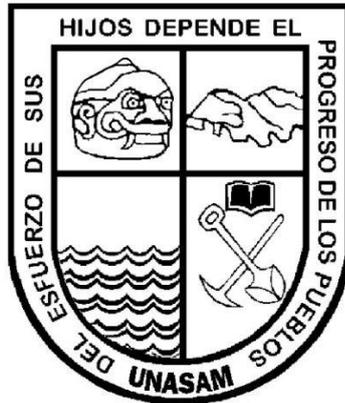


**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**"SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS BASADO EN EL  
MODELO ESTOCÁSTICO PROBABILÍSTICO PARA LA  
ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS  
DESTINADOS A LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN  
LA CARRETERA CONOCOCHA - HUARAZ, 2018"**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:  
ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY**

**ASESOR:  
Dr. TAMARA RODRIGUEZ SAMUEL**

**HUARAZ – ANCASH – PERÚ  
FEBRERO - 2020**



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: **ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY**

Código de alumno: 091.0904.388

Teléfono: 946807232

Correo electrónico: [jeidyatalaya@gmail.com](mailto:jeidyatalaya@gmail.com)

DNI o Extranjería: 47319321

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

**“SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS BASADO EN EL MODELO ESTOCÁSTICO PROBABILÍSTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS DESTINADOS A LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA CONOCOCHA - HUARAZ, 2018”**

**5. Facultad de: INGENIERÍA CIVIL**

**6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA CIVIL**

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: **TÁMARA RODRÍGUEZ JOAQUÍN SAMUEL** Teléfono: 988059250

Correo electrónico: [samuel\\_tamara@hotmail.com](mailto:samuel_tamara@hotmail.com)

DNI o Extranjería: 31615059

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: 47319321

28 / 02 / 20

FECHA:

## DEDICATORIA

*A mis padres Eugenia y Gerardo, por darme la vida, por el ejemplo y la fuerza que siempre me han dado, y a Dios que siempre está conmigo, sosteniéndome, cuidándome y guiando mis pasos.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza, a mi familia, por el apoyo incondicional.

A la prestigiosa Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo y en ella a la Facultad de Ingeniería Civil, ya que nos forma como personas de bien, competitivas para así contribuir al desarrollo de la sociedad.

A mis asesores, el Ing. Sotil Chávez Andrés y al Ing. Támara Rodríguez Samuel, por la confianza, por la orientación y ayuda que me brindaron para la realización de esta tesis, por su apoyo que me permitieron aprender mucho del presente proyecto de investigación.

A los ingenieros de la Escuela de Ingeniería Civil de la UNASAM por compartir sus conocimientos, para así formarnos profesionalmente.

# INDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>III</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	4
1.5. DEFINICIÓN DE TERMINOS.....	4
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS .....	11
2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	28
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>29</b>
3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
3.3. LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.4. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACION Y MUESTRA .....	30
3.5. MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS .....	30
3.6. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	31
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>32</b>
<b>ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>32</b>

	4.1. UBICACIÓN	32
4.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA .....		34
	4.3. CLIMA	35
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>37</b>
<b>COSTOS.....</b>		<b>37</b>
5.1. DETERIOROS Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO EN ESTUDIO.....		37
5.2. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO PARA REPARAR CADA TIPO DE DETERIORO PARA UN ÁREA DE 225M2 .....		38
5.3. CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO PARA CADA RANGO DEL IRI .....		39
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>55</b>
<b>MATRIZ DE DETERIORO.....</b>		<b>55</b>
6.1. MATRIZ DE DETERIORO.....		55
6.2. CLASES DE MODELOS DE DETERIORO .....		55
6.3. MODELO MARKOVIANO .....		56
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>64</b>
<b>DESARROLLO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTO.....</b>		<b>64</b>
7.1. TRAMO HUARAZ KM. 577+724 – CÁTAC KM. 543+709.....		64
7.2. TRAMO CÁTAC KM 543+709 – CONOCOCHA KM 499+329 .....		86
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>		<b>107</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>		<b>107</b>
8.1. TRAMO HUARAZ KM. 577+724 – CÁTAC KM. 543+709.....		107
8.2. TRAMO CÁTAC KM. 543+709 – CONOCOCHA KM. 499+329 .....		110
<b>CAPÍTULO IX.....</b>		<b>114</b>
<b>PROPUESTA FINAL DEL SGP.....</b>		<b>114</b>
9.1. CONDICIÓN INICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....		114
9.2. SISTEMA DE REFERENCIACIÓN .....		115
9.3. COSTO UNITARIO DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN POR RANGO DEL IRI. .....		115
9.4. COSTO TOTAL DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN POR RANGO DEL IRI .....		116
9.5. MATRIZ DE DETERIORO ESTOCÁSTICO – PROBABILÍSTICO.....		116
9.6. MÓDULO DE ANÁLISIS. ....		116
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>118</b>

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>122</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Deterioro o fallas de los pavimentos asfaltados.....	15
Tabla 2. Características de la red vial PE 3N, tramo I y II .....	34
Tabla 3. Deterioros y actividades de mantenimiento por cada rango del IRI.....	37
Tabla 4. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango A.....	39
Tabla 5. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango B .....	41
Tabla 6. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango C. ....	43
Tabla 7. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango D.....	46
Tabla 8. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango E .....	49
Tabla 9. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango F.....	52
Tabla 10. Rangos del Índice de Rugosidad Internacional.....	58
Tabla 11. Matriz de transición sin mantenimiento .....	62
Tabla 12. Matriz de transición con mantenimiento.....	62
Tabla 13. Condición inicial de la carretera, tramo Huaraz km. 577+724 - Cátac km. 543+709.....	64
Tabla 14. Matriz de transición sin mantenimiento - tramo Huaraz -Cátac.....	66
Tabla 15. Cadena de Markov sin mantenimiento - tramo Huaraz -Cátac.....	66
Tabla 16. Matriz de transición con mantenimiento - tramo Huaraz -Cátac .....	69
Tabla 17. Cadena de Markov con mantenimiento total - tramo Huaraz -Cátac.....	69
Tabla 18. Resumen del presupuesto por cada deterioro.....	73
Tabla 19. Resumen del costo unitario por metro cuadrado para el mantenimiento para cada rango del IRI.....	74
Tabla 20. Resumen del IRI y el costo necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz -Cátac .....	74
Tabla 21. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz – Cátac.....	77
Tabla 22. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz – Cátac.....	79
Tabla 23. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2019, tramo Huaraz - Cátac .....	80
Tabla 24. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2020, tramo Huaraz - Cátac .....	81

Tabla 25. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2021, tramo Huaraz - Cátac .....	81
Tabla 26. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2022, tramo Huaraz – Cátac.....	81
Tabla 27. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2023, tramo Huaraz – Cátac.....	82
Tabla 28. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2024, tramo Huaraz - Cátac .....	82
Tabla 29. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2025, tramo Huaraz - Cátac .....	82
Tabla 30. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2026, tramo Huaraz - Cátac .....	83
Tabla 31. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2027, tramo Huaraz - Cátac .....	83
Tabla 32. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2028, tramo Huaraz - Cátac .....	83
Tabla 33. Costo anual presupuestado para el mantenimiento aplicando el SGP. ....	85
Tabla 34. Condición inicial de la carretera tramo Cátac km. 543+709 – Conococha Km. 499 +329.....	86
Tabla 35. Matriz de transición para el pavimento flexible, sin mantenimiento del tramo Huaraz -Cátac .....	88
Tabla 36. Cadena de Markov para el pavimento flexible, sin mantenimiento del tramo Cátac - Conococha.....	88
Tabla 37. Matriz de transición para el pavimento flexible, con mantenimiento del tramo Cátac – Conococha .....	91
Tabla 38. Cadena de Markov para el pavimento flexible, con mantenimiento total del tramo Cátac - Conococha .....	91
Tabla 39. Resumen del IRI y el costo necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Cátac – Conococha .....	95
Tabla 40. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz - Cátac.....	97
Tabla 41. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la	

carretera, tramo Huaraz – Cátac.....	99
Tabla 42. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2019, Tramo Cátac – Conococha.....	100
Tabla 43. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2020, Tramo Cátac – Conococha.....	101
Tabla 44. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2021, Tramo Cátac – Conococha.....	101
Tabla 45. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2022, Tramo Cátac – Conococha.....	101
Tabla 46. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2023, Tramo Cátac – Conococha.....	102
Tabla 47. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2024, Tramo Cátac – Conococha.....	102
Tabla 48. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2025, Tramo Cátac – Conococha.....	102
Tabla 49. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2026, Tramo Cátac – Conococha.....	103
Tabla 50. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2027, Tramo Cátac – Conococha.....	103
Tabla 51. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2028, Tramo Cátac – Conococha.....	103
Tabla 52. Costo anual presupuestado para el mantenimiento aplicando el SGP. ...	105
Tabla 53. Resumen de resultados del IRI para los tres escenarios, tramo Huaraz – Cátac.....	107
Tabla 54. Resumen del costo para realizar el mantenimiento, tramo Huaraz – Cátac. ....	109
Tabla 55. Resumen de resultados del IRI para los tres escenarios, tramo Cátac - Conococha.....	110
Tabla 56. Resumen del costo para realizar el mantenimiento, tramo Cátac - Conococha.....	112

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un sistema de gestión de pavimentos .....	23
Figura 2. Condición del pavimento en periódicas inspecciones .....	25
Figura 3. Hipótesis de Markov de deterioro del PCI en un año .....	25
Figura 4. Ubicación de la zona de estudio.....	33
Figura 5. Características de la red vial PE 3N, tramo I y II .....	34
Figura 6. Clasificación Climática .....	36
Figura 7. Presupuesto para reparar cada tipo de deterioro.....	38
Figura 8. Curvas para pavimentos asfálticos - 1.....	39
Figura 9. Curvas para pavimentos asfálticos -2.....	45
Figura 10. Curvas para pavimentos asfálticos - 3.....	47
Figura 11. Parámetros considerados en la herramienta Solver del MS Excel para la elaboración de la matriz de transición.....	61
Figura 12. Curva de deterioro del pavimento flexible sin mantenimiento, tramo Huaraz -Cátac .....	68
Figura 13. Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento del tramo Huaraz -Cátac .....	71
Figura 14. Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento aplicando el SGP, del tramo Huaraz -Cátac .....	72
Figura 15. Costo que se requiere, cuando no se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Huaraz – Cátac.....	75
Figura 16. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando no se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.....	76
Figura 17. Costo que se requiere, cuando se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Huaraz – Cátac.....	77
Figura 18. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.....	78
Figura 19. Monto asignado para realizar trabajos de mantenimiento aplicando el SGP - tramo Huaraz – Cátac.....	80
Figura 20. Parámetros considerados en la herramienta Solver del MS Excel para la optimización de los recursos económicos, tramo Huaraz - Cátac .....	84

Figura 21. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento aplicando el SGP, para 10 años.....	86
Figura 22. Curva de deterioro del pavimento flexible sin mantenimiento del tramo Cátac – Conococha .....	90
Figura 23. Gráfico: Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento del tramo Cátac – Conococha .....	93
Figura 24. Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento aplicando el SGP, del tramo Cátac – Conococha .....	94
Figura 25. Costo que se requiere, cuando no se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Cátac – Conococha .....	95
Figura 26. Gráfico: Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando no se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.....	96
Figura 27. Costo que se requiere, cuando se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Cátac – Conococha .....	97
Figura 28. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.....	98
Figura 29. Monto asignado para realizar trabajos de mantenimiento aplicando el SGP - tramo Cátac - Conococha.....	100
Figura 30. Parámetros considerados en la herramienta Solver del MS Excel para la optimización de los recursos económicos, tramo Cátac - Conococha.....	104
Figura 31. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento aplicando el SGP, para 10 años.....	106
Figura 32. Curva de deterioro para los tres escenarios, tramo Huaraz – Cátac	108
Figura 33. Curva del costo para realizar el mantenimiento para los tres escenarios, tramo Huaraz - Cátac .....	110
Figura 34. Curva de deterioro para los tres escenarios, tramo Cátac - Conococha.	111
Figura 35. Curva del costo para realizar el mantenimiento para los tres escenarios, tramo Cátac - Conococha .....	113

## RESUMEN

En la investigación realizada se determinó un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) basado en el modelo estocástico probabilístico para la asignación de recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha – Huaraz. Este SGP consiste en invertir menos presupuesto asociados al mantenimiento de la vía y obtener el mayor porcentaje de pavimentos en condiciones aceptables; donde se busca la solución más óptima en la asignación de recursos económicos a cada condición del pavimento flexible, reparando un porcentaje del pavimento y dejando deteriorarse el otro porcentaje del pavimento. Esta investigación partió con la medición del Índice de Rugosidad Internacional, realizado en Julio del año 2018, considerando este, como año cero de la investigación. Teniendo la condición inicial del pavimento flexible se procedió a la elaboración de la matriz de deterioro con mantenimiento y sin mantenimiento; teniendo en consideración la topografía y las condiciones climáticas se ha dividido la vía en dos tramos, Huaraz km. 577+724 – Cátac km. 543+709 y el tramo Cátac km. 543+709 – Conococha km. 499+329, para la elaboración de esta matriz. Esta matriz se ajustó para un periodo de deterioro de 10 años, tomando en consideración el manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”. Teniendo dicha matriz se elaboró el gráfico de la predicción del estado futuro del pavimento.

Luego se procedió a calcular el presupuesto para cada actividad de mantenimiento de acuerdo al tipo de deterioro, esta se calculó mediante el software S10 la cual permite elaborar presupuestos de cualquier proyecto, cuantificando el costo inicial de proyecto a partir de los metrados, como se detalla en el capítulo V.

Previamente a estos cálculos, se plantea tres escenarios, para así diferenciar la aplicación de este SGP:

- Escenario N°1: Cuando no se realizan actividades de mantenimiento.
- Escenario N°2: Cuando se realizan actividades de mantenimiento.
- Escenario N°3: Cuando se realizan actividades de mantenimiento aplicando el SGP.

Para estos tres escenarios se obtuvo la curva de deterioro y la curva del costo para el mantenimiento, esto para cada escenario donde se evidencia que la aplicación del SGP es la mejor alternativa (escenario N°3) ya que empleando el 20% del monto

necesario para un mantenimiento total de la vía, este SGP mantiene en el pavimento condiciones aceptables ( $IRI \geq 3.6$ ), llegando a ser casi similar a las condiciones del IRI cuando se aplica el mantenimiento total a la vía. teniendo una buena transitabilidad y confort de los usuarios.

Palabras clave:

- Sistema de Gestión de Pavimentos.
- Pavimento.
- Índice de Rugosidad Internacional.

## ABSTRACT

In the investigation carried out, a Pavement Management System (GSP) was determined based on the probabilistic stochastic model for the allocation of economic resources for the conservation of pavements on the Conococha - Huaraz highway. This GSP consists in investing less budget associated with road maintenance and obtaining the highest percentage of pavements in acceptable conditions; where the most optimal solution in the allocation of economic resources to each condition of the flexible pavement is sought, repairing a percentage of the pavement and leaving the other percentage of the pavement deteriorated.

This research started with the measurement of the International Roughness Index, carried out in July 2018, east measurements, as the zero year of the investigation. Having the initial condition of the flexible pavement, the damage matrix was maintained with maintenance and without maintenance; taking into account the topography and climatic conditions, the road has been divided into two sections, Huaraz km. 577 + 724 - Cátac km. 543 + 709 and the Cátac km section. 543 + 709 - Conococha km. 499 + 329, for the elaboration of this matrix. This matrix was adjusted for a period of displacement of 10 years, taking into account the manual of "Soils, Geology, Geotechnics and Pavements". Having said matrix, the graph of the prediction of the future state of the pavement was prepared.

Then, the budget for each maintenance activity will be calculated according to the exchange rate, it will be calculated using the S10 software which allows the preparation of budgets for any project, quantifying the initial cost of the project from the meters, as detailed in the chapter V.

Prior to these calculations, three scenarios are plated, in order to differentiate the application of this GSP:

- Scenario N ° 1: When maintenance activities are not carried out.
- Scenario N ° 2: When maintenance activities are carried out.
- Scenario N ° 3: When maintenance activities are carried out applying the GSP.

For these three scenarios, the deterioration curve and the maintenance cost curve were obtained, this for each scenario where it is evident that the application of the GSP is the best alternative (scenario No. 3) since using 20% of the necessary amount For total road maintenance, this GSP maintains acceptable conditions on the

pavement ( $IRI \geq 3.6$ ), becoming almost similar to the IRI conditions when total road maintenance is applied. having a good passability and comfort of the users.

Keywords:

- Pavement Management System.
- Pavement.
- International Roughness Index.

## INTRODUCCIÓN

Las carreteras son de gran importancia para el desarrollo económico y social de un país, ya que constituyen la principal forma de comunicación para satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud siendo estas necesidades las principales actividades de un país. Sin embargo, el contar con carreteras pavimentadas no es suficiente, a medida que el tiempo transcurre estos se van deteriorando por factores climáticos, tránsito o una mala ejecución en el proceso constructivo.

Por tales motivos es más que evidente la importancia de la correcta administración de las redes viales de nuestro país, por parte de las autoridades correspondientes o constructoras encargadas a mantener en un correcto funcionamiento nuestras vías. Por ello, en el país existe la necesidad de crear y formalizar Sistemas de Gestión de Pavimentos (SGP) aplicables a nuestras redes viales, con la finalidad de proporcionar a los usuarios condiciones de seguridad y confort.

Esta investigación plantea y propone un SGP basado en el modelo estocástico probabilístico, para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos; donde tiene como indicador funcional el índice de rugosidad internacional (IRI), el cual fue medida con el equipo Rooga, siendo un dato confiable, nos permite iniciar este SGP proporcionándonos el estado en el que se encuentra la carretera, se identifican los deterioros y se hace una lista de actividades para la conservación del pavimento. Se utilizó modelos de deterioros (estocásticos probabilísticos) para predecir el estado futuro del pavimento, asimismo se calculó el costo que se requiere para realizar el mantenimiento. Y haciendo uso de una optimización matemática se asigna los recursos económicos que necesita cada rango del IRI, para mantener la carretera, esta optimización nos permite clasificar y priorizar las acciones a tomar para su mantenimiento.

Este SGP nos permite decidir cuándo se debe realizar el mantenimiento, sabiendo qué técnicas se debe aplicar y optimizando el monto que se le va asignar para cada rango de IRI.

# CAPÍTULO I.

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La ingeniería de caminos se ha convertido en un ámbito importante para la generación de desarrollo social, político, económico y cultural del país, debido a su objetivo de servir como herramienta para interconectar a las comunidades. De esta manera, la red vial del Perú, organizada bajo el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), donde brinda al público en general la información detallada de cada una de las rutas (clasificadas en nacional, departamental o regional, y vecinal o rural). En cuanto a los organismos gubernamentales responsables de cada ruta, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) se encarga de la red nacional, mientras que la red departamental está a cargo de los Gobiernos Regionales y la red vial vecinal, bajo responsabilidad de los Gobiernos Locales. La red vial nacional está compuesta por tres ejes longitudinales y veinte ejes transversales, esta red vial longitudinal está compuesta por tres ejes (PE-1, PE-3 Y PE-5), los mismos que se dividen con trayectorias norte y sur respectivamente. En esta investigación se estudiará los tramos de la red vial longitudinal de la sierra norte o PE – 3N: Conococha (PE -16) – Cátac – Recuay – Pte. Bedoya – Pte. Mashuan – Pte. Tacllan -Huaraz (PE – 14 y PE-14 A), ubicado en la región Ancash. Asimismo, es importante mencionar que los pavimentos son estructuras de ingeniería diseñada para fallar dentro de un periodo específico de tiempo de acuerdo a un deterioro progresivo de sus condiciones iniciales de rodadura,

generando costos directos por mantenimiento y operación, e indirectos vinculados a la inadecuada transitabilidad para los usuarios.

Por ello, en el país existe la necesidad de crear y formalizar Sistemas de Gestión de Pavimentos (SGP) aplicables a nuestras redes viales, con la finalidad de lograr la conservación de las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural de la vía, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y de tráfico de las mismas.

La recolección de datos para la evaluación funcional del pavimento en el tramo de la investigación se realizará con mediciones en campo mediante el parámetro IRI clase III, el cual resume el perfil superficial longitudinal de la vía en la huella de la llanta del vehículo, indicando la regularidad superficial.

Con respecto a la evaluación del pavimento, se utilizarán modelos de deterioros bien cuantificados y adecuadamente validados (estocásticos probabilísticos) para determinar el nivel de deterioro del tramo en estudio, prediciendo el deterioro del pavimento en el tiempo y obteniendo una base de datos para proyectar su comportamiento en el futuro. el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. En Problema General

¿El sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico mejora la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018?

### 1.2.2. Problema Específico

**1.** ¿Cuáles son los datos para evaluar la condición actual de la vía de acuerdo al sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018?

**2.** ¿Qué modelo determina el comportamiento del pavimento para el sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para la

asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018?

**3.** ¿Cuál será el costo de aplicación de actividades de conservación de pavimento de acuerdo al sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

El Instituto Peruano de Economía (2008), menciona en la década de los noventa, la escasa inversión en el sector transportes llevó a un deterioro importante en la Red Vial Nacional. Un 88% de la red se encontraba en mal o regular estado, y apenas un 12% en condiciones adecuadas, debido al descuido en el sistema de contratos que no preveían el mantenimiento. (pág. 5)

Por ello, en el año 2007, el MTC inició Proyecto Perú, programa cuya finalidad es establecer un sistema de contratación para la conservación y desarrollo gradual de la infraestructura vial mediante contratos donde las prestaciones se controlan por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres años.

El objetivo de este programa de concesiones es entregar al sector privado la ejecución (construcción, mejoramiento y/o rehabilitación) de obras de infraestructura de transporte público y la explotación de dicha infraestructura por un período de tiempo.

Así, el tramo de estudio, ubicado en la red vial nacional Longitudinal de la Sierra o Eje N° PE-3, se encontraba concesionado, pero desde el 22 de mayo del año 2016 se encuentra a cargo del MTC mediante Provias Nacional, dirección ministerial caracterizada por no mantener en buen estado a la red vial nacional, ocasionando bajos niveles de seguridad y comodidad, e incrementando el costo de operación para los usuarios.

Esta investigación es un aporte al país, proponiendo un Sistema de Gestión de Pavimentos basado en un modelo estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos, ya que, a través de las carreteras, las comunidades se interconectan, generando desarrollo social, político, económico y cultural en el país.

## 1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 1.4.1. HIPÓTESIS

#### Hipótesis General

Aplicar el sistema de gestión de pavimentos Markoviano basado en el modelo estocástico probabilístico se mejora la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018.

#### Hipótesis Específica

1. Los datos recolectados (IRI) para determinar la condición actual de la vía son medibles y confiables, y nos proporcionan un punto de partida para el sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018. (Ochoa y Tupac, 2017, pg 35)
2. El modelo de deterioro estocástico probabilístico Markoviano proporciona la condición del pavimento en el tiempo del sistema de gestión de pavimentos para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018.
3. Aplicando el sistema de gestión de pavimento basado en el modelo estocástico probabilístico, reduce el costo de aplicación de actividades de conservación de pavimento en la carretera Conococha - Huaraz, 2018.

### 1.4.2. VARIABLES

- Variable Independiente: Modelo de deterioro – Estocástico probabilístico.
- Variable Dependiente: Asignación de recursos económico.

## 1.5. DEFINICIÓN DE TERMINOS

- **Conservación Vial:**

Conjunto de actividades que se realizan, de forma continua y sostenida, periódica o permanente, para mantener en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen la vía y de esta manera garantizar que el transporte terrestre sea cómodo, seguro y económico. Comprende la

conservación vial rutinaria, la conservación vial periódica, la gestión socio ambiental, la prevención y atención de emergencias. (MTC, 2014, pág. 20)

- **Gestión de Conservación Vial:**

Comprende la realización de un conjunto de actividades integrales tales como la definición de políticas, la planificación, la organización, el financiamiento, la ejecución, el control y la operación, para lograr una conservación vial que asegure la economía, la fluidez, la seguridad y la comodidad de los usuarios viales. (MTC, 2014, pág. 20)

- **Transitabilidad:**

Condición física de la vía que permite la circulación vehicular bajo determinados niveles de servicio. (MTC, 2014, pág. 178)

- **Vía:**

Carretera o camino existente en el territorio nacional, cualquiera sea el estado en que se encuentre, que está destinado al uso público y en especial al tránsito vehicular. (MTC, 2014, pág. 178)

- **Niveles de Servicio:**

Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. (MTC, 2014, pág. 33)

## 1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.6.1. Objetivo General

Aplicar el sistema de gestión de pavimentos Markoviano, basado en el modelo estocástico probabilístico para mejorar la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conocochoa - Huaraz, 2018.

### 1.6.2. Objetivo Específico

1. Recolectar datos para evaluar la condición actual de la vía de acuerdo al sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico

probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conocochoa - Huaraz, 2018.

- 2.** Modelar el comportamiento del pavimento de acuerdo al sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos de la carretera Conocochoa - Huaraz, 2018.
- 3.** Hallar el costo de aplicación de actividades de conservación de pavimento para el sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conocochoa - Huaraz, 2018.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES:

Existen tesis que han investigado la recolección de datos de una vía mediante PCI e IRI, y otras que han aplicado un sistema de gestión de pavimento en vías tanto rurales como urbanas. Estas investigaciones se utilizarán como guía para el desarrollo de esta tesis.

Hidalgo (2006), elaboró una tesis de “Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú” para así optar por el título de Ingeniera Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Esta tesis tuvo como objetivo realizar un análisis crítico de la gestión de pavimentos en el país, evaluando la eficiencia de la misma a través de la comparación de diversas metodologías de gestión para proponer nuevas herramientas de gestión de pavimentos o complementar las ya existentes. Así, concluyó que el desarrollo del deterioro y el sistema de gestión depende no solamente de los factores climáticos y de las cargas de tránsito, sino también de la calidad o performance que presente el pavimento al inicio, lo cual a su vez está relacionado al buen diseño del pavimento y su adecuada construcción que requiere de una mayor inversión inicial, conveniente a largo plazo por invertir menos en el mantenimiento o rehabilitación. Esto se corrobora al comparar los costos obtenidos de los

pavimentos peruano y estadounidense para las diferentes estrategias de mantenimiento. Con el desarrollo de esta tesis se puede afirmar que la aplicación de un SGP en el Perú no se encuentra en un abandono total, pero tampoco existe un monitoreo y actuación de mantenimiento oportuna. (pág. 20)

Montoya (2007), elaboró una tesis de “Implementación del sistema de gestión de pavimentos con herramienta HDM-4 para la red vial N° 5 tramo Ancón – Huacho - Pativilca” para así optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Ricardo Palma. Esta tesis tuvo como objetivo implementar un sistema de gestión de pavimentos a nivel de proyecto específico a fin de justificar las actividades a ejecutarse en posteriores mantenimientos, lo cual fue solicitado por la entidad concesionaria. Adaptaron la base de datos a la nueva monumentación con formatos flexibles que permitan procesar la información para un mejor entendimiento. Además, se han estandarizado los procedimientos de recolección de datos de campo. (pág. 12)

Sachún (2007) elaboró una tesis de “Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte – Zona Trujillo, para su mantenimiento” para así optar por el grado de Maestro de la Universidad Privada Antenor Orrego. La zona de estudio que seleccionó fue del Óvalo Salaverry hasta el Óvalo Milagro, teniendo 29.6 kilómetros de pavimento. Para obtener los datos de rugosidad utilizó el equipo Merlin y realizó una comparación con la data que tenía del año 1995 y 2013. La conclusión que obtuvo después del estudio es que la mencionada zona tiene un pavimento en buenas condiciones. (pág. 30)

Yesquen (2016), elaboró una tesis de “Gestión y conservación de pavimentos flexibles a través del índice de desempeño PCI en el entorno del distrito de Surquillo - Lima” para optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Piura. Dicha tesis tuvo como objetivo obtener el índice de condición de pavimento (PCI) de algunas vías arteriales, colectoras y locales del distrito

de Surquillo. Según los resultados obtenidos, concluyó qué sector necesitaba que realicen un mantenimiento mas no realizó un SGP. (pág. 40)

Ochoa y Túpac (2017) elaboraron una tesis de “Optimización de recursos económicos en la conservación de pavimentos rurales de tercera clase utilizando un sistema de gestión de pavimentos basado en el método estocástico-probabilístico” para así optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad San Ignacio de Loyola. Esta tesis tuvo como objetivo determinar si la aplicación de un SGP basado en el método estocástico – probabilístico, permite optimizar la asignación de recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos rurales de tercera clase. Para el desarrollo de la tesis tomaron como lugar de estudio la Red Vial 3, ubicada en Cusco y con una recolección de datos de la vía mediante el PCI donde concluyeron que al realizar un SGP se puede optimizar los recursos económicos. (pág. 35)

Tenorio (2005) elaboró la tesis de “Modelos de Predicción del deterioro de Pavimentos” para así optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Esta tesis tuvo como objetivo general elaborar una guía o texto básico de los Modelos de Predicción del Deterioro de Pavimentos, concluyendo que los modelos de predicción de deterioro o modelos de comportamiento de pavimentos se han desarrollado a partir de la necesidad de encontrar herramientas que permitan programar actividades de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos y en consecuencia asignar recursos de la manera más precisa y rentable. (pág. 201)

Pillpe (2018) elaboro la tesis “Aplicación de un sistema de gestión de pavimentos urbano local a nivel de red mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como variable de condición en la red vial del distrito de Concepción - Junín ” para así optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Continental, teniendo como objetivo general determinar la influencia de la aplicación de un sistema de gestión de pavimentos urbano local a nivel de red mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) como variable de condición

en la red vial del distrito de Concepción-Junín y proponer una planificación económica para optimizar los recursos del distrito. Concluyendo que un SGP no tan solo es el uso de un software o un programa, es una herramienta que ayuda a la toma de decisiones en base a modelos matemáticos, además de proponer distintos escenarios que brinda información fehaciente de la condición actual y futura del pavimento, como también los costos asociados al mantenimiento y la priorización de necesidades. (pág. 188)

#### 2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

Onofre, Sánchez y Santiago (2008), elaboraron una tesis de “Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimentos usando el perfilómetro ROMDAS Z-250” para así optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad del Salvador. Esta tesis tuvo como objetivo obtener el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en pavimentos asfálticos utilizando el perfilómetro ROMDAS Z-250. Para el desarrollo de la tesis tomaron un tramo de carretera nuevo o recién construido, y otro tramo de carretera en servicio, ubicados en Salvador, donde concluyeron que el Perfilómetro ROMDAS Z-250 es un equipo que permite hacer mediciones de perfil con precisión de 0.1 mm, lo cual lo convierte en un Perfilómetro de clase 1, garantizando la obtención de valores de IRI bastante precisos. (pág. 9)

Domingo (2012), elaboro una tesis de “Análisis del Índice de perfil en y tramos carreteros y algunas recomendaciones para mejorarlo” para así optar por el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta tesis tuvo como objetivo obtener y visualizar los aspectos más relevantes que influyen en la regularidad superficial en una carretera y tratar de que las empresas ejecutoras de los trabajos de construcción, así como los de conservación, puedan aplicar técnicas que se han demostrado que son de gran ayuda en la mejora de alcanzar una buena regularidad superficial. De los tramos evaluados, 3 tramos en el que se analizó la regularidad en esta investigación, es importante destacar que 2 tramos fueron parte del Programa Nacional de Conservación de carreteras del año 2010 y uno fue parte del

Programa Nacional de Construcción y Modernización de Carreteras, éste último dentro del Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012. Todos estos trabajos fueron realizados en el estado de Campeche. (pág. 4)

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Funciones del Pavimento

El pavimento es el elemento de mayor aporte estructural y funcional de las carreteras. Además, es el componente más importante en el patrimonio vial al representar casi la mitad de los egresos (sumados los de construcción y mantenimiento) que tienen lugar en las carreteras y calles. Dada esta gran inversión, cualquier mejora en el manejo de estos activos y de la tecnología para su atención, tendría por efecto un ahorro considerable y un significativo incremento de los beneficios para los usuarios. (Fundora, 2014)

### 2.2.2. Deterioro o fallas en pavimentos flexibles

Los deterioros o fallas de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes categorías: los deterioros / fallas estructurales y los deterioros/fallas superficiales. Los deterioros de la primera categoría se asocian generalmente con obras de rehabilitación de costo alto. Los deterioros de la segunda categoría se relacionan generalmente con obras de mantenimiento periódico (por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial). (MTC, 2014, pág. 86)

#### **2.2.2.1 Deterioros o fallas superficiales**

Los deterioros superficiales se originan en general por un defecto de construcción, por un defecto en la calidad de un producto o por una condición local particular que el tráfico acentúa. Además, pueden resultar de la evolución de deterioros o fallas estructurales. (MTC, 2014, pág. 86)

Se distinguen:

- Los desprendimientos
- Los baches (huecos)

- Las fisuras transversales (que no resultan de la fatiga del pavimento)

#### **a. Peladura y desprendimiento**

##### **Descripción**

Este deterioro incluye:

- La desintegración superficial de la carpeta asfáltica debida a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado (peladura)
- La pérdida total o parcial de la capa de rodadura, (desprendimiento). (MTC, 2014, pág. 97)

##### **Causas**

Esta falla indica las siguientes causas probables:

- Defecto de adherencia del asfalto o de dosificación del mismo
- Asfalto defectuoso o endurecido y perdiendo sus propiedades ligantes
- Agregados defectuosos (sucios o muy absorbentes)
- Defectos de construcción
- Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).

#### **b. Baches – Huecos**

##### **Descripción**

Los baches o huecos son consecuencia normalmente del desgaste o de la destrucción de la capa de rodadura. Cuando aparecen, su tamaño es pequeño. Por falta de mantenimiento ellos aumentan y se reproducen en cadena, muchas veces con una distancia igual al perímetro de una rueda de camión. (MTC, 2014, pág. 99)

##### **Causas**

Esta falla proviene de la evolución de otros deterioros y carencia de conservación vial:

- Desprendimiento
- Fisuración de fatiga.

#### **c. Fisuras transversales**

##### **Descripción**

Las fisuras transversales son fracturas del pavimento, transversales (o casi) al eje de la vía. (MTC, 2014, pág. 100)

### **Causas**

Esta falla puede provenir de las causas siguientes:

- Retracción térmica de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler o envejecimiento del asfalto
- Reflexión de grietas de capas inferiores y apertura de juntas de construcción defectuosas.

### **2.2.2.2 Deterioros o fallas estructurales**

Los deterioros estructurales caracterizan un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las diferentes capas del mismo o bien solamente a la capa de superficie. Si la deformación vertical de las gravas y/o suelos excede el límite admisible, se observan deformaciones permanentes del pavimento (hundimiento o ahuellamiento de gran radio). Si la deformación horizontal de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas excede el límite admisible, dichas capas se fisuran en su parte inferior y las fisuras luego se propagan hasta la superficie: fisuras longitudinales en las huellas del tránsito y fisuras en forma de piel de cocodrilo. Los deterioros o fallas (deformación y/o fisuración) no aparecen de inmediato (en general), sino al cabo de la repetición de cargas definida por la curva de fatiga de cada material. (MTC, 2014, pág. 86)

#### **a. Piel de cocodrilo**

##### **Descripción**

La piel de cocodrilo está constituida por fisuras que forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Puede ser en su principio, poco grave, mostrando polígonos incompletos dibujados en la superficie por fisuras cerradas (es decir, de ancho nulo). El tamaño de la malla disminuye luego bajo el efecto de las condiciones climáticas y del tráfico. Las fisuras se abren y se observan pérdidas de material en sus bordes. (MTC, 2014, pág. 88)

##### **Causas**

El deterioro/falla es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de

insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie.

#### **b. Fisuras longitudinales**

##### **Descripción**

En este rubro se incluyen las fisuras longitudinales de fatiga. Discontinuas y únicas al inicio, evolucionan rápidamente hacia una fisuración continua y muchas veces ramificada antes de multiplicarse debido al tráfico, hasta convertirse en muy cerradas. (MTC, 2014, pág. 25)

##### **Causas**

El deterioro / falla es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie.

#### **c. Ahuellamiento**

##### **Descripción**

Las deformaciones propias de los pavimentos flexibles se caracterizan, en la casi totalidad de los casos, por:

- 1.** Las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones continuas (deterioro 3a) o localizadas (deterioro 3b)
- 2.** El ahuellamiento (deterioro 4) relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.

En todos los casos, su gravedad es anotada por la profundidad medida sobre una regla rígida de 1.50 m de longitud colocada transversalmente en la calzada. El presente rubro se refiere a las deformaciones por comportamiento viscoelástico de la capa de rodadura (deterioro 4). La huella aparece en el trazado de las ruedas, en un ancho inferior a 0.8 m, sobre los laterales del pavimento de 0.5 a 0.8 m del borde, debido a un comportamiento viscoelástico de las de la capa de rodadura bajo un tráfico pesado y canalizado. (MTC, 2014, p.89)

##### **Causas**

Los deterioros o fallas 3a y 3b son consecuencias del fenómeno de fatiga de una o varias capas del pavimento y de la subrasante sometidas a una repetición de

cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento.

#### d. Reparaciones o Parchado

##### Descripción

Las reparaciones están destinadas a mitigar los defectos del pavimento, de manera provisional o definitiva: su número, su extensión y su frecuencia son elementos del diagnóstico. Una reparación reciente enmascara un problema, reparaciones frecuentes lo subrayan. Las reparaciones deben ser calificadas en el momento del examen visual, pues algunas de ellas son tomadas en cuenta para determinar el estado estructural del pavimento. Si la reparación se aplica a deterioros / fallas superficiales y erradica el defecto, no se usará para calificar el estado estructural del pavimento. Si se aplica a la fisuración estructural, se considera como factor agravante. Dichos criterios resultan en los niveles de gravedad definidos más abajo. (MTC, 2014, pág. 95)

##### Causas

Las reparaciones son indicativas de insuficiencia estructural del pavimento o de deterioros/fallas superficiales. No requieren medidas correctivas.

**Tabla 1. Deterioro o fallas de los pavimentos asfaltados.**

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/ Falla	Deterioro/ falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (>0.5 m) sin material suelto. 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con materiales suelto 3: Malla pequeña (<0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho $\leq$ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $>$ 1 mm y $\leq$ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $>$ 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario $<$ 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad $>$ 4 cm

	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero $\leq 6$ mm 2: Profundidad $> 6$ mm y $\leq 12$ mm 3: Profundidad $> 12$ mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro $< 0.2$ m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro $> 0.5$ m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho $\leq 1$ mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $> 1$ mm y $\leq 3$ mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $> 3$ mm). También se denominan grietas.

Fuente. Manual de mantenimiento o conservación vial. (2014). MTC.

### 2.2.3. Evaluación de Pavimentos:

La evaluación de un pavimento proporciona la información de su estado en el momento en que se realiza con la finalidad de contribuir a la constante mejora en los aspectos de diseño, construcción de nuevas estructuras o procesos de rehabilitación, así como en la eficiencia técnica y económica de estos últimos.

La evaluación de pavimentos comprende el desarrollo de siguientes conceptos:

**Comportamiento Funcional:** son los aspectos que afectan la calidad de la carpeta de rodadura y por ello están relacionados con la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía.

**Comportamiento Estructural:** aspectos relacionados a la integridad como estructura del pavimento. Es la capacidad del pavimento para soportar la acción combinada del tránsito y el medioambiente.

### 2.2.4. Métodos de Evaluación Funcional

La evaluación funcional se enfoca principalmente en la textura superficial de una sección de carretera. Cubre conceptos como la transitabilidad de una vía, la rugosidad de la misma, tipo, severidad de daños y la resistencia al deslizamiento. Existen varios métodos de calificación de los pavimentos según capacidades funcionales, que van desde valores de relevamiento visual (PSR,

PSI), cuantificación de fallas (PCI), respuesta vehicular de la rugosidad (Rugosímetros), medición de la rugosidad (Perfilómetros), medición de fricción (Mu Meter), entre otras. (Sotil, 2013, pág. 16)

- a. Índice de Condición del Pavimento (PCI).
- b. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- c. Índice de Serviciabilidad del Pavimento – PSI.
- d. Condition Rating Survey (CRS).
- e. Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER).
- f. El Índice de Condición General – Overall Condition Index (OCI).
- g. Índice de Fricción Internacional (IFI).

**a. Índice de Condición del Pavimento (PCI).**

La metodología de las inspecciones del Índice de Condición del Pavimento (PCI) fue desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU., aprobada por la American Publics Works Association - Asociación Americana de Trabajos Públicos y el ASTM Internacional, y documentada en el ASTM D6433. Este es un método de prueba estándar para las inspecciones de condiciones de pavimentos de caminos y estacionamientos, basado en un sistema de clasificación que mide la integridad del pavimento y las condiciones de funcionamiento de la superficie en una escala de 100 puntos. De acuerdo a esta metodología, la red de pavimentos se mide por ramas (calles individuales), secciones (segmento de pavimento) y unidades de muestra de inspección.

Una unidad de muestra es un segmento seleccionado de pavimento de un tamaño requerido que se inspecciona a detalle. Por ejemplo, las unidades de muestra son aproximadamente de  $2500 \pm 1000$  pies cuadrados de superficie ( $230 \pm 90$  m<sup>2</sup>) y, cuando se realizan inspecciones futuras, solo se selecciona un porcentaje de estas unidades al azar. Las inspecciones sobre las condiciones del pavimento se realizan mediante la identificación del tipo, severidad y cantidad de fallas de acuerdo a los procedimientos de muestreo sistemático.

Se han definido 39 tipos de fallas (20 para pavimentos de asfalto y 19 para pavimentos de concreto) y tres tipos de severidad (alta, media y baja) según el

ASTM 2009 y luego en su actualización del 2011. Cada combinación de tipo de falla, severidad y extensión tiene un valor deducido asociado, el cual se determina mediante los gráficos disponibles para cada tipo de falla y encontradas en la norma ASTM. Las fallas consideradas como más perjudiciales para el pavimento (por ejemplo, grietas por fatiga) tienen valores deducidos mayores a las fallas menos críticas (por ejemplo, grietas transversales). Una vez que se determina el valor deducido de cada tipo de falla, se suman para obtener un valor total deducido de la unidad de muestra. Luego, este valor es ajustado de acuerdo al número de fallas registradas y se restan a partir de la puntuación perfecta de 100 para determinar el PCI de la unidad de muestra. Un promedio ponderado de todos los PCI de las unidades de muestras inspeccionadas es utilizado para representar las condiciones del pavimento. Muchos programas de SGP pueden calcular el valor del PCI en base a los datos de entrada registrados en el software, e inclusive existen diferentes empresas internacionales que han desarrollado equipos de alto rendimiento para la captura de información mediante sistemas de grabación de imágenes. Así, por ejemplo, PASCO Corporation ha desarrollado un sistema desde 1960 denominado ROADRECON que permite operar y captar imágenes a 80 km/hr y con tamaños de 5 m de ancho. Del mismo modo, el sistema francés GERPHO también permite la acumulación de información en una película de 35 mm que luego es extraída y analizada mediante una mesa especial de diseño. (Sotil, 2013, pág. 16)

**b. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**

Existen diversos métodos de rugosidad, tanto directos (perfilómetros) como indirectos (medidores de respuesta vehicular). Por ejemplo, el Maysmeter era el método indirecto utilizado en 48 de los 50 estados de los EEUU e implementado por 22 agencias estatales en la década de los 80's. Sin embargo, un reciente estudio indica que en la actualidad 36 estados han virado al uso de perfilómetros, utilizando el IRI como la unidad de medida de rugosidad directa, debido a su invariabilidad con respecto a factores como la presión de llanta, suspensión del vehículo, velocidad vehicular, entre otros, como sí lo es el Maysmeter.

El IRI es producto del Experimento de Rugosidad de Caminos Internacional (International Road Roughness Experiment) realizado en Brasil en 1982 con el apoyo del Banco Mundial y fue implementado en los EEUU en 1987. El IRI resume el perfil superficial longitudinal en la huella de la llanta y se calcula en base a datos recolectado por un levantamiento topográfico o vía un perfilómetro mecánico que mide el perfil a unos 80 km/h. El IRI expresa la rugosidad en unidades de pulgadas sobre milla o de m/km. (Sotil, 2013, pág. 20)

#### 2.2.5. Conservación o mantenimiento Vial

La conservación vial puede definirse como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la vía.

La conservación vial técnicamente es una actividad muy especializada; de importante magnitud económica, que debe realizarse con eficacia y oportunidad para minimizar los gastos y cumplir las metas que se programan presupuestalmente sobre un periodo anual. (MTC, 2014, pág. 24)

#### **Tipos de conservación o mantenimiento vial**

##### **a. Mantenimiento Rutinario**

La conservación rutinaria, es el conjunto de actividades que se ejecutan dentro del presupuesto anual, está constituida por todas las actividades necesarias para cuidar la seguridad del camino y para prevenir el desarrollo de deterioros en todos los componentes de la infraestructura vial como son: pistas, puente, túneles, señales, dispositivos de seguridad, obras de drenaje, contención de taludes, limpieza de la carretera, también del derecho de vía, etc. La conservación rutinaria trata en todos esos componentes, de evitar y llegado el caso, corregir cualquier deterioro que origine incomodidad o disturbe la circulación del tránsito originando riesgos de accidentes y mayores deterioros en la infraestructura vial.

En otras palabras, un camino no debe operar en condiciones que causen riesgo al usuario; y en cualquier caso la conservación vial deberá advertir a los usuarios de las condiciones del camino. En la mayoría de los casos ser suficiente señalar

las limitaciones en la circulación para evitar los riesgos. En otros casos podrá requerirse la colocación de barreras de protección, etc.

Por ejemplo, en el caso de carreteras pavimentadas es importante eliminar baches, deterioros o pérdidas de guardavías y de señales, rajaduras en muros, en disipadores de la energía de los canales de drenaje, la limpieza de la colmatación de cursos de agua y alcantarillas, limpieza de calzada de polvo, de piedras o de derrumbes sobre las calzadas, etc. Este tipo de problemas deben ser identificados en los reconocimientos rutinarios, posiblemente diarios, en los diferentes tramos y reportados sistemáticamente para su atención en lo posible inmediata. (MTC, 2014, pág. 25)

#### **b. Mantenimiento Periódico**

La conservación periódica es de naturaleza distinta, mayormente está referida a las condiciones que se requiere recuperar en los elementos que conforman lo que en el Perú se denomina las calzadas y las bermas de la carretera, así como correcciones puntuales generadas por alguna inestabilidad en los terraplenes, que producirán posiblemente pequeños hundimientos y que requieren recuperación localizada de la plataforma, de la superficie de rodadura y de las obras complementarias. La conservación periódica en las carreteras se realiza en periodos de más de un (01) año; la intervención de recuperación se centra fundamentalmente sobre la calzada y las bermas. (MTC, 2014, pág. 25)

#### 2.2.6. Sistema de gestión de pavimentos.

Un sistema de gestión de pavimentos es un conjunto de herramientas y métodos que tienen por objeto ayudar a las organizaciones de carreteras en el proceso de identificación de las estrategias óptimas para proporcionar, evaluar y mantener pavimentos con un nivel de servicio adecuado durante un periodo de tiempo determinado. (AASHTO, 1993)

Los SGP proporcionan también la información necesaria para respaldar las solicitudes de fondos y justificar los programas de mantenimiento y rehabilitación a corto, mediano y largo plazo, obteniendo un control más eficiente en las inversiones. Por otra parte, los SGP necesitan de una base de datos confiable con inventarios calificados de los diferentes tramos de

carretera para poder identificar y priorizar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación. (Menéndez, 2013)

El propósito de un SGP es establecer los requerimientos de presupuesto, programación y acciones de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. (Leiva, 2005)

Para lo cual se requiere:

- Información concerniente a la actual condición de la red.
- Políticas de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción establecidas.
- Estimación del presupuesto disponible.
- Prioridades de la red (criterios económicos y sociales deben priorizar).
- Producto del análisis a nivel de red:
- Necesidades de fondos.
- Pronóstico de futuras condiciones.

#### **Niveles de análisis de sistema de gestión de pavimentos.**

Existen dos niveles de análisis, y previo al desarrollo del SGP debe definirse cuál de ellos se implementará de acuerdo a los alcances y objetivos definidos por cada agencia de conservación de pavimentos. (Menéndez, 2013)

##### **• Nivel de red**

En este nivel, el sistema de gestión de pavimentos se implementa con mayor incidencia, ya que se determinan los requerimientos de mantenimiento y rehabilitación para la red completa en base a los fondos disponibles. Se realiza la priorización de los proyectos siguiendo los criterios establecidos por la agencia para un tiempo determinado en años. El objetivo principal del sistema de gestión en este nivel es el evaluar el estado general de red y, con esta información, poder establecer un programa de trabajos con prioridades en base al análisis de diferentes alternativas de intervención con distintos presupuestos para finalmente asignar los recursos requeridos. Las decisiones tomadas en este nivel afectan a toda la red, por esta razón es necesaria una priorización de trabajos. (Menéndez, 2013)

### • Nivel de proyecto

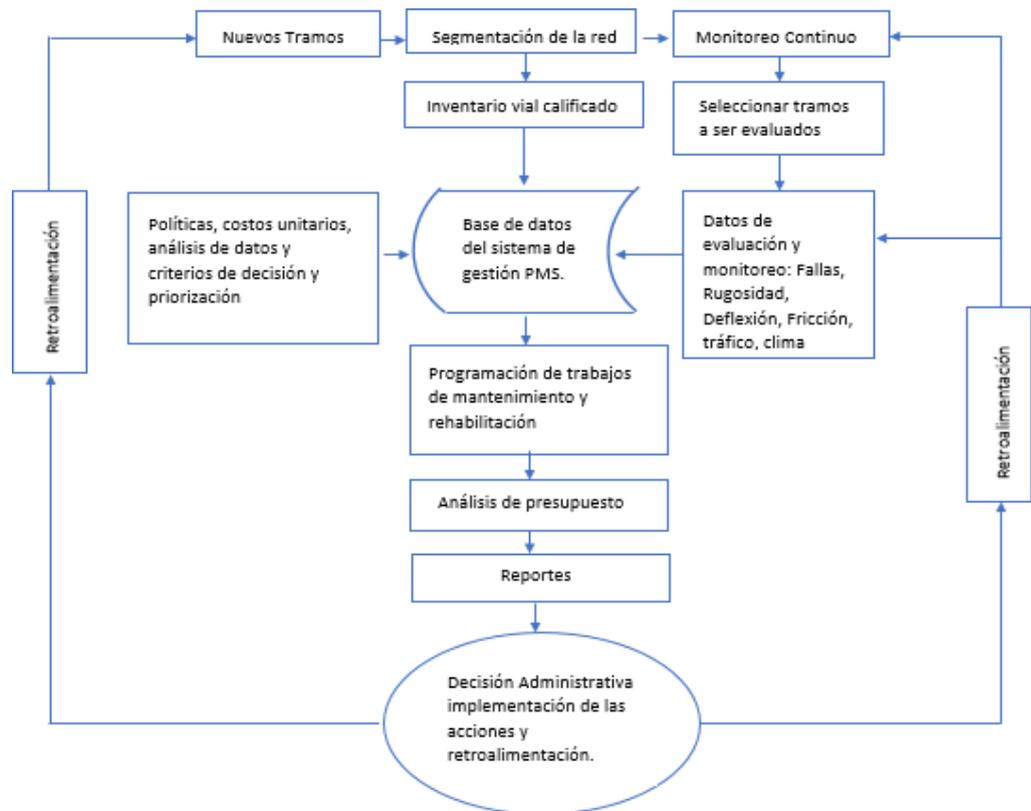
En este nivel se determina, para cada sección de la red, el tiempo y el costo del tratamiento que deben recibir de acuerdo al nivel de deterioro que presentan en base a las evaluaciones periódicas que se hayan realizado. El sistema de gestión proporciona información sobre las causas del deterioro, el registro de intervenciones previas y otros factores que puedan ayudar a determinar la estrategia de intervención adecuada. (Menéndez, 2013)

### **Componentes del sistema de gestión**

Conociendo el nivel de análisis que se utilizará, se procederá a desarrollar el SGP, el cual constará de seis componentes imprescindibles. (Menéndez, 2013)

- Base de datos.
- Sistema de referenciación.
- Evaluación de la condición del pavimento.
- Modelo de deterioro.
- Determinación del costo del ciclo de vida
- Módulo de análisis.

Los datos deben ser almacenados en una forma organizada para que pueda ser eficaz, amplia y actualizada, y así ser recuperada rápidamente por diferentes usuarios. La base de datos y tecnologías de la información son parte integrante de todos los niveles de la administración debido a la rápida evolución de hardware y software.



**Figura 1. Esquema de un sistema de gestión de pavimentos.**

Fuente. Menéndez, R. (2013). *Ingeniería de pavimentos, diseño y gestión de pavimentos*. Lima, Perú. ICG.

### 2.2.7. Modelos de Deterioro.

Como toda herramienta de planeamiento, el sistema de gestión de pavimentos debe permitir prever el comportamiento de los pavimentos que están siendo evaluados. Sin embargo, calcular el deterioro de un pavimento ha probado ser por años una tarea muy complicada. A diferencia de otras estructuras civiles, estas estructuras están expuestas a la intemperie, a cargas estáticas y dinámicas de múltiples cargas, y configuraciones sin protección alguna más allá de la estructura en sí misma. Más aun, los pavimentos son en realidad sistemas multicapa y multi-condición a lo largo de su extensión que tienen características extremadamente variables, y hacen que el comportamiento varíe literalmente entre el día y la noche. (Sotil, 2013, pág. 28)

Los modelos de predicción del comportamiento o deterioro de un pavimento se pueden clasificar en los siguientes:

- a. Modelos de Deterioro de Pavimentos Probabilísticos – Estocásticos.

- b. Modelos de Deterioro de Pavimentos Empíricos.
- c. Modelos de Deterioro de Pavimentos Mecanísticos-Empíricos.
- d. Modelos de Deterioro de Pavimentos Mecanísticos.

#### Modelo de Deterioro de Pavimentos Probabilísticos – Estocásticos

Un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (o estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad (normal, binomial, etc.) y, entre ellas, pueden estar correlacionadas o no. Para el sistema de gestión de pavimentos la variable a evaluar contra el tiempo será la condición del pavimento a través del Índice de Rugosidad (IRI). (Sotil, 2013, pág. 28)

#### **Hipótesis de Markov**

La hipótesis de Markov es una de estas funciones de probabilidad que representa el cambio de una variable (en el SGP, la condición del pavimento) en un determinado momento en el tiempo en base a un patrón de transición desconocido. Es así que la hipótesis de Markov o Markoviano es utilizada en pavimentos para predecir el deterioro progresivo de la estructura en relación a la información de inspecciones periódicas como las que muestra la Figura 02 (cambio en el comportamiento según distintas vías o “paths” que depende de la condición del pavimento o “condition state”). El problema de utilizar un markoviano radica en definir un markoviano inicial sin información histórica (“en relación de inspecciones periódicas”). En el Perú, no se tiene la costumbre de monitorear las reparaciones realizadas o el comportamiento de obras nuevas, por lo que no se tiene un valor o conocimiento de ratios de deterioro. Entonces, para establecer un SGP en el Perú se tendrá que recurrir a otras experiencias y/o adaptaciones de las mismas. La Figura 03, por ejemplo, muestra el markoviano de deterioro aplicado en Delhi Township, Ohio, utilizando al PCI o Pavement Condition Index (Índice de Condición del Pavimento) como variable de caracterización del pavimento. (Sotil, 2013, pág. 29)

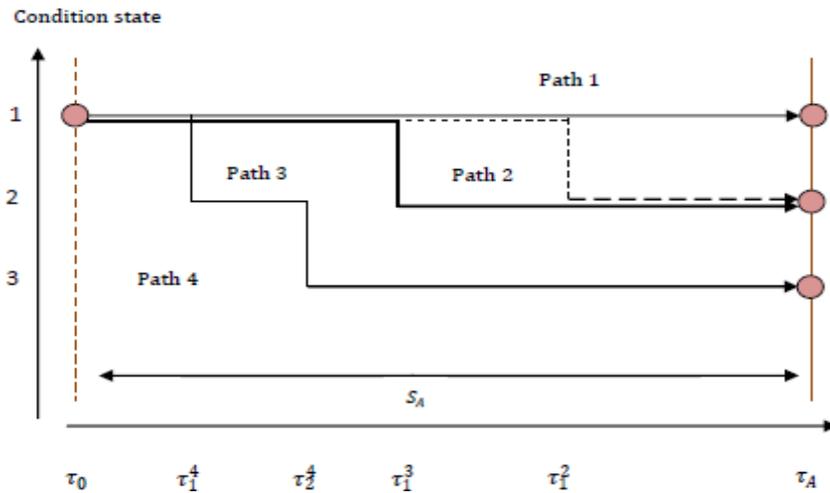


Figura 2. Condición del pavimento en periódicas inspecciones.

Fuente: Sotil, A. (2013). *Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales*. Lima, Perú.

Current Year Condition		Next Year Condition			
A1 - No Maintenance		95%	A1	5%	A
A - Routine Maintenance:	Funded	95%	A	5%	B
	Unfunded	80%	A	20%	B
B - Periodic Maintenance:	Funded	100%	A1		
	Unfunded	80%	B	20%	D
C - Deferred Action:	Funded	95%	C	5%	D
	Unfunded	50%	C	50%	D
D - Rehabilitation:	Funded	100%	A1		
	Unfunded	85%	D	15%	E
E - Reconstruction:	Funded	100%	A1		
	Unfunded	100%	E		

Figura 3. Hipótesis de Markov de deterioro del PCI en un año.

Fuente. Sotil, A. (2013). *Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales*. Lima, Perú.

La anterior figura se puede interpretar de la siguiente manera:

- Del 100% de pavimentos que se encontraban en condición A1 (No Mantenimiento), el 95% mantienen dicha condición y el 5% se deterioran y se convierten a nivel A (Mantenimiento Rutinario).

- Del 100% de pavimentos que se encontraban en condición A, existe una porción que recibe fondos y puede ser mantenida, mientras que existe otra porción que no se mantiene por falta de fondos o decisión de la entidad.

- Del 100% de la porción que sí se mantiene, el 95% mantienen la condición A y el 5% se deterioran y se convierten a nivel B (Mantenimiento Periódico).

- Del 100% de la porción que no se mantiene, el 80% mantienen la condición A y el 20% se deterioran y se convierten a nivel B.

- Del 100% de pavimentos que se encontraban en condición B, existe una porción que recibe fondos y otra que no, similar a los pavimentos en condición A.

- Del 100% de la porción que, si se mantiene, el 100% vuelve a tener una condición de pavimento nuevo o que no requiere mantenimiento, A1.

- Del 100% de la porción que no se mantiene, el 80% mantienen la condición B y el 20% se deterioran y se convierten a nivel D (Rehabilitación).

- Del 100% de pavimentos que se encontraban en condición C (Acción Diferida), existe una porción que recibe fondos y otra que no.

- Del 100% de la porción que, si se mantiene, el 95% mantienen la condición C y el 5% se deterioran y se convierten a nivel D.

- Del 100% de la porción que no se mantiene, el 50% mantienen la condición C y el 50% se deterioran y se convierten a nivel D.

- Del 100% de pavimentos que se encontraban en condición D, el 100% de los tratados vuelven a la condición A1, mientras que el 85% de los no tratados mantiene la condición D y el 15% se deteriora a la condición E (Reconstrucción).

- Los pavimentos en condición E, o se mantienen en condición E si no se tratan, o se vuelven a la condición A1 si es que reciben tratamiento.

Como se puede observar, un sistema como el mostrado ayuda, de manera muy simple, a simular el deterioro de un sistema de pavimentos, en términos de porcentaje. Lo que se requiere determinar entonces son esos porcentajes que, en el caso de la referencia, son la acumulación de más 10 años de información. Para el caso peruano, se pueden aplicar unos valores estándar para poder empezar con el SGP, para luego, en base a mediciones locales, recalibrar estos porcentajes y acumular la información necesaria para robustecer este sistema

o proceder al siguiente sistema o metodología. Por ello esta investigación tomará datos de campo para evaluar la condición inicial de la vía y así tomarlo como punto de partida para modelar el comportamiento del pavimento en el tiempo. (Sotil, 2013, pág. 30)

### 2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES	ÍNDICE
<b>Modelo de Deterioro</b>	Los modelos de deterioro son expresiones matemáticas que permiten predecir la posible evolución del estado del pavimento en el tiempo, con base en el conocimiento de las condiciones al momento de la puesta en servicio y al momento de la realización del análisis.	Los modelos de deterioro permiten predecir la posible evolución del estado del pavimento en el tiempo, el proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (o estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, que generalmente es el tiempo; gracias a esta expresión matemática es posible predecir el deterioro del pavimento con el objetivo de realizar estimaciones tanto de los resultados de las operaciones de conservación, como de su nivel de deterioro posterior a la aplicación de las mismas, ayudando así a la toma de decisiones para las intervenciones en el pavimento.	Modelos de Deterioro de Pavimentos Estocásticos - Probabilísticos .	Modelo Estocástico - Probabilístico	Indice de Rugosidad Internacional	m/km o mm/m 0m/km < IRI < 20m/km
			Modelos de Deterioro de Pavimentos Empíricos.			
			Modelos de Deterioro de Pavimentos Mecanísticos-Empíricos.			
			Modelos de Deterioro de Pavimentos Mecanísticos.			
<b>Asignación de Recursos Económicos</b>	Es un monto disponibles que se asigna a las organizaciones administradoras de carreteras para la conservación de pavimentos a lo largo del tiempo que dure el contrato.	Es un monto que se destina a las organizaciones administradoras de carreteras para la conservación de pavimentos donde se asigna dicho monto de acuerdo al tipo de falla que presenta el tramo del pavimento donde permite optimizar la asignación de dichos recursos económicos.	Tipo de Fallas		Piel de cocodrilo	Metro cuadrado (m2)
					Grietas longitudinales y transversales	Metro lineales (m)
					Huecos	Baja, media, alto
					Exudación	Metro cuadrado (m2).
					Agrietamiento en bloque	Metro cuadrado (m2).
					Abultamiento y hundimiento	Metro lineales (m)
					Corrugación	Metro cuadrado (m2).
					Ahuellamiento	Metro cuadrado (m2).

## CAPÍTULO III.

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### **Enfoque**

El enfoque es del tipo cuantitativo, pues la recolección de datos será medida en campo con el perfilómetro Rooga, el cual servirá para evaluar la condición actual de la vía y así mismo se tomará como un punto de partida para proyectar el comportamiento del pavimento en el tiempo.

##### **Alcance**

La investigación es del tipo correlacional, ya que se relacionarán las variables tales como el modelo de deterioro y la asignación de recursos económicos, para probar la hipótesis planteada.

#### 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

##### **Propósito**

El propósito de esta investigación es proponer un sistema de gestión de pavimentos basado en el modelo estocástico probabilístico para mejorar la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha - Huaraz, 2018.

##### **Tipo**

Esta investigación es del tipo no experimental transversal puesto que se recopilarán datos una sola vez para generar la matriz de deterioro, la cual predecirá el comportamiento del pavimento en el tiempo.

### 3.3. LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN

- Las precipitaciones, son condiciones climáticas que obstaculicen la maniobra y/o funcionamiento del equipo Rooga, que medirá la rugosidad del pavimento.
- La investigación comprende solo mediciones de rugosidad en pavimentos asfálticos mas no en concreto hidráulico.
- En caso de querer aplicar el sistema de gestión de pavimentos a otras zonas, se debe considerar que el país no cuenta con una adecuada zonificación climática ni una base de datos horaria con información de temperaturas, humedad, precipitación y vientos.

### 3.4. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACION Y MUESTRA

#### **Población**

La Red Vial Nacional Longitudinal PE-3N, tramo Conococha - Huaraz.

#### **Muestra**

La Red Vial Nacional Longitudinal PE-3N, tramo Conococha - Huaraz.

### 3.5. MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS

#### 3.5.1. Métodos:

El método de esta investigación es inductivo ya que a partir de la aplicación del SGP en el tramo de estudio Conococha – Huaraz, se obtiene la conclusión de manera general, que el SGP propuesto es aplicable a cualquier carretera asfaltada donde se optimizará la asignación de recursos económicos.

#### 3.5.2. Recursos Empleados:

##### **Recursos Técnicos**

- Equipo Rooga - Clase III
- Modelo de deterioro Estocástico Probabilístico.

##### **Recursos Materiales**

- Manual del software Rooga, papers, tesis, libros y bibliografía relacionada al tema en estudio.
- Programas: Word, Excel, AutoCAD y Rooga.
- Materiales de escritorio: Hojas Bond, lapicero, resaltador, impresoras, tintas para impresora, fotocopidora, CD, anillados y empastados.

### 3.6. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

1. Recolección de datos de campo para la evaluación del estado que se encuentra el pavimento flexible mediante el índice de rugosidad internacional utilizando el software Rooga.
2. Modelación del comportamiento del pavimento en el tiempo, mediante el uso del modelo de deterioro estocástico probabilístico - Markoviano.
3. Se procederá a armar precios unitarios de las actividades de conservación de pavimento que deberán realizar en cada tipo de clasificación que tendrá la carretera.
4. Proponer el sistema de gestión de pavimentos basado en el método estocástico probabilístico para la asignación de los recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos en la carretera Conococha – Huaraz.

## CAPÍTULO IV.

### ZONA DE ESTUDIO

#### 4.1. UBICACIÓN

La red vial asfaltada del presente estudio se ubica en el Departamento de Ancash, pasando por las Provincias de Recuay y Huaraz, teniendo como punto de inicio en el Km. 499 +329 (Ruta PE – 3N) que empalma con el km. 122+285.95 (Ruta PE – 16) en el centro poblado de Conococha y finaliza en el Km. 577+724 - puente Tacllan (Ruta PE – 3N) en la provincia de Huaraz, como se indica en el siguiente mapa.

##### **4.1.1 ANTECEDENTES**

El Ministerio de Transportes y comunicaciones a través de su unidad ejecutora Provias Nacional, esta con la finalidad de asegurar la transitabilidad de la Carretera de acuerdo a los estándares base que permitan el tráfico continuo y seguro de vehículos de pasajeros y carga; en el año 2010 pone a cargo al consorcio COSAPI - TRANSLEI para que inicie los trabajos correspondientes del servicio de gestión y conservación por niveles de servicio de la carretera Emp. 1N - Conococha –Huaraz – Caraz – Molinopampa y Emp. 3N – Aquia – Chiquian – Emp. 3N.

Desarrollado en el Perú por primera vez la tecnología de asfalto espumado, en el cual se ejecutó la técnica de reciclado en frío en sitio del pavimento existente con el empleo de la tecnología con asfalto espumado de 144 Km, en el mantenimiento periódico, en donde el uso de esta tecnología a más de 4,000 m.s.n.m (Conococha) y

en Callejón de Huaylas y a término de contrato del proyecto se obtuvieron buenos resultados, dejando el año 2016, la vía en buen estado.



Figura 4. Ubicación de la zona de estudio.

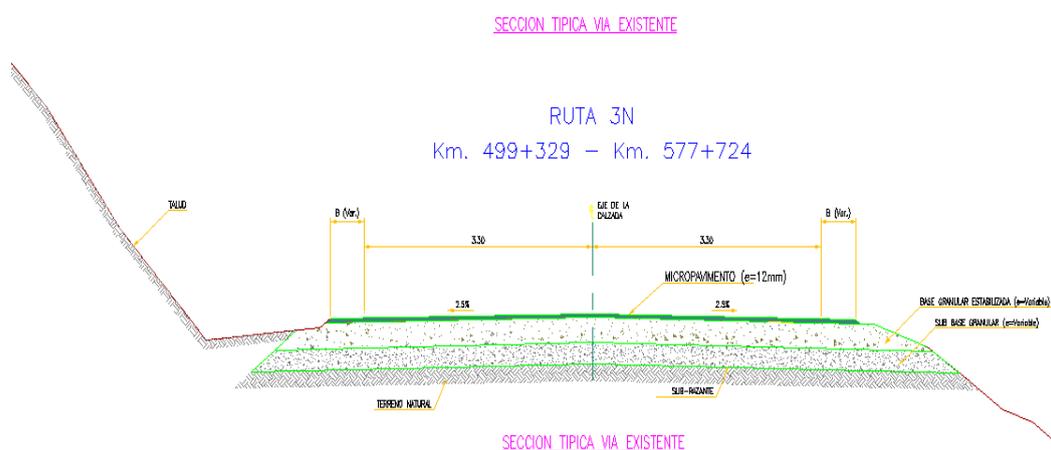
Fuente: Elaboración Propia

Se ha dividido la carretera en dos tramos como se menciona a continuación.

**Tramo I:** Desde el km. 577+724 en el puente Tacllan – provincia de Huaraz, hasta el km. 543+709 junto al puente de las afueras de Cátac.

**Tramo II:** Desde el km. 543+709 junto al puente de las afueras de Cátac, hasta el km. 499+329 ubicado en el centro poblado de Conococha.

Mostrando en la figura 5, las características principales de la red vial.



**Figura 5. Características de la red vial PE 3N, tramo I y II.**

Fuente. Consorcio Cosapi - Translei.

**Tabla 2. Características de la red vial PE 3N, tramo I y II.**

Tramo	Progresiva Inicial Referencial (km)	Progresiva Final Referencial (km)	Longitud Total (km)	Ruta	Altitud
Conococha - Cátac	499+329	543+709	44380	PE - 3N	4096.511
Cátac - Huaraz	543+709	577+724	34015	PE - 3N	3052.324

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Según su funcionalidad, la carretera pertenece a la Ruta Nacional (PE-3N), específicamente a la carretera longitudinal de la sierra, está clasificada como una carretera que pertenece a la red vial nacional. De acuerdo a la demanda la carretera

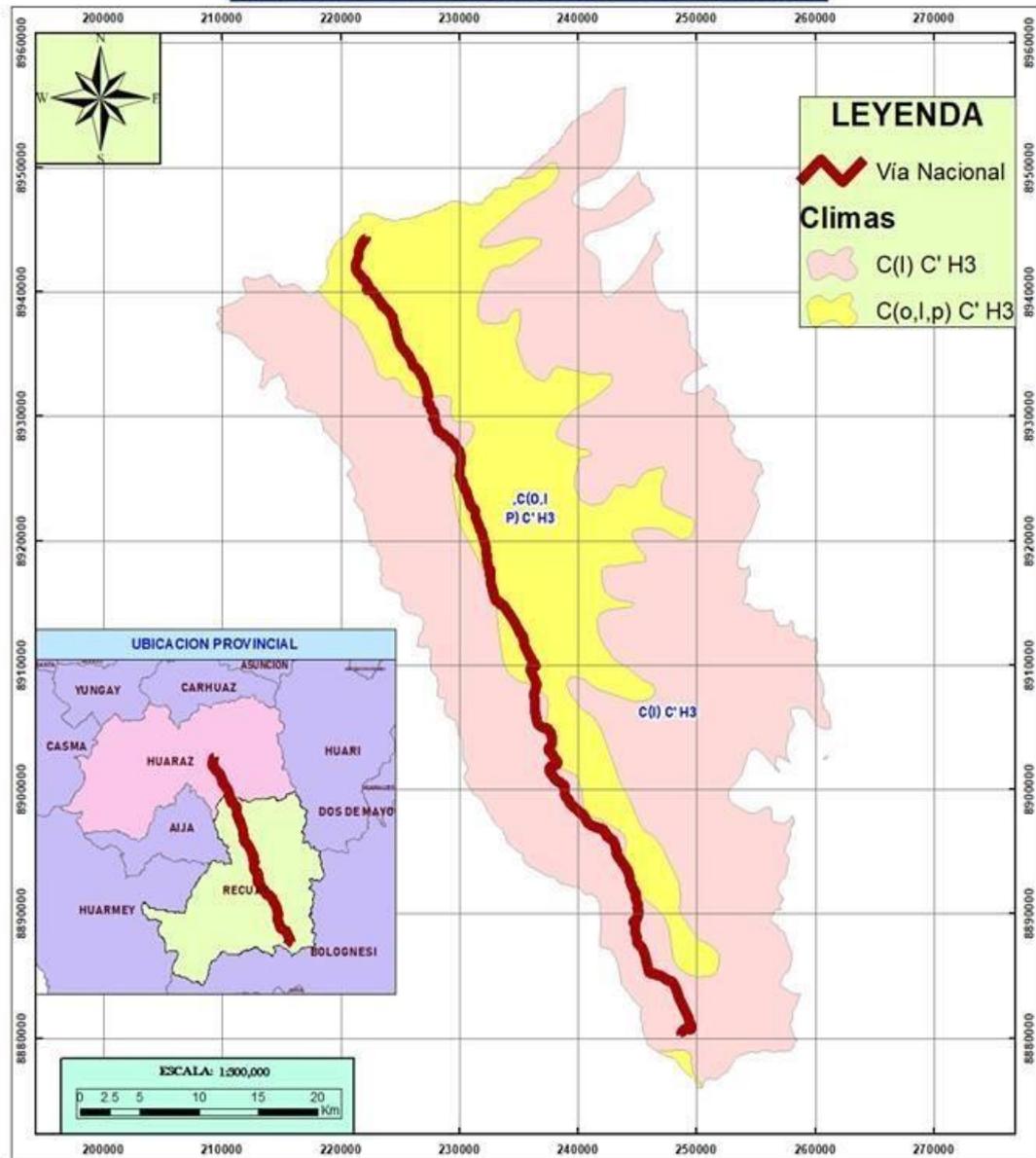
Conococha - Cátac, corresponde a una clasificación de segunda clase cuyo IMDA (2000 - 400 veh/día), en tanto que la carretera Cátac - Huaraz tiene un IMDA (4000 - 2001) veh/día, que pertenece a una clasificación de primera clase, en tanto que para la clasificación de orografía corresponde a tipo2 (ondulado). (Abad, 2016, pág. 171)

#### 4.3. CLIMA

El primer tramo presenta un clima templado - seco, con lluvias periódicas de diciembre a marzo, con variaciones sensibles de temperatura máxima entre el día 23°C y una temperatura mínima en la noche de 4°C de acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

El segundo tramo presenta un clima frío - seco con mayor oscilación que Huaraz entre el día y la noche, la temperatura media anual es de 11°C.; la temperatura mínima se registra entre los meses de mayo a junio fluctuando entre -1°C a -12°C. Esta zona se caracteriza por las abundantes precipitaciones estacionales que tienen lugar entre los meses de enero a abril, que llegan a alcanzar un promedio de 543 mm de acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

## MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNES DE MAYOLO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>	
<p>SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS BASADO EN EL MÉTODO ESTOCÁSTICO PROBABILÍSTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS DESTINADOS A LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA CONOCOCHA - HUARAZ - 2018</p>	
<p>ELABORADO POR: BACH. JUDITH JEIDY ATALAYA RIMAC</p>	<p>REVISADO POR: SENHAMI</p>
<p>INDICADA POR: ING. SAMUEL TAMARA RODRIGUEZ</p>	<p>PROYECTADO POR: WGS 84 - ZONA 18 SUR ING. ANDRÉS SOTIL CHAVEZ</p>

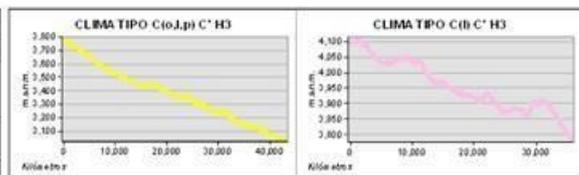


Figura 6. Clasificación Climática.

Fuente. Elaboración Propia.

## CAPÍTULO V.

### COSTOS

#### 5.1. DETERIOROS Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO EN ESTUDIO.

Para los dos tramos de pavimento en estudio, se establecieron las actividades de mantenimiento que se consideró como se muestra en la tabla 3, así como los deterioros característicos que se repararán, teniendo como antecedente el “Servicio de gestión y conservación vial de la carretera EMP 1N – Conococha – Huaraz – Caraz – Molinopampa y EMP 3N – Chiquián – Aquia – EMP 3N” – que fue el sexto relevamiento de información del consorcio COSAPI – TRANSLEI en el año 2015.

**Tabla 3. Deterioros y actividades de mantenimiento por cada rango del IRI**

	Rango	Deterioro	Severidad	Actividad de Mantenimiento
<b>A</b>	<b>Muy Bueno</b>	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura transversal	M	Sellado de fisuras y grietas
<b>B</b>	<b>Bueno</b>	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura transversal	M	Sellado de fisuras y grietas
<b>C</b>	<b>Regular</b>	Fisura transversal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura transversal	M	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura transversal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Piel de cocodrilo	M	Parchado superficial
<b>D</b>	<b>Deficiente</b>	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Hueco	L	Parchado profundo
		Fisura transversal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Piel de cocodrilo	L	Parchado superficial

<b>E</b>	<b>Muy Deficiente</b>	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Hueco	M	Parchado profundo
		Fisura transversal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Piel de cocodrilo	L	Parchado superficial
<b>F</b>	<b>Fallado</b>	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Hueco	M	Parchado profundo
		Fisura transversal	H	Sellado de fisuras y grietas
		Piel de cocodrilo	H	Parchado profundo

Fuente. Elaboración propia.

## 5.2. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO PARA REPARAR CADA TIPO DE DETERIORO PARA UN ÁREA DE 225M<sup>2</sup>.

El cálculo del presupuesto se ha realizado con la ayuda del software S10 para cada tipo de deterioro de las seis condiciones del rango del IRI , en la figura 7 se tiene el reporte del software S10 para un deterioro de la condición A – fisura longitudinal M, donde se necesita un presupuesto total de S/3147.34 para el mantenimiento de esta condición, del mismo modo en el anexo – A se muestra el reporte del presupuesto total de los deterioros de las 6 condiciones del rango IRI.

### 5.2.1 Condición A, fisura longitudinal M:

<b>Presupuesto</b>					
Presupuesto	1101001	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ			
Subpresupuesto	001	A-1 CONDICIÓN A, FISURA LONGITUDINAL M			
Cliente	TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY			Costo al	29/05/2019
Lugar	ANCASH - ANCASH - ANCASH				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>100.00</b>
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	<b>CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS</b>				<b>2,122.70</b>
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	10.00	94.82	948.20
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m <sup>2</sup>	225.00	5.22	1,174.50
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>2,222.70</b>
	<b>GASTOS GENERALES</b>				<b>222.27</b>
	<b>UTILIDADES (10%)</b>				<b>222.27</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>2,667.24</b>
	<b>IMPUESTO (18%)</b>				<b>480.10</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>3,147.34</b>
	SON : TRES MIL CIENTO CUARENTISIETE Y 34/100 NUEVOS SOLES				

**Figura 7. Presupuesto para reparar cada tipo de deterioro**

Fuente. Elaboración propia.

5.3. CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO PARA CADA RANGO DEL IRI.

**5.3.1 Rango A – Muy Bueno**

**5.3.1.1 Cálculo de PCI**

Se asume los deterioros de acuerdo al ítem 5.1 para obtener un PCI = 88, que es equivalente al rango A del IRI (0 -1).

**Tabla 4. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango A.**

RANGO A - MUY BUENO											
ÁREA (m <sup>2</sup> )	225										
PCI	88										
Falla	Severidad	Longitud (m)	Densidad (%)	Deducción	Ordenando	q	Iteración	Suma	DMC		
Fisura longitudinal	M	10	4.44	8	8	2	8 6	14	12		
Fisura transversal	M	5	2.22	6	6	1	8 2	10	10		
								<b>PCI</b>	<b>88</b>		

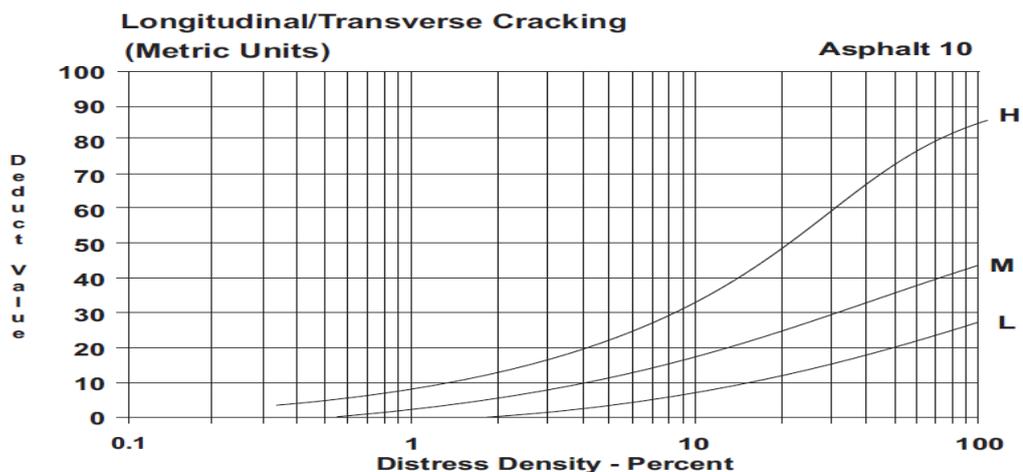
**5.3.1.2 Cálculo del costo para cada deterioro**

Cálculo de valor de deducción:  $100 - \text{Valor de deducción} = 88$

Valor de deducción = 12

Con este valor se calculó el porcentaje de deterioro típico en una unidad de muestra de pavimento de 225m<sup>2</sup>. Utilizando las gráficas del manual del PCI para cada tipo de deterioro se obtiene.

**Fisura Longitudinal - Severidad Media (M):**



**Figura 8. Curvas para pavimentos asfálticos - 1.**

Fuente. Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI)*. Manizales, Colombia.

<b>A-1 CONDICIÓN A, FISURA LONGITUDINAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de deterioro	4.40%
Área de deterioro en la muestra	9.9 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (M), en un área de 225m2.	3147.3 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>13.99 Soles</b>

### **Fisura Transversal - Severidad Media (M):**

Siguiendo el mismo procedimiento, haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura transversal (M).

<b>A-2 CONDICIÓN A, FISURA TRANSVERSAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	2.20%
Área de deterioro en la muestra	4.95 m2
Presupuesto para reparar una fisura transversal (M), en un área de 225m2.	2476 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (M).</b>	<b>11.00 Soles</b>

<b>Resumen - Rango A</b>	
<b>Deterioro</b>	<b>Costo</b>
Fisura Longitudinal - Severidad Media (M)	S/ 13.99
Fisura Transversal - Severidad Media (M)	S/ 11.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 24.99</b>

### **5.3.2 Rango B – Bueno**

#### **5.3.2.1 Cálculo de PCI**

Se asume los deterioros de acuerdo al ítem 5.1 para obtener un PCI = 74, que es equivalente al rango B del IRI (1 -1.9).

Tabla 5. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango B.

**RANGO B - BUENO**  
**ÁREA (m2) 225**  
**PCI 74**

Falla	Severidad	Longitud (m)	Densidad (%)	Deducción	Ordenando	q	Iteraci3n	Suma	DMC
Fisura longitudinal	M	4	1.78	12	18	4	18	12 9 4	43 22
Fisura longitudinal	H	8	3.56	18	12	3	18	12 9 2	41 24
Fisura transversal	M	4	1.78	4	9	2	18	12 2 2	34 26
Fisura transversal	H	3	1.33	9	4	1	18	2 2 2	24 25
<b>PCI</b>									<b>74</b>

### 5.3.2.2 Cálculo del costo para cada deterioro

Cálculo de valor de deducción:  $100 - \text{Valor de deducción} = 74$   
 Valor de deducción = 26

Con este valor se calculó el porcentaje de deterioro típico en una unidad de muestra de pavimento de 225m2. Utilizando las gráficas del manual del PCI para cada tipo de deterioro se obtiene.

#### **Fisura Longitudinal - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (M).

<b>B-1 CONDICIÓN B, FISURA LONGITUDINAL M</b>	
Descripción	Valor
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (M), en un área de 225m2.	2342 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

#### **Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H):**

Siguiendo el mismo procedimiento, haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (H).

<b>B-2 CONDICIÓN B, FISURA LONGITUDINAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	3.56%
Área de deterioro en la muestra	8.01 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (H), en un área de 225m2.	2879 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>12.79 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Media (M):**

Siguiendo el mismo procedimiento, haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura transversal (M).

<b>B-3 CONDICIÓN B, FISURA TRANSVERSAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m2
Presupuesto para reparar una fisura Transversal (M), en un área de 225m2.	2342 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Alta (H):**

Siguiendo el mismo procedimiento, haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura transversal (H).

<b>B-4 CONDICIÓN B, FISURA TRANSVERSAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.33%
Área de deterioro en la muestra	2.993 m2
Presupuesto para reparar una fisura transversal (H), en un área de 225m2.	2208 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (H).</b>	<b>9.81 Soles</b>

Resumen - Rango B		
Deterioro	Costo	
Fisura Longitudinal - Severidad Media (M)	S/	10.41
Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H)	S/	12.79
Fisura Transversal - Severidad Media (M)	S/	10.41
Fisura Transversal - Severidad Alta (H)	S/	9.81
<b>Costo Total</b>	<b>S/</b>	<b>43.42</b>

### 5.3.3 Rango C – Regular

#### 5.3.3.1 Cálculo de PCI

Se asume los deterioros de acuerdo al ítem 5.1 para obtener un PCI = 57, que es equivalente al rango C del IRI (1.9 - 3.6).

Tabla 6. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango C.

**RANGO C - REGULAR**  
**ÁREA (m2) 225**  
**PCI 57**

Falla	Severidad	Longitud (m)	Área (m2)	Densidad (%)	Deducción	Ordenando	q	Iteración				Suma	DMC	
Fisura longitudinal	M	4	-	1.78	12	35	5	35	18	12	9	4	78	40
Fisura longitudinal	H	8	-	3.56	18	18	4	35	18	12	9	2	76	42
Fisura trasversal	M	4	-	1.78	4	12	3	35	18	12	2	2	69	43
Fisura trasversal	H	3	-	1.33	9	9	2	35	18	2	2	2	59	43
Piel de cocodrilo	M	-	10	4.44	35	4	1	35	2	2	2	2	43	42
													<b>PCI</b>	<b>57</b>

#### 5.3.3.2 Cálculo del costo para cada deterioro

Cálculo de valor de deducción:  $100 - \text{Valor de deducción} = 57$   
 Valor de deducción = 43

Con este valor se calculó el porcentaje de deterioro típico en una unidad de muestra de pavimento de 225m<sup>2</sup>. Utilizando las gráficas del manual del PCI para cada tipo de deterioro se obtiene.

#### **Fisura Longitudinal - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (M).

<b>C-1 CONDICIÓN C, FISURA LONGITUDINAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (M), en un área de 225m2.	2341.76 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

**Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (H).

<b>C-2 CONDICIÓN C, FISURA LONGITUDINAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	3.56%
Área de deterioro en la muestra	8.01 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (H), en un área de 225m2.	2878.82 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (H).</b>	<b>12.79 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura transversal (M).

<b>C-3 CONDICIÓN C, FISURA TRANSVERSAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m2
Presupuesto para reparar una fisura transversal (M), en un área de 225m2.	2341.76 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Alta (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura transversal (H).

C-4 CONDICIÓN C, FISURA LONGITUDINAL H	
Descripción	Valor
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.33%
Área de deterioro en la muestra	2.9925 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura transversal (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2207.5 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (H).</b>	<b>9.81 Soles</b>

**Piel de cocodrilo - Severidad Media (M):**

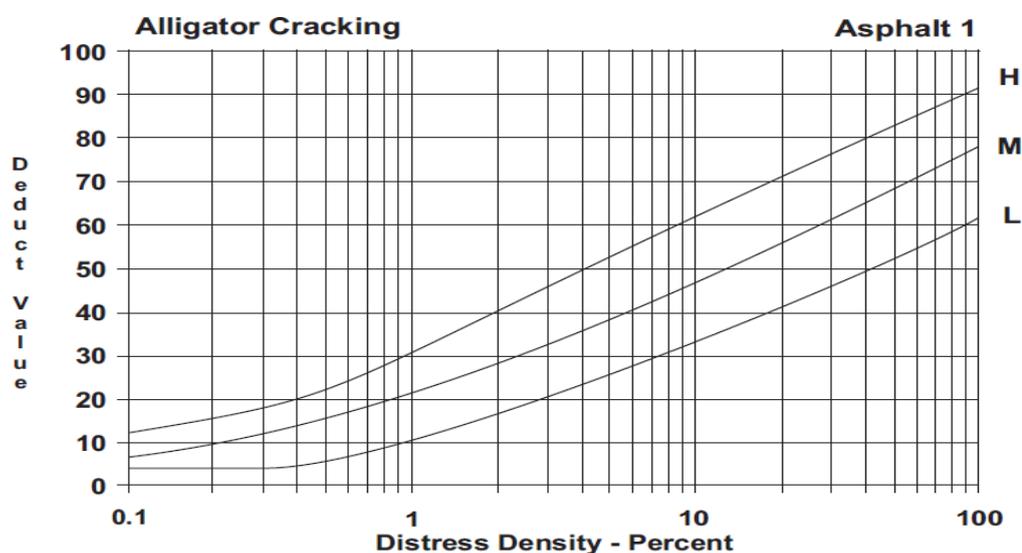


Figura 9. Curvas para pavimentos asfálticos -2.

Fuente. Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI)*. Manizales, Colombia.

C-5 CONDICIÓN C, PIEL DE COCODRILO M	
Descripción	Valor
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	4.44%
Área de deterioro en la muestra	9.99 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (M), en un área de 225m <sup>2</sup> .	3680.47 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (M).</b>	<b>16.36 Soles</b>

Resumen - Rango C		
Deterioro	Costo	
Fisura Longitudinal - Severidad Media (M)	S/	10.41
Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H)	S/	12.79
Fisura Transversal - Severidad Media (M)	S/	10.41
Fisura Transversal - Severidad Alta (H)	S/	9.81
Piel de cocodrilo - Severidad Media (M)	S/	16.36
<b>Costo Total</b>	<b>S/</b>	<b>59.78</b>

### 5.3.4 Rango D – Deficiente

#### 5.3.4.1 Cálculo de PCI

Se asume los deterioros de acuerdo al ítem 5.1 para obtener un PCI = 47, que es equivalente al rango D del IRI (3.6 - 5).

Tabla 7. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango D.

#### RANGO D - DEFICIENTE

ÁREA (m<sup>2</sup>)            225

PCI                      47

Falla	Severidad	Longitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Densidad (%)	Deducción	rdenando q	Iteración	Suma	DMC
isura longitudinal	M	4	-	1.78	12	29	5 29	28 18 12 9	96 50
isura longitudinal	H	8	-	3.56	18	28	4 29	28 18 12 2	89 51
ueco	L	-	4	1.78	29	18	3 29	28 18 2 2	79 53
isura trasversal	H	3	-	1.33	9	12	2 29	28 2 2 2	63 46
iel de cocodrilo	L	-	12	5.33	28	9	1 29	2 2 2 2	37 37
									<b>PCI 47</b>

#### 5.3.4.2 Cálculo del costo para cada deterioro

Cálculo de valor de deducción:      100 - Valor de deducción = 47

Valor de deducción = 53

Con este valor se calculó el porcentaje de deterioro típico en una unidad de muestra de pavimento de 225m<sup>2</sup>. Utilizando las gráficas del manual del PCI para cada tipo de deterioro se obtiene.

#### **Fisura Longitudinal - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (M).

<b>D-1 CONDICIÓN D, FISURA LONGITUDINAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (M), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2341.76 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

**Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (H).

<b>D-2 CONDICIÓN D, FISURA LONGITUDINAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	3.56%
Área de deterioro en la muestra	8.01 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2878.82 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (H).</b>	<b>12.79 Soles</b>

**Hueco - Severidad Bajo (L):**

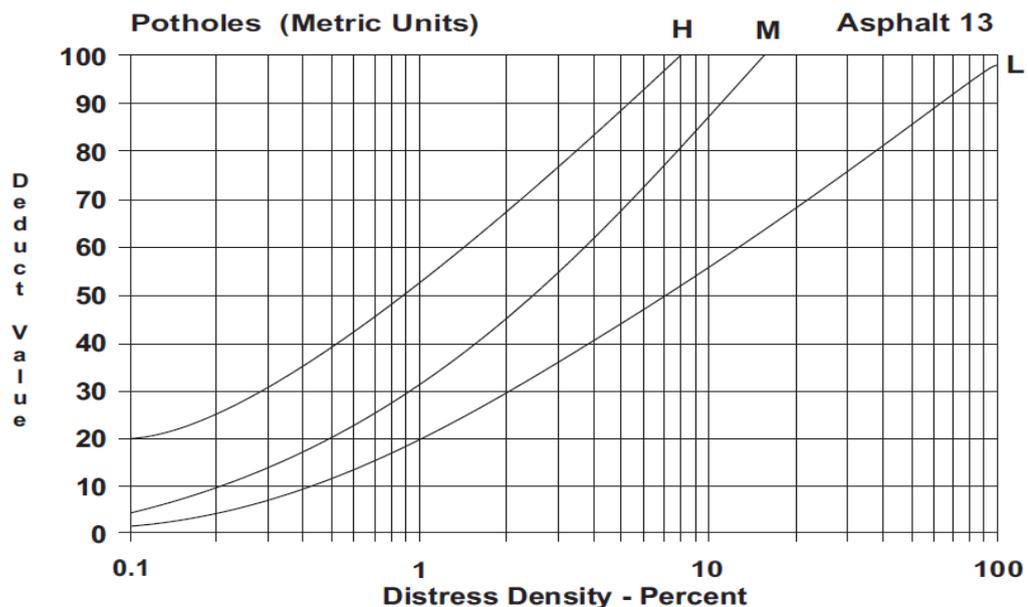


Figura 10. Curvas para pavimentos asfálticos - 3.

Fuente. Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI)*. Manizales, Colombia.

<b>D-3 CONDICIÓN D, HUECO L</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar un hueco (L), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2627.84 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un hueco (L).</b>	<b>11.68 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Alta (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura trasversal (H).

<b>D-4 CONDICIÓN D, FISURA TRANSVERSAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.33%
Área de deterioro en la muestra	2.9925 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura transversal (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2207.5 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (H).</b>	<b>9.81 Soles</b>

**Piel de cocodrilo - Severidad Bajo (L):**

Haciendo uso de la figura 9 - curvas para pavimentos asfálticos – Alligator Cracking se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar el deterioro – piel de cocodrilo (L).

<b>D-5 CONDICIÓN D, PIEL DE COCODRILO L</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	5.33%
Área de deterioro en la muestra	11.9925 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (L), en un área de 225m <sup>2</sup> .	4055.61 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (L).</b>	<b>18.02 Soles</b>

Resumen - Rango D	
Deterioro	Costo
Fisura Longitudinal - Severidad Media (M)	S/ 10.41
Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H)	S/ 12.79
Hueco - Severidad Bajo (L)	S/ 11.68
Fisura Transversal - Severidad Alta (H)	S/ 9.81
Piel de cocodrilo - Severidad Bajo (L)	S/ 18.02
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 62.72</b>

### 5.3.5 Rango E – Muy Deficiente

#### 5.3.5.1 Cálculo de PCI

Se asume los deterioros de acuerdo al ítem 5.1 para obtener un PCI = 36, que es equivalente al rango E del IRI (5 – 6.4).

Tabla 8. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango E.

#### RANGO E - MUY DEFICIENTE

ÁREA (m<sup>2</sup>) 225

PCI 36

Falla	Severidad	Longitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Densidad (%)	Deducción	Ordenando	q	Iteración	Suma	DMC
Fisura longitudinal	M	4	-	1.78	12	46	5 46	28 18 12 9	113	58
Fisura longitudinal	H	8	-	3.56	18	28	4 46	28 18 12 2	106	64
Hueco	M	-	6	2.67	46	18	3 46	28 18 2 2	96	60
Fisura trasversal	H	3	-	1.33	9	12	2 46	28 2 2 2	80	35
Piel de cocodrilo	L	-	12	5.33	28	9	1 46	2 2 2 2	54	56
									<b>PCI</b>	<b>36</b>

#### 5.2.5.2 Cálculo del costo para cada deterioro

Cálculo de valor de deducción: 100 - Valor de deducción = 36

Valor de deducción = 64

Con este valor se calculó el porcentaje de deterioro típico en una unidad de muestra de pavimento de 225m<sup>2</sup>. Utilizando las gráficas del manual del PCI para cada tipo de deterioro se obtiene.

#### **Fisura Longitudinal - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (M).

<b>E-1 CONDICIÓN E, FISURA LONGITUDINAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (M), en un área de 225m2.	2341.76 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

**Fisura Longitudinal - Severidad Alto (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (H).

<b>E-2 CONDICIÓN E, FISURA LONGITUDINAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	3.56%
Área de deterioro en la muestra	8.01 m2
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (H), en un área de 225m2.	2878.82 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (H).</b>	<b>12.79 Soles</b>

**Hueco - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 10 - curvas para pavimentos asfálticos – Potholes se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar el deterioro - Hueco (M).

<b>E-3 CONDICIÓN E, HUECO M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m2
Porcentaje de densidad de Deterioro	2.67%
Área de deterioro en la muestra	6.0075 m2
Presupuesto para reparar un hueco (M), en un área de 225m2.	3039.42 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un hueco (M).</b>	<b>13.51 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Alto (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura transversal (H).

<b>E-4 CONDICIÓN E, FISURA TRASVERSAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.33%
Área de deterioro en la muestra	2.9925 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura transversal (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2207.5 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (H).</b>	<b>9.81 Soles</b>

**Piel de cocodrilo - Severidad Baja (L):**

Haciendo uso de la figura 9 - curvas para pavimentos asfálticos – Alligator Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar un deterioro – piel de cocodrilo (L).

<b>E-5 CONDICIÓN E, PIEL DE COCODRILO L</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	5.33%
Área de deterioro en la muestra	11.9925 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (L), en un área de 225m <sup>2</sup> .	4055.61 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (L).</b>	<b>18.02 Soles</b>

<b>Resumen - Rango E</b>	
<b>Deterioro</b>	<b>Costo</b>
Fisura Longitudinal - Severidad Media (M)	S/ 10.41
Fisura Longitudinal - Severidad Alto (H)	S/ 12.79
Hueco - Severidad Media (M)	S/ 13.51
Fisura Transversal - Severidad Alto (H)	S/ 9.81
Piel de cocodrilo - Severidad Baja (L)	S/ 18.02
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 64.55</b>

### 5.3.6 Rango F – Fallado

#### 5.3.6.1 Cálculo de PCI

Se asume los deterioros de acuerdo al ítem 5.1 para obtener un PCI = 14, que es equivalente al rango F del IRI (Mayor que 6.4).

**Tabla 9. Procedimiento del cálculo del PCI – Rango F.**

RANGO F –  
FALLADO  
ÁREA (m<sup>2</sup>) 225  
PCI 14

Falla	Severidad	Longitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Densidad (%)	Deducción	Ordenando q	Iteración	Suma	DMC
Fisura longitudinal	M	4	-	1.78	12	68	5 68 58 18 15 12	171	84
Fisura longitudinal	H	8	-	3.56	18	58	4 68 58 18 15 2	161	82
Hueco	M	-	12	5.33	68	18	3 68 58 18 2 2	148	86
Fisura transversal	H	5	-	2.22	15	15	2 68 58 2 2 2	132	83
Piel de cocodrilo	H	-	15	6.67	58	12	1 68 2 2 2 2	76	74
								<b>PCI</b>	<b>14</b>

#### 5.2.6.2 Cálculo del costo para cada deterioro

Cálculo de valor de deducción: 100 - Valor de deducción = 14  
Valor de deducción = 86

Con este valor se calculó el porcentaje de deterioro típico en una unidad de muestra de pavimento de 225m<sup>2</sup>. Utilizando las gráficas del manual del PCI para cada tipo de deterioro se obtiene.

#### **Fisura Longitudinal - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (M).

<b>F-1 CONDICIÓN F, FISURA LONGITUDINAL M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	1.78%
Área de deterioro en la muestra	4.005 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (M), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2341.76 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (M).</b>	<b>10.41 Soles</b>

**Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar la fisura longitudinal (H).

<b>F-2 CONDICIÓN F, FISURA LONGITUDINAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	3.56%
Área de deterioro en la muestra	8.01 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura longitudinal (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2878.82 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura longitudinal (H).</b>	<b>12.79 Soles</b>

**Hueco - Severidad Media (M):**

Haciendo uso de la figura 9 - curvas para pavimentos asfálticos – Potholes, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar el deterioro - Hueco (M).

<b>F-3 CONDICIÓN F, FISURA HUECO M</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	5.33%
Área de deterioro en la muestra	11.9925 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar un Hueco (M), en un área de 225m <sup>2</sup> .	4274.15 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un hueco (M).</b>	<b>19.00 Soles</b>

**Fisura Transversal - Severidad Alta (H):**

Haciendo uso de la figura 8 - curvas para pavimentos asfálticos – Longitudinal/ Transverse Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar las fisuras transversales (H).

<b>F-4 CONDICIÓN F, FISURA TRANSVERSAL H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	2.22%
Área de deterioro en la muestra	4.995 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar una fisura transversal (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	2476.02 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar una fisura transversal (H).</b>	<b>11.00 Soles</b>

**Piel de cocodrilo - Severidad Alta (H):**

Siguiendo el mismo procedimiento, haciendo uso de las curvas para pavimentos asfálticos – Alligator Cracking, se obtiene el siguiente costo por metro cuadrado para reparar el deterioro – piel de cocodrilo (H).

<b>F-5 CONDICIÓN F, PIEL DE COCODRILO H</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Área de Unidad de muestra	225 m <sup>2</sup>
Porcentaje de densidad de Deterioro	6.67%
Área de deterioro en la muestra	15.0075 m <sup>2</sup>
Presupuesto para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (H), en un área de 225m <sup>2</sup> .	4891.51 Soles
<b>Costo por metro cuadrado para reparar un deterioro de piel de cocodrilo (H).</b>	<b>21.74 Soles</b>

<b>Resumen - Rango E</b>		
<b>Deterioro</b>	<b>Costo</b>	
Fisura Longitudinal - Severidad Media (M)	S/	10.41
Fisura Longitudinal - Severidad Alta (H)	S/	12.79
Hueco - Severidad Media (M)	S/	19.00
Fisura Transversal - Severidad Alta (H)	S/	11.00
Piel de cocodrilo - Severidad Alta (H)	S/	21.74
<b>Costo Total</b>	<b>S/</b>	<b>74.94</b>

**5.4 Resumen del costo unitario para cada rango del IRI**

<b>RESUMEN</b>			
	<b>RANGO</b>	<b>COSTO (m<sup>2</sup>)</b>	
<b>A</b>	<b>Muy bueno</b>	S/	24.99
<b>B</b>	<b>Bueno</b>	S/	43.42
<b>C</b>	<b>Regular</b>	S/	59.78
<b>D</b>	<b>Deficiente</b>	S/	62.72
<b>E</b>	<b>Muy Deficiente</b>	S/	64.55
<b>F</b>	<b>Fallado</b>	S/	74.94

## CAPÍTULO VI.

### MATRIZ DE DETERIORO

#### 6.1. MATRIZ DE DETERIORO

Los modelos de deterioro generalmente, corresponden a expresiones matemáticas que permiten predecir la posible evolución del estado del pavimento en el tiempo, con base en el conocimiento de las condiciones al momento de la puesta en servicio y al momento de la realización del análisis. (Pillpe, 2018, pág. 53)

#### 6.2. CLASES DE MODELOS DE DETERIORO

##### 6.2.1 Clasificación por la técnica usada

##### a) Modelos empíricos

Los modelos empíricos son desarrollados en base a datos reales de pavimentos existentes. En dichas bases de datos se han registrado gran cantidad de información referida a diversos aspectos, entre los que tenemos información general de los pavimentos, datos de diseño (materiales, diseño estructural, diseño de juntas, etc.) Características de drenaje y de las bermas, datos de tránsito, de condiciones climáticas y de deterioros a lo largo de su vida útil. Luego de determinar las variables más relevantes en la formación de cada deterioro, se realiza con ellas un análisis estadístico (análisis de regresión) que da origen al modelo que predice el comportamiento futuro del pavimento. (Tenorio, 2005, pág. 20)

##### b) Modelos mecanísticos

El desarrollo de modelos mecanicistas se basa en las características de las diversas capas y materiales que conforman los pavimentos, específicamente en las

propiedades físicas y mecánicas de la sub base, la base granular o estabilizada y el pavimento propiamente (de concreto asfalto). Los modelos mecanicistas representan físicamente el proceso de deterioro del pavimento. Sin embargo, debido a la complejidad del proceso de deterioro y a que se usan parámetros que son difíciles de cuantificar en el campo, esta aproximación es impracticable. (Tenorio, 2005, pág. 21)

#### 6.2.2 Clasificación por los valores de predicción

##### a) Modelos determinísticos

La condición futura se establece mediante un valor preciso, que se calcula relacionando de diversas maneras un indicador de deterioro con un conjunto de variables explicativas. En esta clase se agrupan los modelos puramente mecanicistas, de regresión y empírico mecanicistas antes descritos. (Tenorio, 2005, pág. 23)

##### b) Modelos probabilísticos

Predicen una distribución de la variable. En un modelo probabilístico la condición de un pavimento (en esta investigación teniendo el indicador IRI) es tratada como una variable aleatoria con una probabilidad asociada a sus valores. Una distribución de probabilidades describe la probabilidad asociada con todos los valores de la variable aleatoria. (Tenorio, 2005, pág. 23)

Se pueden utilizar dos tipos de funciones de probabilidad:

- Función continua

Expresa la probabilidad de que un índice de estado sea mayor que un valor dado en relación con la edad del pavimento. Este tipo de función se conoce como “Curva de Supervivencia”.

- Función discreta

Denominada también “Función Markoviana” porque se basa en el concepto de “Cadenas de Markov”, esta función divide el espacio de todas las condiciones posibles en una serie de estados.

#### 6.3. MODELO MARKOVIANO

Es un modelo probabilístico particular, este modelo se emplea una matriz de transición que expresa la probabilidad de que un grupo de pavimentos de similar

edad o nivel de tráfico cambie de un estado de deterioro o serviciabilidad a otro dentro de un periodo de tiempo específico. El proceso de Markov describe la probable condición de un pavimento “antes” y “después”. La condición “antes” se describe por la probabilidad de que el pavimento se encuentre en cada uno de un número finito de estados. La condición “después” se describe de una manera similar. Con apropiados datos, las matrices de transición de Markov pueden ser construidas para cualquier forma de deterioro, tales como: agrietamiento, serviciabilidad y en este caso el índice de rugosidad internacional (IRI). (Tenorio, 2005, pág. 24)

En el SGP planteado se utilizará el método estocástico probabilístico como ya mencionado el modelo Markoviano. También se puede decir que un proceso Markoviano se refiere a una secuencia de valores de un conjunto de variables aleatorias, el cual representa los estados de un sistema en el tiempo.

El modelo Markoviano es un tipo de método estocástico, el mismo que es usado para poder predecir la condición de deterioro de un pavimento en un periodo de tiempo determinado. Por otra parte, este modelo se establece bajo las siguientes propiedades. (Tenorio, 2005)

- Es discreto en el tiempo.
- Se define en un espacio finito de estados posibles.
- El cambio entre estados está determinado por un conjunto de probabilidades.
- La probabilidad de que el proceso pase del estado  $i$  al estado  $j$ , depende únicamente del estado actual y no de los estados anteriores. A esta característica se le conoce como propiedad de Markov.

**Supuestos para utilizar la cadena de Markov:**

- Los estados del proceso corresponden a los distintos niveles de deterioro del pavimento, en este caso los distintos niveles del índice de rugosidad.
- El nivel de deterioro se expresa a través de estados o bandas de condición, definidos en términos de un indicador como en este caso el índice de rugosidad, donde el nivel de deterioro se encuentra definido a través de su rango (A, B, C, D, E, F).
- Los estados del proceso ocurren en ciclos de servicio con una duración fija, en este caso se trabajó para el cambio de estado para un año.

- Se asume que el deterioro del pavimento cumple con la propiedad de Markov, es decir, que el estado futuro depende únicamente del estado actual. (Tenorio, 2005, pág. 24)

**Tabla 10. Rangos del Índice de Rugosidad Internacional.**

Rango del IRI		
<b>A</b>	Muy Bueno	0 - 1
<b>B</b>	Bueno	1 - 1.9
<b>C</b>	Regular	1.9 - 3.6
<b>D</b>	Deficiente	3.6 - 5
<b>E</b>	Muy Deficiente	5 - 6.4
<b>F</b>	Fallado	Mayor a 6.4

Fuente. Elaboración propia.

Los rangos para el Índice de Rugosidad Internacional de la tabla 10, han sido considerados de acuerdo a la siguiente equivalencia entre en PCI y el IRI, como se muestra a continuación.

PCI		EQUIVALENCIA	IRI	
DESCRIPCIÓN	RANGO		DESCRIPCIÓN	RANGO
Excelente	100 - 85	88	Muy Bueno	0 - 1
Muy Bueno	85 - 70	74	Bueno	1 - 1.9
Bueno	70 - 55	57	Regular	1.9 - 3.6
Regular	55 - 40	47	Deficiente	3.6 - 5
Malo	40 - 25	36	Muy Deficiente	5 - 6.4
Muy Malo	25 - 10	14	Fallado	Mayor a 6.4
Fallado	10 - 0			

Cuando se utilizan cadenas de Markov, el estado del pavimento en un ciclo de servicio  $t$  ( en un año), se representa a través de un vector de estado que tiene la forma:

$$\mathbf{a}_t = (a_{t,1}, a_{t,2}, a_{t,3} \dots, a_{t,n})$$

Donde:

- $\mathbf{a}_t$ : Vector de estado en el ciclo de servicio  $t$ .
- $a_{t,i}$ : Fracción de la red que se encuentra en el estado  $i$  durante el ciclo de servicio  $t$ .
- $\mathbf{a}_t \geq \mathbf{0} \forall i$
- $\sum_i a_{t,i} = 1$

En esta investigación se ha considerado 6 niveles de deterioro teniendo 6 estados como se aprecia en la tabla 10, donde el vector estado que se tendría será de la siguiente forma:

$$\mathbf{a}_0 = (a_{0,1}, a_{0,2}, a_{0,3}, a_{0,4}, a_{0,5}, a_{0,6})$$

Para obtener el vector estado que corresponde al ciclo de servicio  $t + 1$  dado el vector estado del ciclo  $t$ , se utiliza la entidad denominada matriz de probabilidades de transición (MPT). Esta matriz, agrupa todas las probabilidades  $p_{ij}$  de que la condición del pavimento pase del estado  $i$  al estado  $j$  entre dos ciclos de servicio consecutivos y en este caso está dado por:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & p_{1,3} & \dots & p_{1,n} \\ 0 & p_{2,2} & p_{2,3} & \dots & p_{2,n} \\ 0 & 0 & p_{3,3} & \dots & p_{3,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ p_{n,1} & p_{n,2} & p_{n,3} & \dots & p_{n,n} \end{bmatrix}$$

Donde:

**P**: Matriz de probabilidades de transición.

**P<sub>t</sub>**: Probabilidad de que la condición del pavimento cambie del estado  $i$  al estado  $j$  entre los ciclos de servicio  $t$  y  $t+1$ .

Se consideró para esta investigación la matriz de transición, para un deterioro de 10 años tomando como base el manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” que especifica que el periodo de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años. Al igual que el caso vector se debe verificar que:

$$P_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j$$

$$\sum_j P_{ij} = 1 \quad \forall i$$

Tomando en cuenta lo anterior, si  $\mathbf{a}_0$  es el vector de estado al inicio del periodo de análisis ( $t=0$ ), el vector de estado para  $t=1$  es:

$$\mathbf{a}_1 = [a_{0,1}, a_{0,2}, a_{0,3}, \dots, a_{0,n}] \begin{bmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & p_{1,3} & \dots & p_{1,n} \\ 0 & p_{2,2} & p_{2,3} & \dots & p_{2,n} \\ 0 & 0 & p_{3,3} & \dots & p_{3,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ p_{n,1} & p_{n,2} & p_{n,3} & \dots & p_{n,n} \end{bmatrix}$$

$$a_1 = [a_{1,1}, a_{1,2}, a_{1,3}, \dots, a_{1,n}]$$

O en notación matricial:

$$a_1 = a_0 P$$

En forma general:

$$a_t = a_{t-1} P$$

Todo proceso de Markov aplicado a modelar el deterioro de pavimentos, debe verificarse que:

$$p_{ij} = 0 \quad \forall i > j$$

$$p_{nm} = 1$$

La primera condición se debe a que un pavimento no se puede mejorar su condición si no es sometido a trabajos de conservación. Con  $p_{nm} = 1$ , se establece que existe un estado terminal en el que el pavimento ha alcanzado su peor condición y no puede ya sufrir deterioro alguno. Considerando estas restricciones, la forma usual de una MPT para modelar el deterioro de pavimento es:

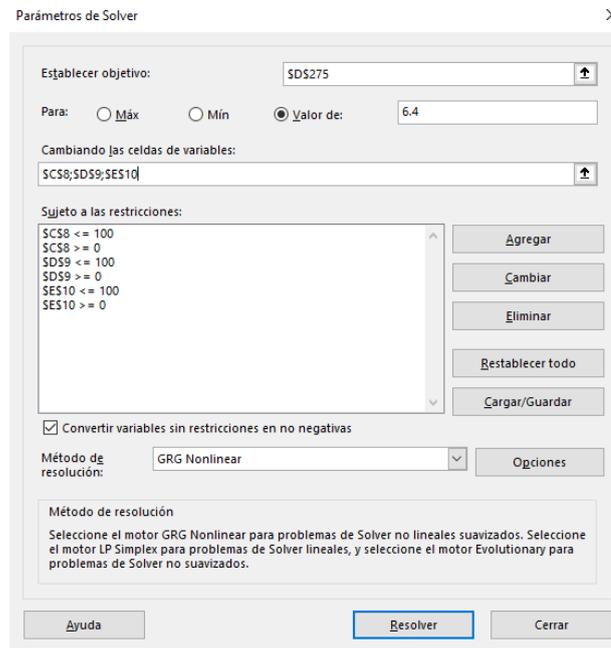
$$P = \begin{bmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & p_{1,3} & \dots & p_{1,n} \\ 0 & p_{2,2} & p_{2,3} & \dots & p_{2,n} \\ 0 & 0 & p_{3,3} & \dots & p_{3,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Adicionalmente, se supone que el pavimento no puede deteriorarse en más de un estado durante un ciclo de servicio, con lo que la MPT queda:

$$P = \begin{bmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_{2,2} & p_{2,3} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & p_{3,3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

La ausencia de información histórica confiable, da paso al cálculo de  $p_{ij}$  mediante la ayuda del programa MS Excel y la herramienta SOLVER, donde se optimiza la matriz de deterioro para un tiempo específico; como se muestra a continuación en la figura 11. En la herramienta SOLVER, establecemos los siguientes parámetros para la optimización de la matriz de transición: El objetivo es llegar a un IRI de 6.4 (fallado – no transitable) en un periodo de 10 años, cambiando las celdas que se encuentran

$p_i$  , sujeto a las siguientes restricciones  $p_{ij} \geq 0$  ,  $p_{ij} \leq 100$ , así cumpliendo y verificándose el proceso de Markov.



**Figura 11. Parámetros considerados en la herramienta Solver del MS Excel para la elaboración de la matriz de transición.**

Fuente. Elaboración propia.

Como se muestra en la matriz XX, en esta investigación el indicador IRI es dividido en diferentes niveles, los mismos que presentan un estado de la condición del pavimento. Consecuentemente, al estar basado en la determinación probabilística, el deterioro se modela bajo tres principales escenarios:

- Cuando no se realizan actividades de mantenimiento.
- Cuando se realizan actividades de mantenimiento.
- Cuando se realizan actividades de mantenimiento aplicando el SGP.

### 6.3.1 Matriz de probabilidad de transición cuando no se realizan actividades de mantenimiento

La matriz de transición sin mantenimiento especificada en la tabla 11, muestra que no ha mejorado la condición del pavimento ya que no se ha sometido a actividades de mantenimiento, esta matriz se relaciona con el tiempo de vida útil del pavimento, los factores climáticos y topografía; el cual afectan el pavimento teniendo un deterioro progresivo, en esta investigación a nivel de IRI.

Al aplicar esta matriz se crea una cadena de deterioro hasta alcanzar una condición final, en esta investigación al nivel del IRI.

**Tabla 11. Matriz de transición sin mantenimiento.**

	A	B	C	D	E	F
A	$X_{AA}$	$X_{AB}$				
B		$X_{BB}$	$X_{BC}$			
C			$X_{CC}$	$X_{CD}$		
D				$X_{DD}$	$X_{DE}$	
E					$X_{EE}$	$X_{EF}$
F						$X_{FF}$

Fuente. Elaboración propia.

### 6.3.2 Matriz de probabilidad de transición cuando se realizan actividades de mantenimiento

En la Tabla 12, se muestra la matriz de transición con mantenimiento, se observa que el pavimento a sido sometido a actividades de conservación ya que la condición del pavimento del estado C, D, E y F mejoran, en el caso del nivel E y F mejora un 100% pasando al nivel A (pavimento nuevo), pero en el caso del nivel C y D mejora la condición del pavimento repartiéndose en los niveles A, B y C. Esta matriz refleja que la condición del pavimento va a mejorar y mantener el nivel del IRI.

**Tabla 12. Matriz de transición con mantenimiento.**

	A	B	C	D	E	F
A	$X_{AA}$	$X_{AB}$				
B		$X_{BB}$	$X_{BC}$			
C		$X_{CB}$	$X_{CC}$			
D	$X_{DA}$	$X_{DB}$	$X_{DC}$			
E	$X_{EA}$					
F	$X_{FA}$					

Fuente. Elaboración propia.

### 6.3.3 Matriz de probabilidad de transición cuando se aplica el SGP

La aplicación de un SGP, se basa en una programación lineal matemática, que contribuirá en obtener la mejor condición funcional posible mediante la inversión de pocos recursos económicos. En este SGP se mejorará cierto porcentaje de los niveles de deterioro (IRI), por ende, se utilizarán las dos matrices de transición cuando no se realiza actividades de mantenimiento y cuando se realiza actividades de mantenimiento.

## CAPÍTULO VII.

### DESARROLLO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTO.

#### 7.1. TRAMO HUARAZ KM. 577+724 – CÁTAC KM. 543+709

##### 7.1.1 Resumen de recolección de datos

En la tabla 13, se presenta el resumen de los datos recolectados en campo, para el tramo Huaraz – Cátac, con un área trabajada de 224499.00 m<sup>2</sup> de pavimento flexible donde el 78.82% del pavimento se encuentra en el rango C con un IRI= 2.78, encontrándose el primer tramo en una condición “Regular” según el rango del IRI que ha sido descrito en el capítulo V.

**Tabla 13. Condición inicial de la carretera, tramo Huaraz km. 577+724 - Cátac km. 543+709**

TRAMO HUARAZ - CATAAC			
<b>Longitud total (m)</b>	34015.00	m	
<b>Pavimento Flexibl</b>			
<b>Calzada</b>	6.60	m	
<b>Área trabajada</b>	224499.00	m <sup>2</sup>	
Resumen			
Rango	Área (m <sup>2</sup> )	Año 2018	
		Pavimento (%)	IRI
<b>A</b> Muy Buena	0.00	0.00	0.00
<b>B</b> Buena	11224.95	5.00	1.71
<b>C</b> Regular	176958.04	78.82	2.78
<b>D</b> Deficiente	32684.41	14.56	4.01
<b>E</b> Muy deficiente	3631.60	1.62	5.46
<b>F</b> Fallado	0.00	0.00	0.00
<b>224499.00</b>		<b>100.00</b>	<b>2.33</b>

Teniendo como punto de partida la condición inicial del pavimento para el año 2018, se inicia el SGP, donde se presentará 3 escenarios para diferenciar la optimización de los recursos económicos destinados a la conservación o mantenimiento del pavimento. Estos escenarios son los siguientes:

Escenario N°1: Cuando no se realizan actividades de mantenimiento.

Escenario N°2: Cuando se realizan actividades de mantenimiento.

Escenario N°3: Cuando se realizan actividades de mantenimiento aplicando el SGP.

#### 7.1.2 Matriz de deterioro

Para elaborar la matriz de deterioro descrito en el capítulo VI, se tuvo en consideración las características climáticas y la topografía, donde el pavimento flexible se ha dividido en dos tramos que son homogéneos, el primero Huaraz km. 577+724 – Cátac km. 543+709 y el segundo en Cátac km. 543+709 – Conococha 499+329. El primer tramo presenta un clima templado - seco, con lluvias periódicas de diciembre a marzo, con variaciones sensibles de temperatura máxima entre el día 23°C y una temperatura mínima en la noche de 4°C de acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Teniendo en consideración estos factores se establecieron los porcentajes de pavimento que pasan de una condición a otra en lapso de un año, para ensamblar la matriz de transición.

Esta matriz es optimizada con una programación lineal matemática que realiza el programa MS Excel mediante la herramienta SOLVER, donde se optimiza la matriz de transición para un periodo de 10 años en base al manual “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, donde especifica que el periodo de diseño para pavimentos flexibles es, 10 años.

En esta investigación habrá dos tipos de matrices de transición donde se presenta y detalla a continuación:

- A)** Matriz de transición cuando se realiza mantenimiento.
- B)** Matriz de transición cuando no se realiza mantenimiento.

##### 7.1.2.1 Escenario N°1: Pavimento flexible sin mantenimiento

#### **Matriz de transición para el pavimento flexible sin mantenimiento**

Se muestra en la tabla 14 la matriz de transición para el pavimento flexible sin mantenimiento, con las distintas condiciones que tolera el pavimento para 10 años, como se mencionó en el capítulo VI, el pavimento solo puede mejorar su condición si se realizan trabajos de mantenimiento, en este caso la condición de pavimento empeora, como se muestra en la primera condición A solo queda un 48.62% pasando a la condición B un 51.38% del pavimento, de igual forma la condición B solo queda 49.01% pasando a la condición C un 50.99% de forma similar para las demás condiciones del pavimento, y así teniendo el pavimento un deterioro progresivo.

**Tabla 14. Matriz de transición sin mantenimiento - tramo Huaraz -Cátac.**

	A	B	C	D	E	F
A	48.62	51.38				
B		49.01	50.99			
C			50.34	49.66		
D				50.65	49.35	
E					94.05	5.95
F						100.00

Fuente. Elaboración propia.

### Cadena de Markov

En la tabla 15 se muestra la cadena de Markov donde se observa el deterioro progresivo del pavimento iniciando en el año 2019 con un IRI igual a 3.72 estando en el rango D “Deficiente” y para el décimo año teniendo un IRI de 6.4, donde el pavimento estaría en el rango F “Fallado” representando un estado no transitable donde se necesitaría reconstrucción del pavimento.

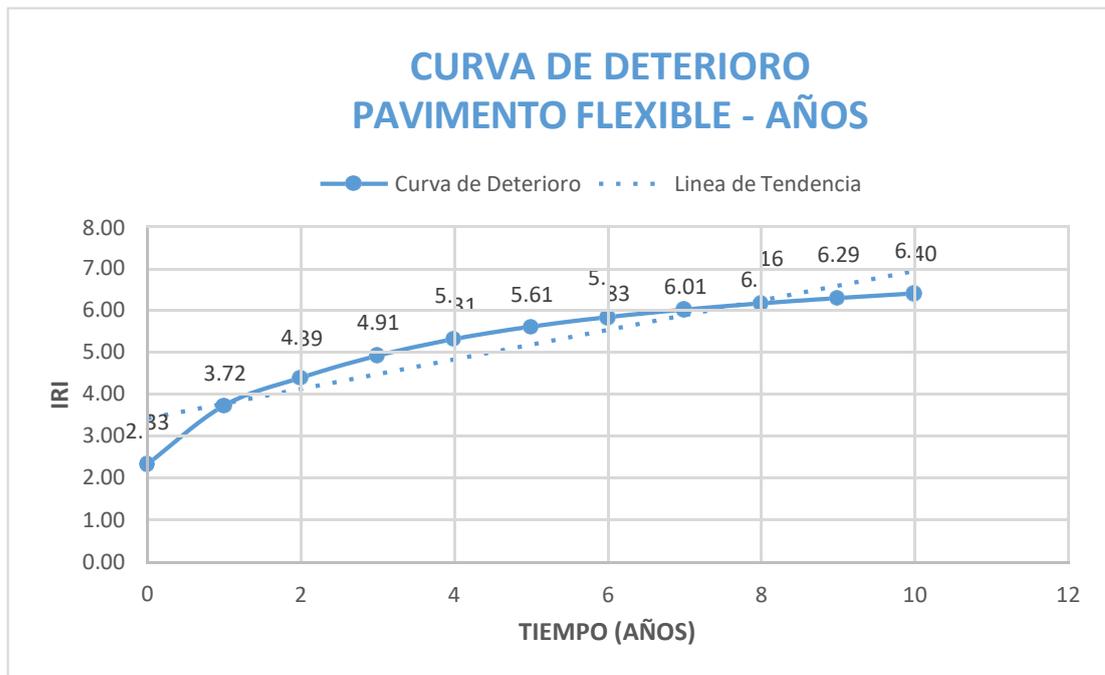
**Tabla 15. Cadena de Markov sin mantenimiento - tramo Huaraz -Cátac.**

Año 2019	A	B	C	D	E	F	Promedio del Rango IRI	IRI
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
B	0.00	2.45	2.55	0.00	0.00	0.00	1.50	0.04
C	0.00	0.00	39.68	39.14	0.00	0.00	2.80	1.18
D	0.00	0.00	0.00	7.37	7.18	0.00	4.30	2.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	0.10	5.70	0.50
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.01
SUMA	0.00	2.45	42.23	46.52	8.71	0.10	0.00	<b>3.72</b>
Año 2020	A	B	C	D	E	F	Nota	IRI
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
B	0.00	1.20	1.25	0.00	0.00	0.00	1.50	0.02
C	0.00	0.00	21.26	20.97	0.00	0.00	2.80	0.63
D	0.00	0.00	0.00	23.56	22.96	0.00	4.30	1.91
E	0.00	0.00	0.00	0.00	8.19	0.52	5.70	1.78
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	8.00	0.05
SUMA	0.00	1.20	22.51	44.53	31.14	0.61	1.00	<b>4.39</b>

<b>Año 2021</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.59	0.61	0.00	0.00	0.00	1.50	0.01
<b>C</b>	0.00	0.00	11.33	11.18	0.00	0.00	2.80	0.33
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	22.56	21.98	0.00	4.30	1.45
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	29.29	1.85	5.70	2.92
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	8.00	0.20
<b>SUMA</b>	0.00	0.59	11.94	33.73	51.27	2.47	2.00	<b>4.91</b>
<b>Año 2022</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.29	0.30	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	6.01	5.93	0.00	0.00	2.80	0.18
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	17.09	16.65	0.00	4.30	0.99
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	48.22	3.05	5.70	3.70
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47	8.00	0.44
<b>SUMA</b>	0.00	0.29	6.31	23.02	64.86	5.52	3.00	<b>5.31</b>
<b>Año 2023</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.14	0.15	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	3.18	3.13	0.00	0.00	2.80	0.09
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	11.66	11.36	0.00	4.30	0.64
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	61.00	3.86	5.70	4.12
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.52	8.00	0.75
<b>SUMA</b>	0.00	0.14	3.32	14.79	72.36	9.38	4.00	<b>5.61</b>
<b>Año 2024</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	1.67	1.65	0.00	0.00	2.80	0.05
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	7.49	7.30	0.00	4.30	0.39
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	68.05	4.31	5.70	4.30
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38	8.00	1.10
<b>SUMA</b>	0.00	0.07	1.75	9.14	75.35	13.69	5.00	<b>5.83</b>
<b>Año 2025</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.88	0.87	0.00	0.00	2.80	0.03
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	4.63	4.51	0.00	4.30	0.24
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	70.87	4.49	5.70	4.30
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.69	8.00	1.45
<b>SUMA</b>	0.00	0.03	0.91	5.50	75.38	18.17	6.00	<b>6.01</b>
<b>Año 2026</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.46	0.45	0.00	0.00	2.80	0.01
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	2.78	2.71	0.00	4.30	0.14
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	70.89	4.49	5.70	4.20
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.17	8.00	1.81
<b>SUMA</b>	0.00	0.02	0.48	3.24	73.61	22.66	7.00	<b>6.16</b>
<b>Año 2027</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.24	0.24	0.00	0.00	2.80	0.01
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	1.64	1.60	0.00	4.30	0.08
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	69.22	4.38	5.70	4.04
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.66	8.00	2.16
<b>SUMA</b>	0.00	0.01	0.25	1.88	70.82	27.04	8.00	<b>6.29</b>
<b>Año 2028</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>

<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.13	0.12	0.00	0.00	2.80	0.00
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.95	0.93	0.00	4.30	0.05
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	66.61	4.22	5.70	3.85
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.04	8.00	2.50
<b>SUMA</b>	0.00	0.00	0.13	1.07	67.53	31.26	9.00	<b>6.40</b>

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 12. Curva de deterioro del pavimento flexible sin mantenimiento, tramo Huaraz -Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

#### 7.1.2.2

Escenario N°2: Pavimento flexible con mantenimiento total del tramo

#### **Matriz de transición para el pavimento flexible con mantenimiento**

Se muestra en la tabla 16 la matriz de transición para el pavimento flexible con mantenimiento con las distintas condiciones que tolera el pavimento para 10 años, a comparación de la matriz que se mencionó anteriormente, esta matriz mejora su condición ya que se realizan actividades de mantenimiento, en este caso como se muestra la condición D mejora, pasando el 20% a la condición C, 60% a la condición B y un 20% a la condición A, mientras que la condición E y F mejoran al 100% pasando a la condición A, esta matriz de transición muestra que el deterioro del pavimento se va detener y la condición del pavimento mejora en transcurso que pasa el tiempo.

**Tabla 16. Matriz de transición con mantenimiento - tramo Huaraz -Cátac.**

	A	B	C	D	E	F
A	48.62	51.38				
B		49.01	50.99			
C		60.00	40.00			
D	20.00	60.00	20.00			
E	100.00					
F	100.00					

Fuente. Elaboración propia.

### Cadena de Markov

En la tabla 17 se muestra la cadena de Markov donde se observa el deterioro del pavimento se detiene, iniciando en el año 2019 con un IRI igual a 1.95 estando en el rango C “Regular” y para el décimo año teniendo un IRI de 2.1, donde el pavimento seguiría estando en el rango C “Regular” , observándose que el deterioro ha sido detenido, donde la condición C es considerado un estado apropiado para la transitabilidad de los vehículos.

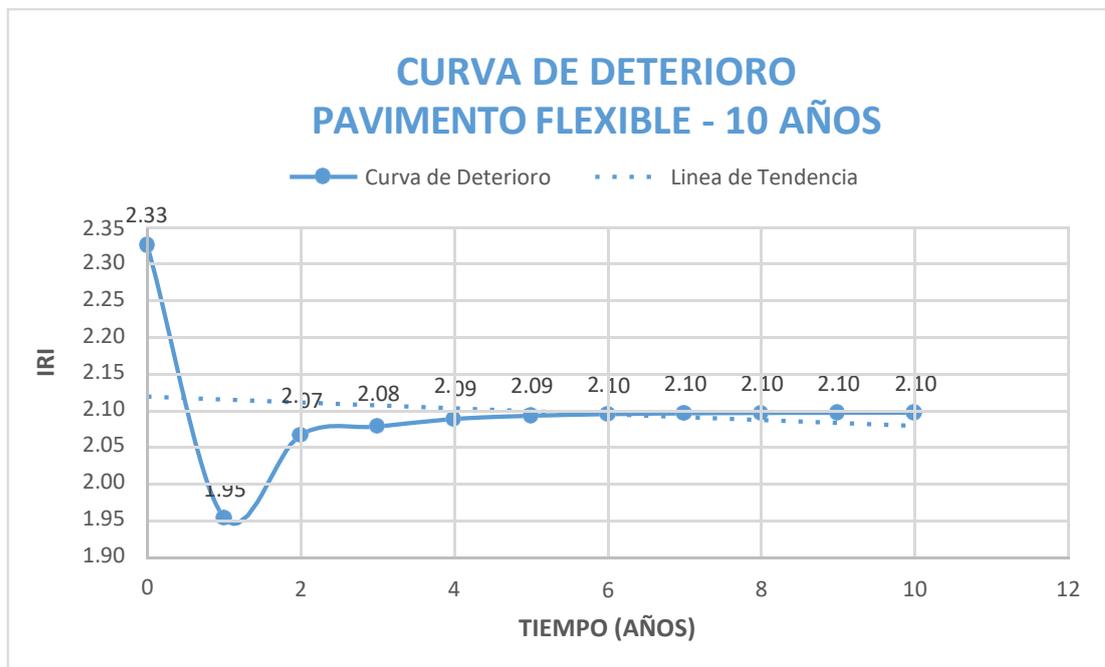
**Tabla 17. Cadena de Markov con mantenimiento total - tramo Huaraz -Cátac.**

Año 2019	A	B	C	D	E	F	Promedio del Rango IRI	IRI
B	0.00	2.45	2.55	0.00	0.00	0.00	1.50	0.88
C	0.00	47.29	31.53	0.00	0.00	0.00	2.80	1.04
D	2.91	8.74	2.91	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
E	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
SUMA	4.53	58.48	36.99	0.00	0.00	0.00	1.00	<b>1.95</b>
Año 2020	A	B	C	D	E	F	Nota	IRI
A	2.20	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.02
B	0.00	28.66	29.82	0.00	0.00	0.00	1.50	0.80
C	0.00	22.19	14.80	0.00	0.00	0.00	2.80	1.25
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
SUMA	2.20	53.18	44.61	0.00	0.00	0.00	2.00	<b>2.07</b>
Año 2021	A	B	C	D	E	F	Nota	IRI
A	1.07	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.01
B	0.00	26.07	27.12	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
C	0.00	26.77	17.85	0.00	0.00	0.00	2.80	1.26
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00

<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	1.07	53.97	44.96	0.00	0.00	0.00	3.00	<b>2.08</b>
<b>Año 2022</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.52	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.45	27.52	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	26.98	17.99	0.00	0.00	0.00	2.80	1.27
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.52	53.98	45.50	0.00	0.00	0.00	4.00	<b>2.09</b>
<b>Año 2023</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.25	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.46	27.52	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	27.30	18.20	0.00	0.00	0.00	2.80	1.28
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.25	54.02	45.72	0.00	0.00	0.00	5.00	<b>2.09</b>
<b>Año 2024</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.12	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.48	27.55	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	27.43	18.29	0.00	0.00	0.00	2.80	1.28
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.12	54.04	45.83	0.00	0.00	0.00	6.00	<b>2.10</b>
<b>Año 2025</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.49	27.55	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	27.50	18.33	0.00	0.00	0.00	2.80	1.28
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.06	54.05	45.89	0.00	0.00	0.00	7.00	<b>2.10</b>
<b>Año 2026</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.49	27.56	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	27.53	18.36	0.00	0.00	0.00	2.80	1.29
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.03	54.06	45.91	0.00	0.00	0.00	8.00	<b>2.10</b>
<b>Año 2027</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.49	27.56	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	27.55	18.37	0.00	0.00	0.00	2.80	1.29

<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.01	54.06	45.93	0.00	0.00	0.00	9.00	<b>2.10</b>
<b>Año 2028</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	26.50	27.56	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	27.56	18.37	0.00	0.00	0.00	2.80	1.29
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	0.01	54.06	45.93	0.00	0.00	0.00	10.00	<b>2.10</b>

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 13. Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento del tramo Huaraz -Cátac.**

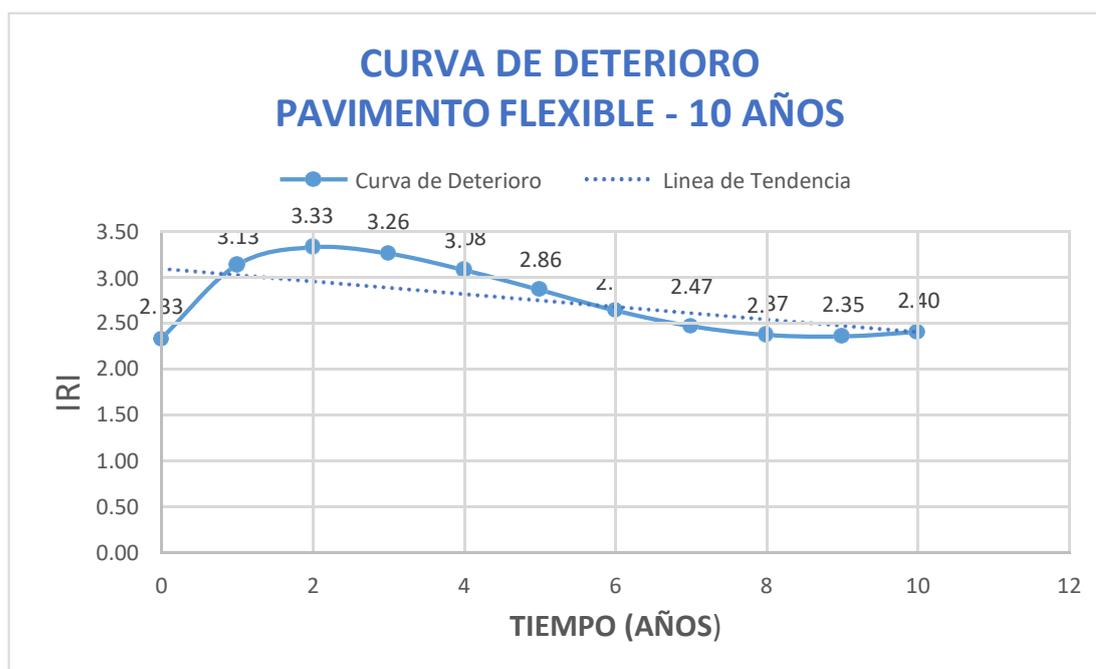
Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.2.3 Escenario N°3: Pavimento flexible aplicando el SGP

La aplicación de un SGP, consiste en obtener la mejor condición funcional posible mediante la inversión de pocos recursos económicos. En este SGP se mejorará cierto porcentaje de los niveles de deterioro (IRI), por ende, se utilizarán las dos matrices de transición descritas anteriormente, cuando se no se realiza actividades de mantenimiento y cuando se realiza actividades de mantenimiento, ya que un

porcentaje del pavimento no se realizarán ningún mantenimiento y habrá otro porcentaje que si se realizara mantenimiento al pavimento.

A continuación, en la figura 14 se muestra la curva de deterioro del pavimento flexible para 10 años donde se aprecia la curva a partir del sexto año comienza a decrecer, comenzando en este año a detenerse el deterioro.



**Figura 14. Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento aplicando el SGP, del tramo Huaraz -Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.3 Costo para realizar el mantenimiento

#### 7.1.3.1 Resumen del costo unitario para cada rango IRI

##### **Resumen del presupuesto que requiere cada actividad de mantenimiento**

El presupuesto de cada actividad de mantenimiento de acuerdo al tipo de deterioro se calculó mediante el software s10 que es una herramienta que permite presupuestar el costo de un proyecto a partir de los metrados, como se desarrolló en el capítulo V. En la tabla 18 se muestra un resumen del presupuesto por actividad de mantenimiento correspondiente para los dos tramos de la investigación.

**Tabla 18. Resumen del presupuesto por cada deterioro.**

<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR CADA DETERIORO</b>					
<b>Rango</b>	<b>Deterioro</b>	<b>Severidad</b>	<b>Actividad de mantenimiento</b>	<b>Presupuesto</b>	
<b>A</b>	Muy Bueno	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/3,147.34
		Fisura trasversal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,476.02
<b>B</b>	Bueno	Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,878.82
		Fisura trasversal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
<b>C</b>	Regular	Fisura trasversal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,207.50
		Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,878.82
		Fisura trasversal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
		Fisura trasversal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,207.50
<b>D</b>	Deficiente	Piel de cocodrilo	M	Parchado superficial	S/3,680.47
		Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,878.82
		Hueco	L	Parchado profundo	S/2,627.84
		Fisura trasversal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,207.50
<b>E</b>	Muy Deficiente	Piel de cocodrilo	L	Parchado superficial	S/4,055.61
		Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,878.82
		Hueco	M	Parchado profundo	S/3,039.42
		Fisura trasversal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,207.50
<b>F</b>	Fallado	Piel de cocodrilo	L	Parchado superficial	S/4,055.61
		Fisura longitudinal	M	Sellado de fisuras y grietas	S/2,341.76
		Fisura longitudinal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,878.82
		Hueco	M	Parchado profundo	S/4,274.15
		Fisura trasversal	H	Sellado de fisuras y grietas	S/2,476.02
		Piel de cocodrilo	H	Parchado profundo	S/4,891.51

Fuente. Elaboración propia.

### **Costo unitario por metro cuadrado para el mantenimiento de cada rango del IRI**

En la Tabla 19 se muestra el costo unitario por metro cuadrado de cada rango del IRI, que se ha desarrollado en el capítulo v, donde se ha tomado una unidad de muestra de 225 m<sup>2</sup>, obteniendo de las tablas del PCI un porcentaje de densidad de deterioro, se multiplica estos valores donde se tiene el área de deterioro en la muestra; y teniendo el presupuesto, este es dividido entre el área de la unidad de muestra obteniendo el costo por metro cuadrado para reparar un tipo de deterioro. Finalmente se suma los costos por metro cuadrado de los deterioros que presenta cada rango del pavimento.

**Tabla 19. Resumen del costo unitario por metro cuadrado para el mantenimiento para cada rango del IRI.**

RESUMEN		
	RANGO	COSTO (m2)
A	Muy bueno	S/24.99
B	Bueno	S/43.42
C	Regular	S/59.78
D	Deficiente	S/62.72
E	Muy Deficiente	S/64.55
F	Fallado	S/74.94

Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.3.2 Costo para realizar el mantenimiento del pavimento flexible

#### 7.1.3.2.1 Escenario N°1: Pavimento flexible sin mantenimiento

En la tabla 20 se muestra que cuando no se realizan actividades de mantenimiento el deterioro del pavimento será progresivo, como se evidencia a través del indicador IRI, teniendo en el quinto año (2023) un IRI de 5.61, mientras que para el décimo año (2028) llega a tener un IRI de 6.40 (pavimento completamente deteriorado) al llegar a esta condición dicho pavimento ya no necesitaría mantenimiento por el contrario necesitaría una reconstrucción total, ya que la vía se encontraría colapsada; paralelamente se observa que si no se realiza ningún tipo de trabajos de mantenimiento el monto que se necesita se incrementa, teniendo para el quinto año S/14,443,834.73 como monto necesario para recuperar el pavimento y si continua la vía sin ningún mantenimiento al décimo año se incrementa a S/15,111,179.15, para reconstruir el pavimento.

**Tabla 20. Resumen del IRI y el costo necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz -Cátac.**

RESUMEN PAVIMENTO SIN MANTENIMIENTO, TRAMO HUARAZ - CÁTAC			
	AÑO	IRI	COSTO PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO
0	2018	2.33	-
1	2019	3.72	-
2	2020	4.39	-
3	2021	4.91	-
4	2022	5.31	-
5	2023	5.61	S/14,443,834.73
6	2024	5.83	-

7	2025	6.01	-
8	2026	6.16	-
9	2027	6.29	-
10	2028	6.40	S/15,111,179.15

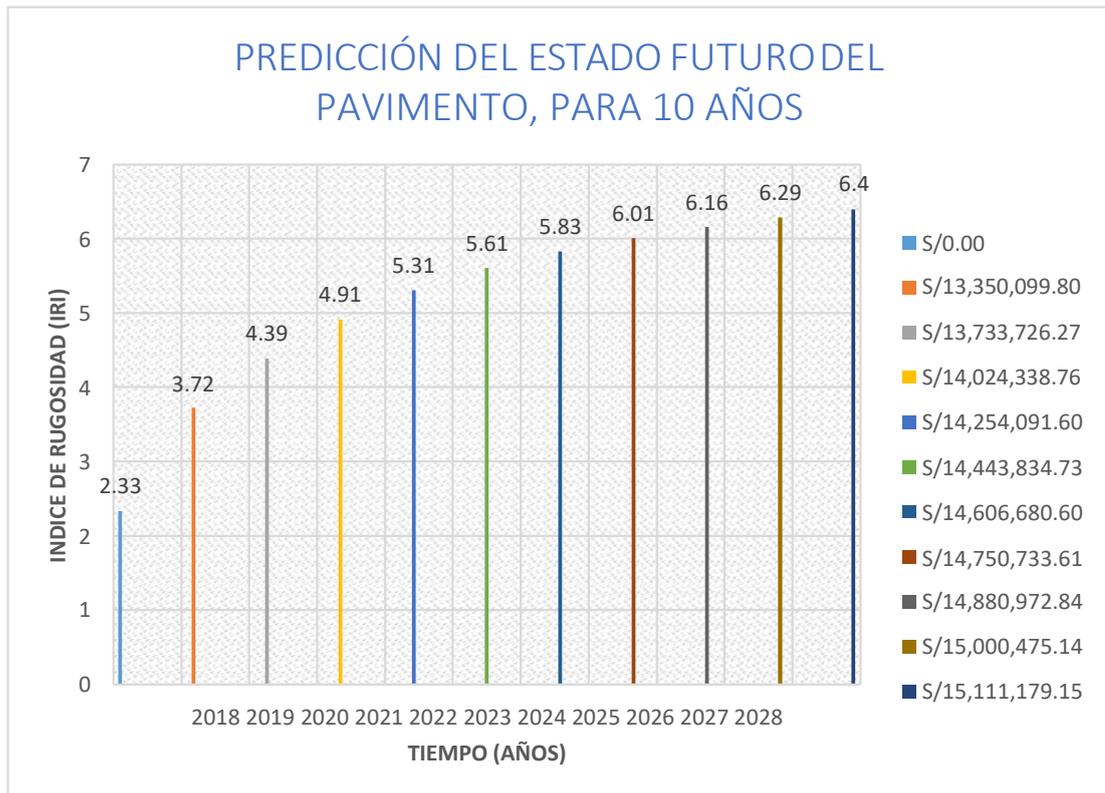
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 15. Costo que se requiere, cuando no se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Huaraz – Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

En la figura 16 se muestra la predicción del estado futuro del pavimento cuando no se realizan trabajos de mantenimiento para un periodo de 10 años; se observa que la curva de deterioro (IRI) es creciente es decir se evidencia un deterioro progresivo, paralelamente se observa el costo que se requiere por año para la reconstrucción del pavimento flexible.



**Figura 16. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando no se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.**

Fuente. Elaboración propia.

#### **7.1.3.2.2 Escenario N°2: Pavimento flexible con mantenimiento total del tramo**

Este escenario se caracteriza, por realizar trabajos de mantenimiento utilizando todos los recursos disponibles arreglando todo el pavimento, como hacen las empresas concesionarias, en este caso se realizará el mantenimiento a todo el tramo Huaraz – Cátac.

Observando en la tabla 21 que el pavimento mantiene un IRI constante en la condición C – Regular, evidenciándose a través del indicador IRI, teniendo en el quinto año (2023) un IRI de 2.09 (pavimento en un “Regular “estado), mientras que para el décimo año (2028) llega a tener un IRI de 2.10 (pavimento en un “Regular “estado), que esta es una condición aceptable para la transitabilidad y confort de los usuarios; paralelamente observamos que, para el quinto año, el monto que se necesita para mantener este pavimento será de S/10,889,846.48 y como se han realizado trabajos de mantenimiento, al décimo año el costo se incrementa moderadamente a S/10,924,820.28.

Tabla 21. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz – Cátac.

RESUMEN PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO TOTAL, TRAMO HUARAZ – CÁTAC			
AÑO		IRI	COSTO TOTAL PARA EL MANTENIMIENTO
0	2018	2.33	S/0.00
1	2019	1.95	S/12,755,497.38
2	2020	2.07	S/10,432,752.72
3	2021	2.08	S/10,792,231.11
4	2022	2.09	S/10,849,206.07
5	2023	2.09	S/10,889,846.48
6	2024	2.10	S/10,908,181.93
7	2025	2.10	S/10,917,252.00
8	2026	2.10	S/10,921,644.28
9	2027	2.10	S/10,923,781.48
10	2028	2.10	S/10,924,820.28

Fuente. Elaboración propia.

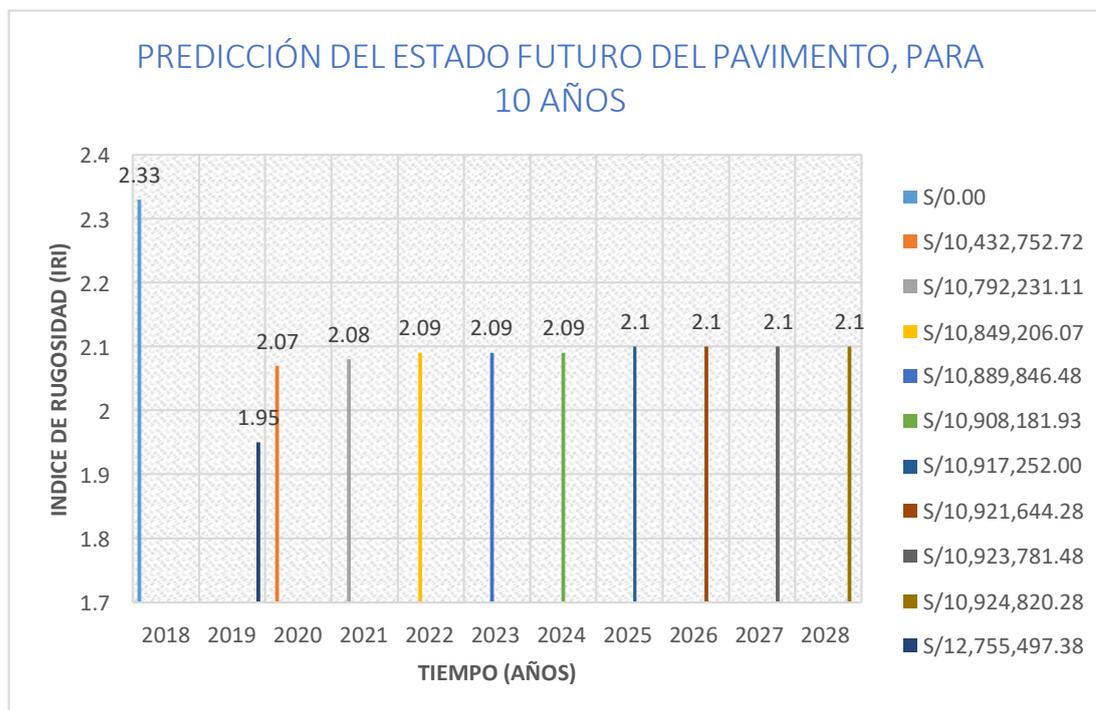


Figura 17. Costo que se requiere, cuando se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Huaraz – Cátac.

Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente figura 18 se muestra la predicción del estado futuro del pavimento cuando se realizan trabajos de mantenimiento en todo el tramo de la vía, como se observa la curva de deterioro (IRI) se mantiene casi horizontal llegando en el décimo año (2028) con un IRI de 2.10 (pavimento en un “Regular “estado) que es una

condición aceptable para la transitabilidad y confort de los usuarios; donde paralelamente se observa los montos por año que se requiere para el mantenimiento del pavimento.



**Figura 18. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.**

Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.3.2.3 Escenario N°3: Pavimento flexible aplicando el SGP

Este último escenario se caracteriza por realizar trabajos de mantenimiento utilizando el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía (monto del escenario n°2).

Los resultados del SGP se muestran en la tabla 22 evidenciándose que el deterioro es detenido por motivos que se realizan trabajos de mantenimiento donde se evidencia a través del indicador IRI teniendo en el quinto año (2023) un IRI de 2.86 (pavimento en un “Regular “estado), en el décimo año (2028) disminuye a tener un IRI de 2.40 (pavimento en un “Regular “estado) manteniéndose en un estado “Regular “como se mencionó anteriormente, es una condición aceptable para la transitabilidad y confort de los usuarios; paralelamente se observa que, para el quinto año, el monto que se utiliza para mantener este pavimento será de S/2,177,969.30 (que es el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía en el quinto año–

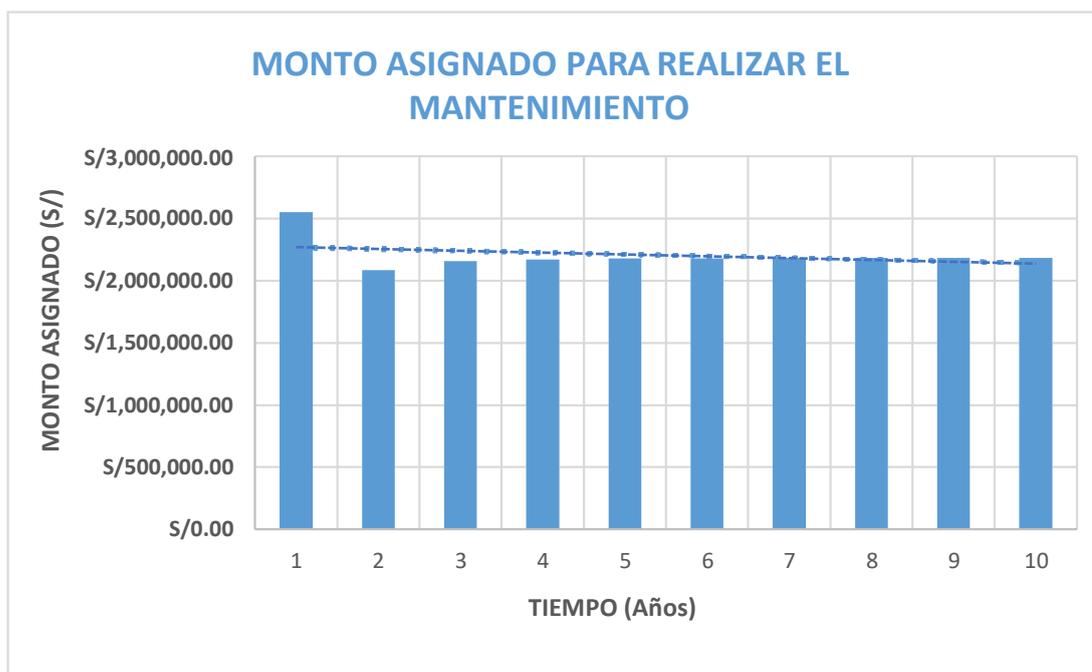
escenario N°2 ) y como se han realizado trabajos de mantenimiento, al décimo año el monto se incrementa moderadamente a S/2,184,964.06 (que es el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía en el décimo año– escenario N°2 ).

Por ende, concluyendo que cuando se aplica el SGP es productivo ya que tanto el deterioro se detiene como el monto para realizar el mantenimiento es mucho menor comparado con el escenario n°1.

**Tabla 22. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz – Cátac.**

<b>RESUMEN</b>			
<b>MANTENIMEINTO DEL PAVIMENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC</b>			
	<b>AÑO</b>	<b>IRI</b>	<b>MONTO ASIGNADO (20% del Escenario N°2 )</b>
N	2018	2.33	S/0.00
1	2019	3.13	S/2,551,102.03
2	2020	3.33	S/2,086,548.41
3	2021	3.26	S/2,158,448.23
4	2022	3.08	S/2,169,843.23
5	2023	2.86	S/2,177,969.30
6	2024	2.64	S/2,181,636.39
7	2025	2.47	S/2,183,450.38
8	2026	2.37	S/2,184,326.22
9	2027	2.35	S/2,184,753.89
10	2028	2.40	S/2,184,964.06

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 19. Monto asignado para realizar trabajos de mantenimiento aplicando el SGP - tramo Huaraz – Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

Este SGP consiste en invertir menos presupuesto asociados al mantenimiento de la red vial y obtener el mayor porcentaje de pavimentos en condiciones aceptables; que mediante la MS Excel – Solver se optimiza los recursos económicos la cual busca la solución más óptima en la asignación de estos recursos a cada condición del pavimento, utilizando esta herramienta se obtuvo los porcentajes de pavimentos que serán reparados, y los que no se podrán reparar, y así dándole una asignación de recursos económicos óptimos para cada año como se muestra en las tablas del 23 al 32.

**Tabla 23. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2019, tramo Huaraz - Cátac**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ – CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2018 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
<b>A</b>	90.00%	10.00%	0.00	0.00%	0.00%
<b>B</b>	100.00%	0.00%	5.00	5.00%	0.00%
<b>C</b>	97.01%	2.99%	78.82	76.47%	2.35%
<b>D</b>	2.39%	97.61%	14.56	0.35%	14.21%
<b>E</b>	0.00%	100.00%	1.62	0.00%	1.62%
<b>F</b>	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>81.82%</b>	<b>18.18%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 24. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2020, tramo Huaraz - Cátac**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2019 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	4.46	4.46%	0.00%
B	100.00%	0.00%	12.39	12.39%	0.00%
C	100.00%	0.00%	44.83	44.83%	0.00%
D	61.62%	38.38%	38.15	23.51%	14.64%
E	0.00%	100.00%	0.17	0.00%	0.17%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>85.19%</b>	<b>14.81%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 25. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2021, tramo Huaraz - Cátac**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2020 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	5.27	5.27%	0.00%
B	100.00%	0.00%	17.15	17.15%	0.00%
C	100.00%	0.00%	31.81	31.81%	0.00%
D	90.08%	9.92%	34.17	30.78%	3.39%
E	0.00%	100.00%	11.60	0.00%	11.60%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>85.01%</b>	<b>14.99%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 26. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2022, tramo Huaraz - Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2021 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	14.84	14.84%	0.00%
B	100.00%	0.00%	13.15	13.15%	0.00%
C	100.00%	0.00%	25.43	25.43%	0.00%
D	100.00%	0.00%	31.39	31.39%	0.00%
E	1.42%	98.58%	15.19	0.22%	14.97%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>85.03%</b>	<b>14.97%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 27. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2023, tramo Huaraz – Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2022 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	22.19	22.19%	0.00%
B	100.00%	0.00%	14.07	14.07%	0.00%
C	100.00%	0.00%	19.51	19.51%	0.00%
D	100.00%	0.00%	28.53	28.53%	0.00%
E	4.32%	95.68%	15.69	0.68%	15.02%
F	0.00%	100.00%	0.01	0.00%	0.01%
			<b>100.00</b>	<b>84.97%</b>	<b>15.03%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 28. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2024, tramo Huaraz - Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2023 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	25.82	25.82%	0.00%
B	100.00%	0.00%	18.30	18.30%	0.00%
C	100.00%	0.00%	16.99	16.99%	0.00%
D	98.76%	1.24%	24.14	23.84%	0.30%
E	0.00%	100.00%	14.72	0.00%	14.72%
F	0.00%	100.00%	0.04	0.00%	0.04%
			<b>100.00</b>	<b>84.94%</b>	<b>15.06%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 29. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2025, tramo Huaraz - Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2024 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	27.37	27.37%	0.00%
B	100.00%	0.00%	22.41	22.41%	0.00%
C	100.00%	0.00%	17.94	17.94%	0.00%
D	83.42%	16.58%	20.51	17.11%	3.40%
E	0.00%	100.00%	11.76	0.00%	11.76%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.84%</b>	<b>15.16%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 30. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2026, tramo Huaraz - Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2025 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	25.75	25.75%	0.00%
B	100.00%	0.00%	27.09	27.09%	0.00%
C	100.00%	0.00%	21.14	21.14%	0.00%
D	61.18%	38.82%	17.58	10.75%	6.82%
E	0.00%	100.00%	8.44	0.00%	8.44%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.73%</b>	<b>15.27%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 31. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2027, tramo Huaraz - Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2026 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	22.33	22.33%	0.00%
B	100.00%	0.00%	30.60	30.60%	0.00%
C	100.00%	0.00%	25.82	25.82%	0.00%
D	36.95%	63.05%	15.95	5.89%	10.05%
E	0.00%	100.00%	5.31	0.00%	5.31%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.64%</b>	<b>15.36%</b>

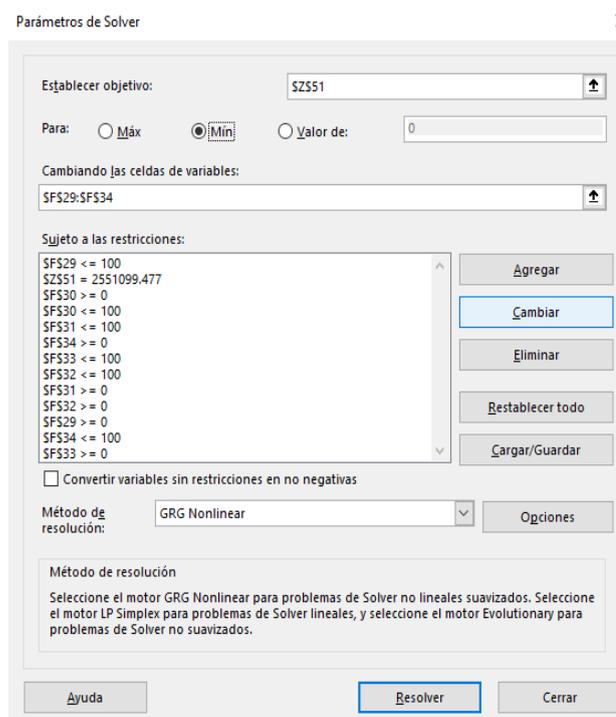
Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 32. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2028, tramo Huaraz - Cátac.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2027 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	18.17	18.17%	0.00%
B	100.00%	0.00%	32.50	32.50%	0.00%
C	100.00%	0.00%	30.61	30.61%	0.00%
D	20.75%	79.25%	15.81	3.28%	12.53%
E	0.00%	100.00%	2.91	0.00%	2.91%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.57%</b>	<b>15.43%</b>

Fuente. Elaboración propia.

En la herramienta SOLVER, se establecen los siguientes parámetros para la optimización de los recursos económicos como se muestra en la figura 20: Se establece como objetivo minimizar el IRI, cambiando las celdas de la cantidad de pavimento a reparar de cada condición del IRI, sujeto a las siguientes restricciones, que sea mayor o igual a cero, menor o igual a 100 y además asignándole el 20% del monto que se necesita para un mantenimiento total del pavimento.



**Figura 20. Parámetros considerados en la herramienta Solver del MS Excel para la optimización de los recursos económicos, tramo Huaraz - Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

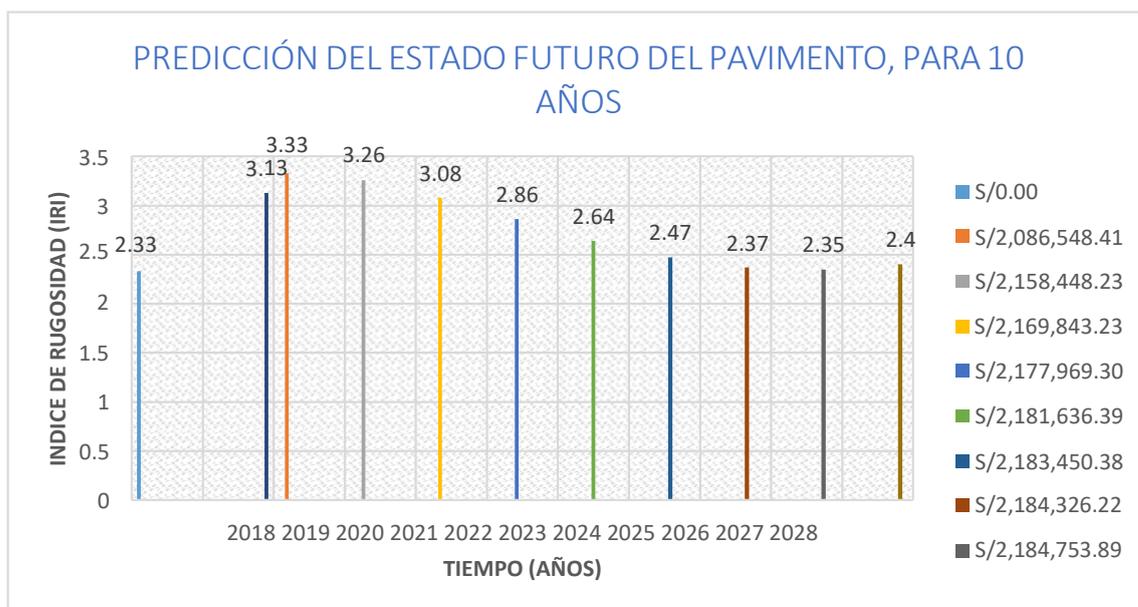
Al haber optimizado anualmente los porcentajes de pavimentos que se podrán reparar y los que no se podrán reparar, se evidencia que el presupuesto es reducido, donde se observa que el monto es menor (es el 20% del monto total que se requiere para un mantenimiento total de la vía) resaltando que se ha dejado un porcentaje de pavimentos flexibles deteriorándose año tras año. Sin embargo, se pudo mantener un IRI constante en una condición C “Regular” , mostrándose en la tabla 33.

**Tabla 33. Costo anual presupuestado para el mantenimiento aplicando el SGP.**

		<b>MONTO ASIGNADO PARA APLICAR EL SGP</b>				
<b>RANGO</b>	<b>AÑO</b>					
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	
<b>A</b>	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>B</b>	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>C</b>	S/.315,867.11	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>D</b>	S/.2,000,832.19	S/.2,061,629.90	S/.477,206.12	S/.0.00	S/.0.00	
<b>E</b>	S/.234,402.73	S/.24,918.52	S/.1,681,242.11	S/.2,169,843.23	S/.2,175,805.84	
<b>F</b>	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.2,163.46	
<b>TOTAL</b>	<b>S/.2,551,102.03</b>	<b>S/.2,086,548.41</b>	<b>S/.2,158,448.23</b>	<b>S/.2,169,843.23</b>	<b>S/.2,177,969.30</b>	
<b>RANGO</b>	<b>AÑO</b>					
	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	
<b>A</b>	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>B</b>	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>C</b>	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>D</b>	S/.42,303.37	S/.478,847.86	S/.960,668.93	S/.1,415,648.00	S/.1,763,624.57	
<b>E</b>	S/.2,132,544.15	S/.1,704,602.52	S/.1,223,657.30	S/.769,105.89	S/.421,339.49	
<b>F</b>	S/.6,788.87	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>TOTAL</b>	<b>S/.2,181,636.39</b>	<b>S/.2,183,450.38</b>	<b>S/.2,184,326.22</b>	<b>S/.2,184,753.89</b>	<b>S/.2,184,964.06</b>	

Fuente. Elaboración propia.

En la figura 21 se muestra la predicción del estado futuro del pavimento cuando se realizan trabajos de mantenimiento aplicando el SGP, como se ha descrito anteriormente, este escenario solo un porcentaje del pavimento será reparado dejando deteriorarse el otro porcentaje año tras año, sin embargo se observa que la curva a partir del quinto año comienza a decrecer llegando al décimo año (2028) con un IRI de 2.40 (pavimento en un “Regular “estado); donde paralelamente se observa los montos por año que se utiliza, siendo este monto el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía.



**Figura 21. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento aplicando el SGP, para 10 años**

Fuente. Elaboración propia.

## 7.2. TRAMO CÁTAC KM 543+709 – CONOCOCHA KM 499+329

### 7.1.1 Resumen de Recolección de datos de campo

En la siguiente tabla 34, se presenta el resumen de los datos recolectados en campo, para el tramo Cátac - Conococho, con un área trabajada de 292908.00 m<sup>2</sup> de pavimento flexible donde el 89.98% del pavimento se encuentra en el rango C con un IRI= 2.97, encontrándose el segundo tramo en una condición “Regular” según el rango del IRI que ha sido descrito en el capítulo V.

**Tabla 34. Condición inicial de la carretera tramo Cátac km. 543+709 – Conococho Km. 499 +329.**

<b>TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA</b>			
<b>Longitud total (m)</b>	44380.00	m	
<b>Pavimento Flexibl</b>			
<b>Calzada</b>	6.60	m	
<b>Área trabajada</b>	292908.00	m <sup>2</sup>	
<b>Resumen</b>			
Rango	Área (m <sup>2</sup> )	Año 2018	
		Pavimento (%)	IRI
<b>A</b> Muy Buena	0.00	0.00	0.00
<b>B</b> Buena	2968.66	1.01	1.71
<b>C</b> Regular	263551.23	89.98	2.97

D Deficiente	25728.41	8.78	3.88
E Muy deficiente	659.70	0.23	5.17
F Fallado	0.00	0.00	0.00
	<b>292908.00</b>	<b>100.00</b>	<b>2.29</b>

### 7.1.2 Matriz de Deterioro

Para elaborar la matriz de deterioro descrito en el capítulo VI, se tuvo en consideración las características climáticas y la topografía, donde el pavimento flexible se ha dividido en dos tramos que son homogéneos, el primero Huaraz km. 577+724 – Cátac km. 543+709 y el segundo en Cátac km. 543+709 – Conococha 499+329.

El segundo tramo presenta un clima frío - seco con mayor oscilación que Huaraz entre el día y la noche, la temperatura media anual es de 11°C.; la temperatura mínima se registra entre los meses de mayo a junio fluctuando entre -1°C a -12°C. Esta zona se caracteriza por las abundantes precipitaciones estacionales que tienen lugar entre los meses de enero a abril, que llegan a alcanzar un promedio de 543 mm según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Teniendo en consideración estos factores se establecieron los personajes de pavimento que pasan de una condición a otra en lapso de un año, para ensamblar la matriz de transición.

Esta matriz es optimizada con una programación lineal matemática que realiza el programa MS Excel mediante la herramienta SOLVER, donde se optimiza la matriz de transición para un periodo de 10 años en base al manual “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, donde especifica que el periodo de diseño para pavimentos flexibles es, 10 años.

En esta investigación se presenta dos tipos de matrices de transición donde se presenta y detalla a continuación:

- A) Matriz de transición cuando se realiza mantenimiento.
- B) Matriz de transición sin mantenimiento.

#### 7.1.2.1 Escenario N°1: Pavimento flexible sin mantenimiento

#### **Matriz de transición para el pavimento flexible sin mantenimiento**

Se muestra en la tabla 35 la matriz de transición para el pavimento flexible sin mantenimiento, con las distintas condiciones que tolera el pavimento para 10 años,

como se mencionó en el capítulo VI el pavimento solo puede mejorar su condición si se realizan trabajos de mantenimiento, en este caso la condición de pavimento empeora, como se muestra en la primera condición A solo queda un 48.62% pasando a la condición B un 51.38% del pavimento, de igual forma la condición B solo queda 49.01% pasando a la condición C un 50.99% de forma similar para las demás condiciones del pavimento, y así teniendo el pavimento un deterioro progresivo.

**Tabla 35. Matriz de transición para el pavimento flexible, sin mantenimiento del tramo Huaraz -Cátac.**

	A	B	C	D	E	F
A	48.62	51.38				
B		49.01	50.99			
C			50.34	49.66		
D				50.65	49.35	
E					93.98	6.02
F						100.00

Fuente. Elaboración propia.

### Cadena de Markov

En la tabla 36 se muestra la cadena de Markov donde se observa el deterioro progresivo del pavimento iniciando en el año 2019 con un IRI igual a 3.66 estando en el rango D “Deficiente” y para el décimo año teniendo un IRI de 6.4, donde el pavimento estaría en el rango F “Fallado” representando un estado no transitable donde se necesitaría reconstrucción del pavimento.

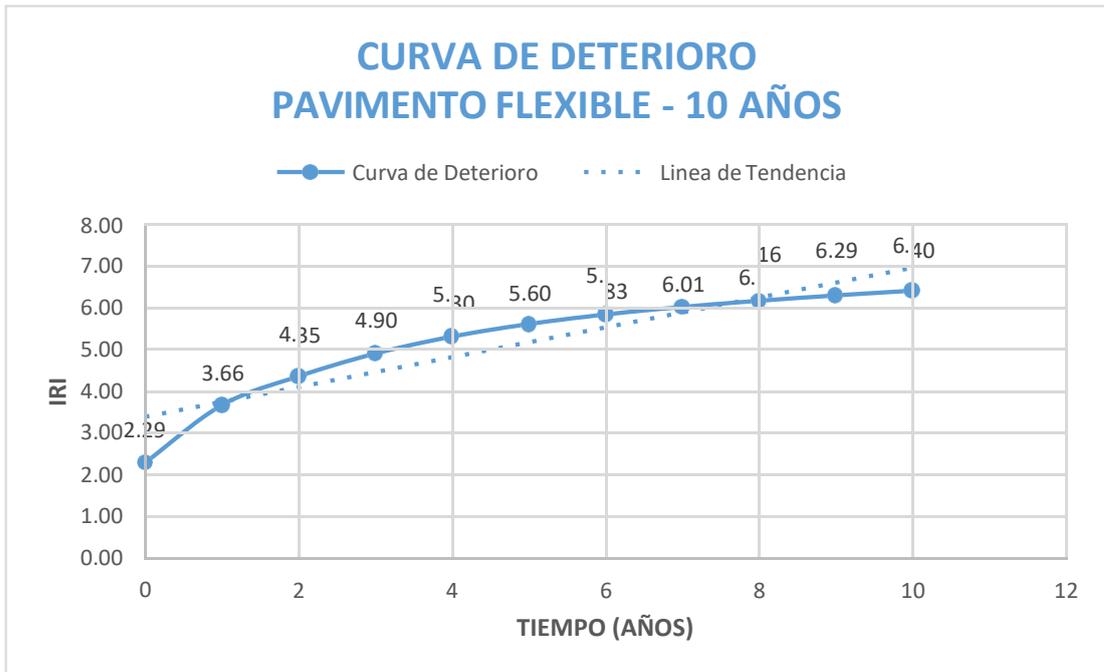
**Tabla 36. Cadena de Markov para el pavimento flexible, sin mantenimiento del tramo Cátac - Conococha.**

Año 2019	A	B	C	D	E	F	Promedio del Rango IRI	IRI
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
B	0.00	0.50	0.51	0.00	0.00	0.00	1.50	0.01
C	0.00	0.00	45.29	44.69	0.00	0.00	2.80	1.28
D	0.00	0.00	0.00	4.45	4.33	0.00	4.30	2.11
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.01	5.70	0.26
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
SUMA	0.00	0.50	45.81	49.13	4.55	0.01		<b>3.66</b>
Año 2020	A	B	C	D	E	F	IRI	
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
B	0.00	0.24	0.25	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
C	0.00	0.00	23.06	22.75	0.00	0.00	2.80	0.65
D	0.00	0.00	0.00	24.89	24.25	0.00	4.30	2.05
E	0.00	0.00	0.00	0.00	4.28	0.27	5.70	1.63
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	8.00	0.02

SUMA	0.00	0.24	23.31	47.63	28.52	0.29		<b>4.35</b>
<b>Año 2021</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	11.74	11.58	0.00	0.00	2.80	0.33
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	24.13	23.51	0.00	4.30	1.54
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	26.81	1.72	5.70	2.87
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	8.00	0.16
SUMA	0.00	0.12	11.86	35.70	50.31	2.00		<b>4.90</b>
<b>Año 2022</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	5.97	5.89	0.00	0.00	2.80	0.17
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	18.08	17.62	0.00	4.30	1.03
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	47.29	3.03	5.70	3.70
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	8.00	0.40
SUMA	0.00	0.06	6.03	23.97	64.91	5.03		<b>5.30</b>
<b>Año 2023</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	3.04	2.99	0.00	0.00	2.80	0.09
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	12.14	11.83	0.00	4.30	0.65
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	61.00	3.91	5.70	4.15
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.03	8.00	0.71
SUMA	0.00	0.03	3.07	15.14	72.83	8.94		<b>5.60</b>
<b>Año 2024</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	1.54	1.52	0.00	0.00	2.80	0.04
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	7.67	7.47	0.00	4.30	0.40
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	68.45	4.38	5.70	4.33
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.94	8.00	1.07
SUMA	0.00	0.01	1.56	9.19	75.92	13.32		<b>5.83</b>
<b>Año 2025</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.78	0.77	0.00	0.00	2.80	0.02
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	4.65	4.53	0.00	4.30	0.23
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	71.35	4.57	5.70	4.33
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.32	8.00	1.43
SUMA	0.00	0.01	0.79	5.43	75.89	17.89		<b>6.01</b>
<b>Año 2026</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.40	0.39	0.00	0.00	2.80	0.01
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	2.75	2.68	0.00	4.30	0.14
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	71.32	4.57	5.70	4.22
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.89	8.00	1.80
SUMA	0.00	0.00	0.40	3.14	74.00	22.45		<b>6.16</b>
<b>Año 2027</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>IRI</b>	
<b>A</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
<b>B</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
<b>C</b>	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	2.80	0.01
<b>D</b>	0.00	0.00	0.00	1.59	1.55	0.00	4.30	0.08
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	69.55	4.45	5.70	4.05
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.45	8.00	2.15
SUMA	0.00	0.00	0.20	1.79	71.10	26.90		<b>6.29</b>

Año 2028	A	B	C	D	E	F	IRI	
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00
B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
C	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	2.80	0.00
D	0.00	0.00	0.00	0.91	0.88	0.00	4.30	0.04
E	0.00	0.00	0.00	0.00	66.82	4.28	5.70	3.86
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.90	8.00	2.49
SUMA	0.00	0.00	0.10	1.01	67.71	31.18		<b>6.40</b>

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 22. Curva de deterioro del pavimento flexible sin mantenimiento del tramo Cátac – Conocochoa.**

Fuente. Elaboración propia.

#### 7.1.2.2 Escenario N°2: Pavimento Flexible con mantenimiento

##### **Matriz de transición para el pavimento flexible con mantenimiento**

Se muestra en la tabla 37 la matriz de transición para el pavimento flexible con mantenimiento con las distintas condiciones que tolera el pavimento para 10 años, a comparación de la matriz que se mencionó anteriormente, esta matriz mejora su condición ya que se realizan actividades de mantenimiento, en este caso como se muestra la condición D mejora, pasando el 100% a la condición A, de igual forma la condición E y F mejoran al 100% pasando a la condición A, esta matriz de transición muestra que el deterioro del pavimento se va detener y la condición del pavimento mejora en transcurso que pasa el tiempo.

**Tabla 37. Matriz de transición para el pavimento flexible, con mantenimiento del tramo Cátac – Conocochoa.**

	A	B	C	D	E	F
A	48.62	51.38				
B		49.01	50.99			
C		70.00	20.00	10.00		
D	100.00					
E	100.00					
F	100.00					

Fuente. Elaboración propia.

### Cadena de Markov

En la tabla 38 se muestra la cadena de Markov donde se observa el deterioro del pavimento se detiene, iniciando en el año 2019 con un IRI igual a 1.94 estando en el rango C “Regular” y para el décimo año teniendo un IRI de 2.01, donde el pavimento seguiría estando en el rango C “Regular” , observándose que el deterioro ha sido detenido, donde la condición C es considerado un estado apropiado para la transitabilidad de los vehículos.

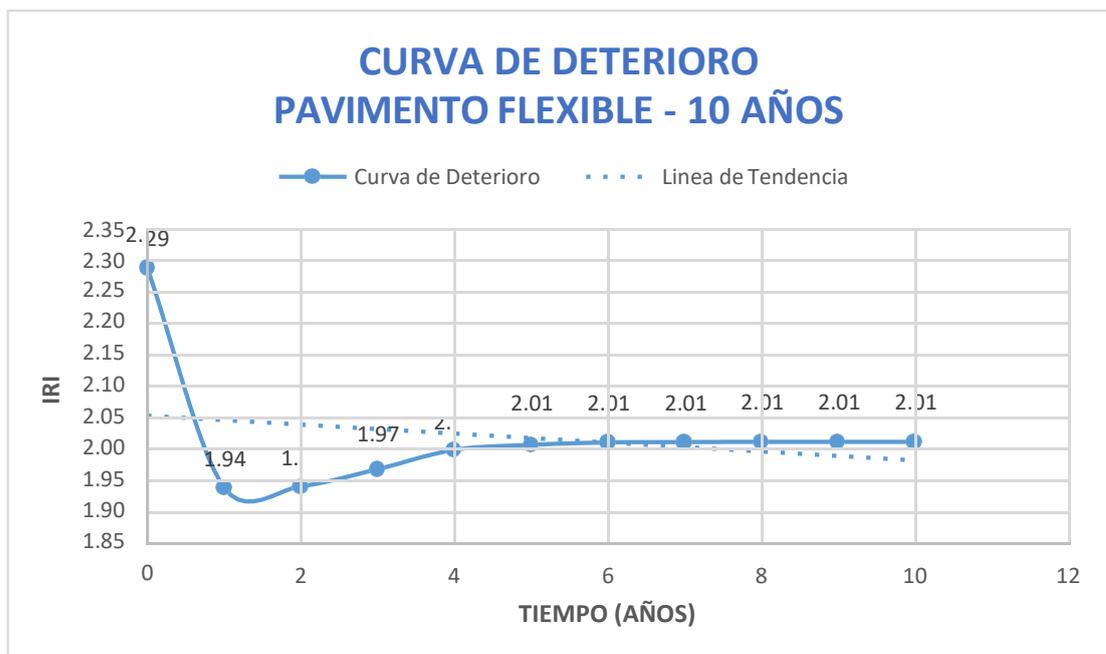
**Tabla 38. Cadena de Markov para el pavimento flexible, con mantenimiento total del tramo Cátac - Conocochoa.**

Año 2019	A	B	C	D	E	F	Promedio del Rango IRI	IRI
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.08
B	0.00	0.50	0.51	0.00	0.00	0.00	1.50	0.95
C	0.00	62.99	18.00	9.00	0.00	0.00	2.80	0.52
D	8.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.39
E	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
SUMA	9.01	63.48	18.51	9.00	0.00	0.00	1.00	<b>1.94</b>
Año 2020	A	B	C	D	E	F	IRI	
A	4.38	4.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.12
B	0.00	31.11	32.37	0.00	0.00	0.00	1.50	0.73
C	0.00	12.96	3.70	1.85	0.00	0.00	2.80	1.01
D	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.08
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
SUMA	13.38	48.70	36.07	1.85	0.00	0.00	2.00	<b>1.94</b>
Año 2021	A	B	C	D	E	F	Nota	IRI
A	6.50	6.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.08
B	0.00	23.87	24.83	0.00	0.00	0.00	1.50	0.84

<b>C</b>	0.00	25.25	7.21	3.61	0.00	0.00	2.80	0.90
<b>D</b>	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.16
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	8.35	55.99	32.05	3.61	0.00	0.00	3.00	<b>1.97</b>
<b>Año 2022</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	4.06	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.07
<b>B</b>	0.00	27.44	28.55	0.00	0.00	0.00	1.50	0.81
<b>C</b>	0.00	22.43	6.41	3.20	0.00	0.00	2.80	0.98
<b>D</b>	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.14
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	7.67	54.17	34.96	3.20	0.00	0.00	4.00	<b>2.00</b>
<b>Año 2023</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	3.73	3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.06
<b>B</b>	0.00	26.55	27.62	0.00	0.00	0.00	1.50	0.82
<b>C</b>	0.00	24.47	6.99	3.50	0.00	0.00	2.80	0.97
<b>D</b>	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.15
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	6.93	54.96	34.61	3.50	0.00	0.00	5.00	<b>2.01</b>
<b>Año 2024</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	3.37	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.06
<b>B</b>	0.00	26.94	28.02	0.00	0.00	0.00	1.50	0.82
<b>C</b>	0.00	24.23	6.92	3.46	0.00	0.00	2.80	0.98
<b>D</b>	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.15
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	6.87	54.73	34.95	3.46	0.00	0.00	6.00	<b>2.01</b>
<b>Año 2025</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	3.34	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.06
<b>B</b>	0.00	26.82	27.90	0.00	0.00	0.00	1.50	0.82
<b>C</b>	0.00	24.46	6.99	3.49	0.00	0.00	2.80	0.98
<b>D</b>	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.15
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	6.80	54.81	34.89	3.49	0.00	0.00	7.00	<b>2.01</b>
<b>Año 2026</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	3.31	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.06
<b>B</b>	0.00	26.87	27.95	0.00	0.00	0.00	1.50	0.82
<b>C</b>	0.00	24.43	6.98	3.49	0.00	0.00	2.80	0.98
<b>D</b>	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.15
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	6.80	54.78	34.93	3.49	0.00	0.00	8.00	<b>2.01</b>
<b>Año 2027</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>

<b>A</b>	3.31	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.06
<b>B</b>	0.00	26.85	27.93	0.00	0.00	0.00	1.50	0.82
<b>C</b>	0.00	24.45	6.99	3.49	0.00	0.00	2.80	0.98
<b>D</b>	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.15
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	6.80	54.79	34.92	3.49	0.00	0.00	9.00	<b>2.01</b>
<b>Año 2028</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Nota</b>	<b>IRI</b>
<b>A</b>	3.30	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.06
<b>B</b>	0.00	26.86	27.94	0.00	0.00	0.00	1.50	0.82
<b>C</b>	0.00	24.44	6.98	3.49	0.00	0.00	2.80	0.98
<b>D</b>	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.15
<b>E</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
<b>F</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
<b>SUMA</b>	6.80	54.79	34.92	3.49	0.00	0.00	10.00	<b>2.01</b>

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 23. Gráfico: Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento del tramo Cátac – Conocochoa.**

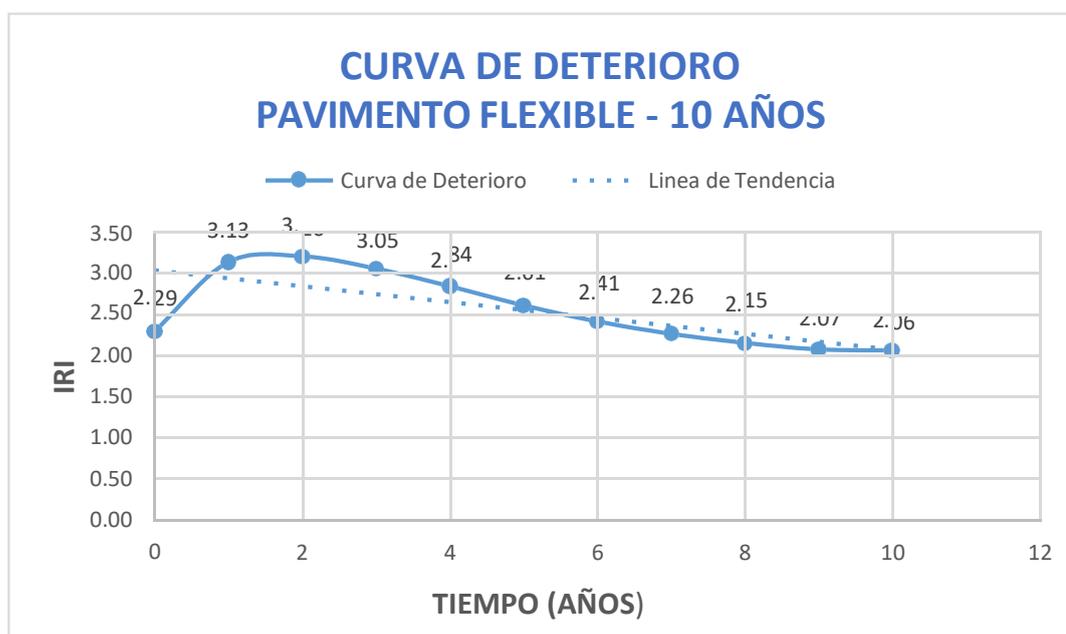
Fuente. Elaboración propia.

#### 7.1.2.3 Escenario N°3: Pavimento flexible aplicando el SGP

La aplicación de un SGP, consiste en obtener la mejor condición funcional posible mediante la inversión de pocos recursos económicos. En este SGP se mejorará cierto porcentaje de los niveles de deterioro (IRI), por ende, se utilizarán las dos matrices

de transición descritas anteriormente, cuando se no se realiza actividades de mantenimiento y cuando se realiza actividades de mantenimiento, ya que un porcentaje del pavimento no se realizarán ningún mantenimiento y habrá otro porcentaje que si se realizara mantenimiento al pavimento.

A continuación, en la figura 24 se muestra la curva de deterioro del pavimento flexible para 10 años donde se aprecia la curva a partir del sexto año comienza a decrecer, comenzando en este año a detenerse el deterioro.



**Figura 24. Curva de deterioro del pavimento flexible, con mantenimiento aplicando el SGP, del tramo Cátac – Conococho.**

Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.3 Costo para realizar el mantenimiento

#### 7.1.3.1 Costo para realizar el mantenimiento del pavimento flexible

##### 7.1.3.1.1 Escenario N°1: Pavimento flexible sin mantenimiento

En la tabla 39 se muestra que cuando no se realizan actividades de mantenimiento el deterioro del pavimento será progresivo, como se evidencia a través del indicador IRI, teniendo en el quinto año (2023) un IRI de 5.60, mientras que para el décimo año (2028) llega a tener un IRI de 6.40 (pavimento completamente deteriorado) al llegar a esta condición dicho pavimento ya no necesitaría mantenimiento por el contrario necesitaría una reconstrucción total, ya que la vía se encontraría colapsada;

paralelamente se observa que si no se realiza ningún tipo de trabajos de mantenimiento el costo que se necesita se incrementa, teniendo para el quinto año S/18,843,297.03 como monto necesario para recuperar el pavimento y si continua la via sin ningún mantenimiento al décimo año se incrementa a S/19,713,070.91, para reconstruir el pavimento.

**Tabla 39. Resumen del IRI y el costo necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Cátac – Conocochoa.**

<b>RESUMEN PAVIMENTO SIN MANTENIMIENTO, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA</b>			
<b>AÑO</b>	<b>IRI</b>	<b>COSTO PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO</b>	
0	2018	2.29	-
1	2019	3.66	-
2	2020	4.35	-
3	2021	4.90	-
4	2022	5.30	-
5	2023	5.60	S/18,843,297.03
6	2024	5.83	-
7	2025	6.01	-
8	2026	6.16	-
9	2027	6.29	-
10	2028	6.40	S/19,713,070.91

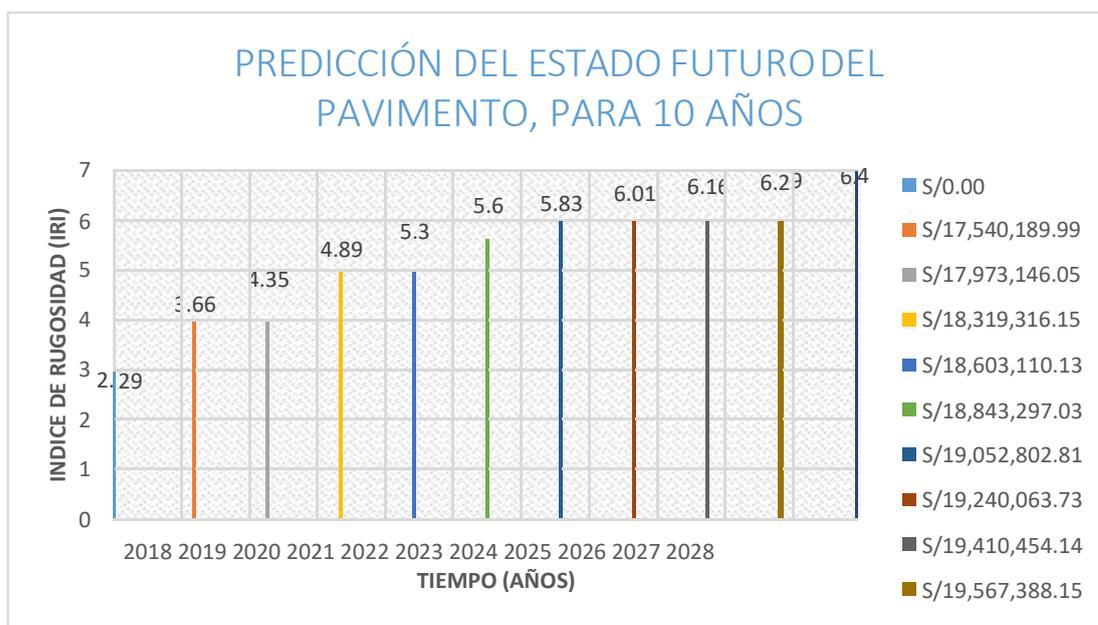
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 25. Costo que se requiere, cuando no se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Cátac – Conocochoa.**

Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente figura 26 se muestra la predicción del estado futuro del pavimento cuando no se realizan trabajos de mantenimiento para un periodo de 10 años; se observa que la curva de deterioro (IRI) es creciente es decir se evidencia un deterioro progresivo, paralelamente se observa los montos que se requiere por año para la reconstrucción del pavimento flexible.



**Figura 26. Gráfico: Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando no se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.**

Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.3.1.2 Escenario N°2: Pavimento flexible con mantenimiento total del tramo

Este escenario se caracteriza, por realizar trabajos de mantenimiento utilizando todos los recursos disponibles arreglando todo el pavimento, como hacen las empresas concesionarias, en este caso se realizará el mantenimiento a todo el tramo Huaraz – Cátac.

Observando en la tabla 40 que el pavimento mantiene un IRI constante en la condición C – Regular, evidenciándose a través del indicador IRI, teniendo en el quinto año (2023) un IRI de 2.01 (pavimento en un “Regular “estado), mientras que para el décimo año (2028) llega a mantener el mismo IRI de 2.01 (pavimento en un “Regular “estado), que esta es una condición aceptable para la transitabilidad y confort de los usuarios; paralelamente observamos que, para el quinto año, el monto

que se necesita para mantener este pavimento será de S/14,160,631.93 y como se han realizado trabajos de mantenimiento, al décimo año el monto se incrementa moderadamente a S/14,222,160.44.

**Tabla 40. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz - Cátac**

RESUMEN PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO TOTAL, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA			
AÑO	IRI	COSTO TOTAL PARA EL MANTENIMIENTO	
0	2018	2.29	S/0.00
1	2019	1.94	S/17,540,189.99
2	2020	1.94	S/13,627,640.10
3	2021	1.97	S/13,829,182.63
4	2022	2.00	S/14,006,766.53
5	2023	2.01	S/14,160,631.93
6	2024	2.01	S/14,200,172.37
7	2025	2.01	S/14,217,823.91
8	2026	2.01	S/14,220,844.80
9	2027	2.01	S/14,222,100.50
10	2028	2.01	S/14,222,160.44

Fuente. Elaboración propia.

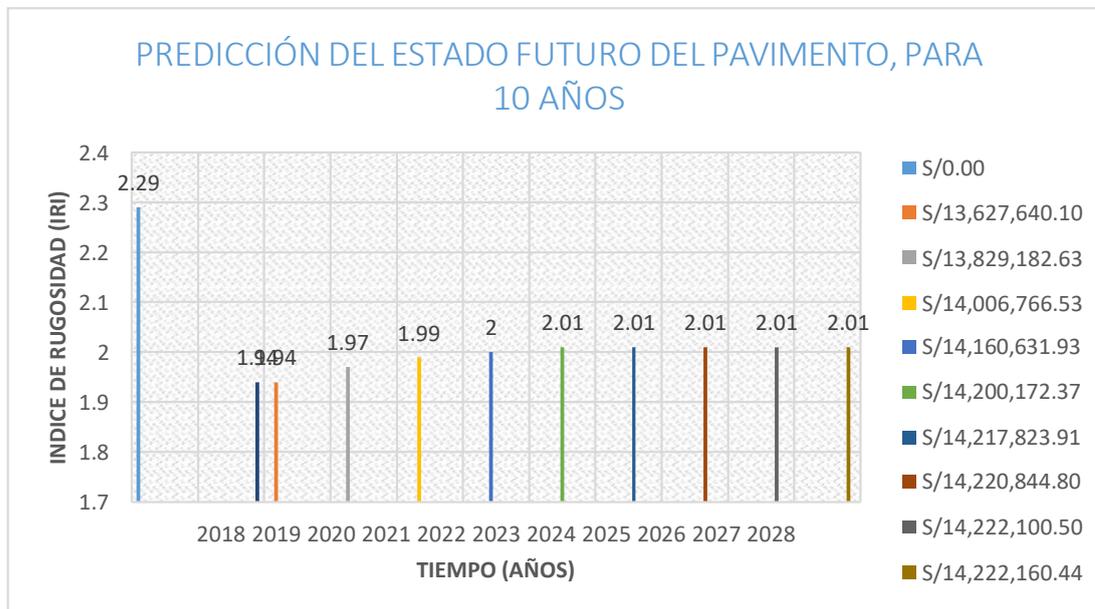


**Figura 27. Costo que se requiere, cuando se realizan trabajos de mantenimiento - tramo Cátac – Conococha.**

Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente figura 28 se muestra la predicción del estado futuro del pavimento cuando se realizan trabajos de mantenimiento en todo el tramo de la vía, como se observa la curva de deterioro (IRI) se mantiene casi horizontal llegando en el décimo

año (2028) con un IRI de 2.10 (pavimento en un “Regular “estado) que es una condición aceptable para la transitabilidad y confort de los usuarios; donde paralelamente se observa los montos por año que se requiere para el mantenimiento del pavimento.



**Figura 28. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento, para 10 años.**

Fuente. Elaboración propia.

### 7.1.3.1.3 Escenario N°3: Pavimento flexible aplicando el SGP

Este último escenario se caracteriza por realizar trabajos de mantenimiento utilizando el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía (monto del escenario n°2).

Los resultados del SGP se muestra en la tabla 41 evidenciándose que el deterioro es detenido por motivos que se realizan trabajos de mantenimiento donde se evidencia a través del indicador IRI teniendo en el quinto año (2023) un IRI de 2.61 (pavimento en un “Regular “estado), en el décimo año (2028) disminuye a tener un IRI de 2.06 (pavimento en un “Regular “estado) manteniéndose en un estado “Regular “como se mencionó anteriormente, es una condición aceptable para la transitabilidad y confort de los usuarios; paralelamente se observa que, para el quinto año, el monto que se utiliza para mantener este pavimento será de S/2,832,126.39 (que es el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía en el quinto año–escenario N°2 ) y como se han realizado trabajos de mantenimiento, al décimo año

el monto se incrementa moderadamente a S/2,844,434.27 (que es el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía en el décimo año– escenario N°2 ).

Por ende, concluyendo que cuando se aplica el SGP es productivo ya que tanto el deterioro se detiene como el monto para realizar el mantenimiento es mucho menor comparado con el escenario n°1.

**Tabla 41. Resumen del IRI y el monto necesario para el mantenimiento de la carretera, tramo Huaraz – Cátac.**

<b>RESUMEN</b>			
<b>MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO HUARAZ - CÁTAC</b>			
	<b>AÑO</b>	<b>IRI</b>	<b>MONTO ASIGNADO (20% del Escenario N°2)</b>
0	2018	2.29	S/0.00
1	2019	3.13	S/3,508,040.08
2	2020	3.20	S/2,725,524.46
3	2021	3.05	S/2,765,833.71
4	2022	2.84	S/2,801,353.31
5	2023	2.61	S/2,832,126.39
6	2024	2.41	S/2,840,037.31
7	2025	2.26	S/2,843,567.48
8	2026	2.15	S/2,844,168.96
9	2027	2.07	S/2,844,420.10
10	2028	2.06	S/2,844,434.27

Fuente. Elaboración propia.

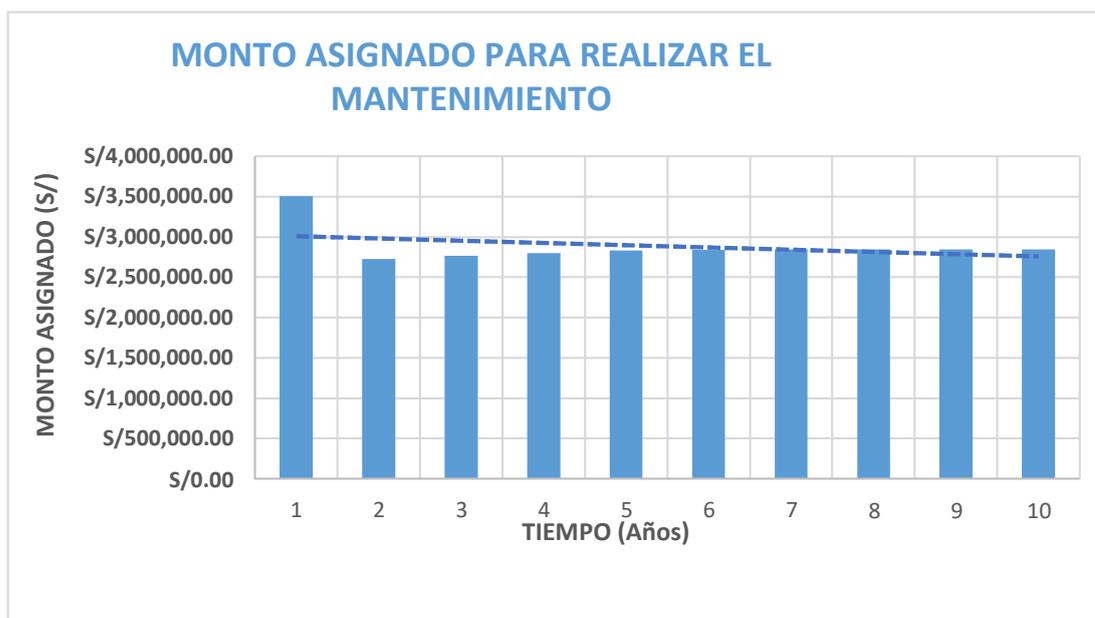


Figura 29. Monto asignado para realizar trabajos de mantenimiento aplicando el SGP - tramo Cátac - Conococha.

Fuente. Elaboración propia.

Este SGP consiste en invertir menos costo asociados al mantenimiento de la red vial y obtener el mayor porcentaje de pavimentos en condiciones aceptables; que mediante la MS Excel – Solver se optimiza los recursos económicos el cual busca la solución más óptima en la asignación de estos recursos a cada condición del pavimento, utilizando esta herramienta se obtiene los porcentajes de pavimentos que serán reparados y los que no se podrán reparar, y así dándole una asignación de recursos económicos óptimos para cada año como se muestra en las tablas del 42 al 51.

Tabla 42. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2019, Tramo Cátac – Conococha.

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2018 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	90.00%	10.00%	0.00	0.00%	0.00%
B	100.00%	0.00%	1.01	1.01%	0.00%
C	88.25%	11.75%	89.98	79.41%	10.57%
D	0.00%	100.00%	8.78	0.00%	8.78%
E	0.00%	100.00%	0.23	0.00%	0.23%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>80.42%</b>	<b>19.58%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 43. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2020, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2019 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	9.01	9.01%	0.00%
B	100.00%	0.00%	7.90	7.90%	0.00%
C	100.00%	0.00%	42.60	42.60%	0.00%
D	63.36%	36.64%	40.49	25.65%	14.84%
E	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>85.16%</b>	<b>14.84%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 44. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2021, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2020 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	19.22	19.22%	0.00%
B	100.00%	0.00%	8.50	8.50%	0.00%
C	100.00%	0.00%	25.47	25.47%	0.00%
D	94.07%	5.93%	34.15	32.12%	2.03%
E	0.00%	100.00%	12.66	0.00%	12.66%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>85.31%</b>	<b>14.69%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 45. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2022, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2021 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	24.03	24.03%	0.00%
B	100.00%	0.00%	14.04	14.04%	0.00%
C	100.00%	0.00%	17.16	17.16%	0.00%
D	100.00%	0.00%	28.92	28.92%	0.00%
E	6.54%	93.46%	15.85	1.04%	14.82%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%

100.00 85.18% 14.82%

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 46. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2023, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2022 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	26.50	26.50%	0.00%
B	100.00%	0.00%	19.23	19.23%	0.00%
C	100.00%	0.00%	15.80	15.80%	0.00%
D	100.00%	0.00%	23.17	23.17%	0.00%
E	2.23%	97.77%	15.25	0.34%	14.91%
F	0.00%	100.00%	0.06	0.00%	0.06%
			<b>100.00</b>	<b>85.03%</b>	<b>14.97%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 47. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2024, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2023 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	27.85	27.85%	0.00%
B	100.00%	0.00%	23.04	23.04%	0.00%
C	100.00%	0.00%	17.76	17.76%	0.00%
D	82.94%	17.06%	19.58	16.24%	3.34%
E	0.00%	100.00%	11.75	0.00%	11.75%
F	0.00%	100.00%	0.02	0.00%	0.02%
			<b>100.00</b>	<b>84.89%</b>	<b>15.11%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 48. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2025, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2024 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	28.65	28.65%	0.00%
B	100.00%	0.00%	25.60	25.60%	0.00%
C	100.00%	0.00%	20.69	20.69%	0.00%
D	57.57%	42.43%	17.04	9.81%	7.23%
E	0.00%	100.00%	8.01	0.00%	8.01%

F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.75%</b>	<b>15.25%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 49. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2026, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2025 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	29.18	29.18%	0.00%
B	100.00%	0.00%	27.27	27.27%	0.00%
C	100.00%	0.00%	23.47	23.47%	0.00%
D	31.12%	68.88%	15.24	4.74%	10.50%
E	0.00%	100.00%	4.84	0.00%	4.84%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.66%</b>	<b>15.34%</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 50. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2027, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2026 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	29.52	29.52%	0.00%
B	100.00%	0.00%	28.36	28.36%	0.00%
C	100.00%	0.00%	25.72	25.72%	0.00%
D	6.99%	93.01%	14.06	0.98%	13.07%
E	0.00%	100.00%	2.34	0.00%	2.34%
F	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.58%</b>	<b>15.42%</b>

Fuente. Elaboración propia.

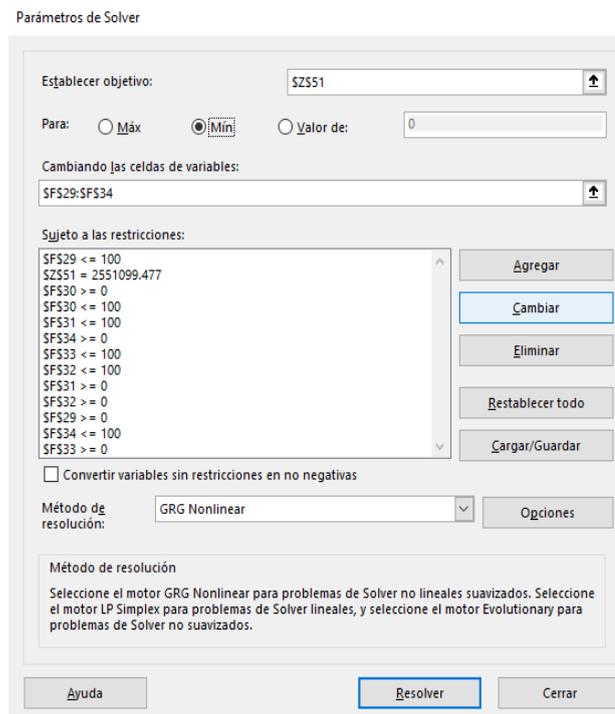
**Tabla 51. Optimización de la asignación de los recursos económicos para el año 2028, Tramo Cátac – Conocochoa.**

PAVIMENTO CON MANTENIMIENTO APLICANDO EL SGP, TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA					
RANGO	CANTIDAD DE PAVIMENTO A REPARAR		PAVIMENTO AÑO 2027 (%)	PAVIMENTO SIN M	PAVIMENTO CON M
	SIN M (%)	CON M (%)			
A	100.00%	0.00%	29.77	29.77%	0.00%
B	100.00%	0.00%	29.07	29.07%	0.00%
C	93.44%	6.56%	27.41	25.61%	1.80%
D	0.00%	100.00%	13.27	0.00%	13.27%
E	0.00%	100.00%	0.48	0.00%	0.48%

<b>F</b>	0.00%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%
			<b>100.00</b>	<b>84.45%</b>	<b>15.55%</b>

Fuente. Elaboración propia.

En la herramienta SOLVER, se establece los siguientes parámetros para la optimización de los recursos económicos como se muestra en la figura 30: Se establece como objetivo minimizar el IRI, cambiando las celdas de la cantidad de pavimento a reparar de cada condición del IRI, sujeto a las siguientes restricciones, que sea mayor o igual a cero, menor o igual a 100 y además asignándole el 20% del monto que se necesita para un mantenimiento total del pavimento.



**Figura 30. Parámetros considerados en la herramienta Solver del MS Excel para la optimización de los recursos económicos, tramo Cátac - Conocochoa.**

Fuente. Elaboración propia.

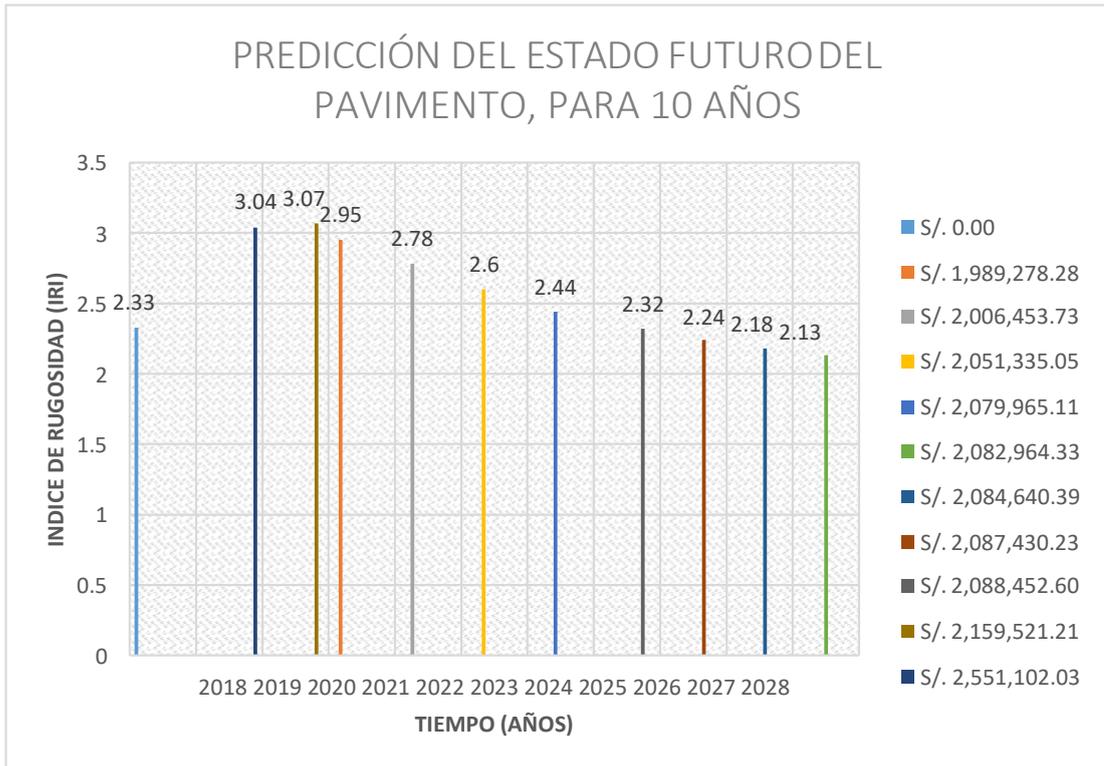
Al haber optimizado anualmente los porcentajes de pavimentos que se podrán reparar y los que no se podrán reparar, se evidencia que el presupuesto es reducido, donde se evidencia que el monto es menor (es el 20% del monto total que se requiere para un mantenimiento total de la vía) resaltando que se ha dejado un porcentaje de pavimentos flexibles deteriorándose año tras año. Sin embargo, se pudo mantener un IRI constante en una condición C “Regular” , mostrándose en la tabla 52.

**Tabla 52. Costo anual presupuestado para el mantenimiento aplicando el SGP.**

		MONTO ASIGNADO PARA APLICAR EL SGP				
RANGO	AÑO					
	2019	2020	2021	2022	2023	
A	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
B	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
C	S/.1,851,618.67	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
D	S/.1,612,936.74	S/.2,725,524.46	S/.372,121.12	S/.0.00	S/.0.00	
E	S/.43,484.67	S/.0.00	S/.2,393,712.60	S/.2,801,353.31	S/.2,818,432.80	
F	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.13,693.59	
<b>TOTAL</b>	<b>S/.3,508,040.08</b>	<b>S/.2,725,524.46</b>	<b>S/.2,765,833.71</b>	<b>S/.2,801,353.31</b>	<b>S/.2,832,126.39</b>	
RANGO	AÑO					
	2024	2025	2026	2027	2028	
A	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
B	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
C	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.314,988.27	
D	S/.613,512.68	S/.1,328,405.59	S/.1,928,733.20	S/.2,401,867.33	S/.2,437,788.28	
E	S/.2,222,038.61	S/.1,515,161.90	S/.915,435.76	S/.442,552.77	S/.91,657.72	
F	S/.4,486.02	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
<b>TOTAL</b>	<b>S/.2,840,037.31</b>	<b>S/.2,843,567.48</b>	<b>S/.2,844,168.96</b>	<b>S/.2,844,420.10</b>	<b>S/.2,844,434.27</b>	

Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente figura 31 se muestra la predicción del estado futuro del pavimento cuando se realizan trabajos de mantenimiento aplicando el SGP, como se ha descrito anteriormente, este escenario solo un porcentaje del pavimento será reparado dejando deteriorarse el otro porcentaje año tras año, sin embargo se observa que la curva a partir del quinto año comienza a decrecer llegando al décimo año (2028) con un IRI de 2.13 (pavimento en un “Regular “estado); donde paralelamente se observa los montos por año que se utiliza, siendo este monto el 20% del monto que se requiere para el mantenimiento total de la vía.



**Figura 31. Curva de predicción del estado futuro del pavimento, cuando se realiza trabajos de mantenimiento aplicando el SGP, para 10 años**

Fuente. Elaboración propia.

## CAPÍTULO VIII.

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. TRAMO HUARAZ KM. 577+724 – CÁTAC KM. 543+709.

8.1.1. Comparación de los escenarios para un periodo de 5 a 10 años, Tramo Huaraz km. 577+724 – Cátac km. 543+709.

En la tabla 53 se presenta una comparación de la condición del pavimento en términos del IRI, para los tres escenarios, el primero cuando no se realiza ningún tipo de mantenimiento, el segundo cuando se realiza mantenimiento (cuando se tiene todos los recursos económicos a disposición) y el tercero cuando se aplica el SGP.

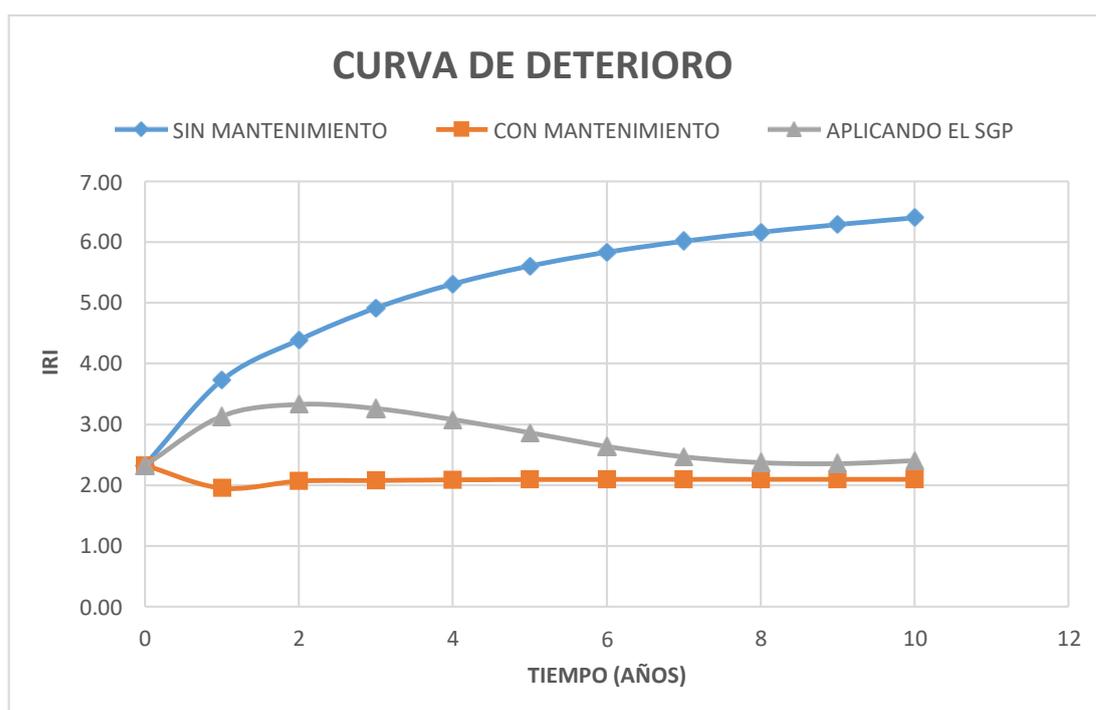
**Tabla 53. Resumen de resultados del IRI para los tres escenarios, tramo Huaraz – Cátac.**

RESUMEN - IRI TRAMO HUARAZ - CÁTAC			
AÑO Nº	SIN MANTENIMIENTO	CON MANTENIMIENTO	CON MANTENIMIENTO (APLICANDO SGP)
0	2.33	2.33	2.33
1	3.72	1.95	3.13
2	4.39	2.07	3.33
3	4.91	2.08	3.26
4	5.31	2.09	3.08
5	5.61	2.09	2.86
6	5.83	2.10	2.64
7	6.01	2.10	2.47
8	6.16	2.10	2.37
9	6.29	2.10	2.35
10	6.40	2.10	2.40

Fuente. Elaboración propia.

Se aplico el SGP asignando un 20% del costo que se necesita anualmente, para un mantenimiento total de la carretera (escenario n°2), obteniendo en el 5to año un IRI de 2.86 ubicándose en el rango C – Regular, mientras que para el caso del pavimento que no se realiza ningún mantenimiento se obtiene un IRI de 5.61 donde se necesitaría una reconstrucción del pavimento flexible, ubicándose en el rango E – Muy deficiente, así mismo se obtiene para el décimo año un IRI de 2.40 encontrándose en una condición regular - Rango C, mientras que para el caso del pavimento que no se realiza ningún mantenimiento se obtiene un IRI de 6.40 encontrándose en una condición muy deficiente – Rango E, donde el pavimento necesitaría una reconstrucción; concluyendo que al aplicar el SGP se mejora la condición del pavimento.

Para el resultado de los tres escenarios, se generan tres curvas, las cuales se muestran en la figura 32:



**Figura 32. Curva de deterioro para los tres escenarios, tramo Huaraz – Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

Según el figura 32, el comportamiento del pavimento aplicando el SGP se observa que la curva es decreciente (menor IRI) consiguiéndose la mejor condición del pavimento, paralelamente se aprecia que a partir del año n°6 el IRI inicia a coincidir

con la curva que representa un mantenimiento total de la carretera, donde se concluye que aplicando el SGP, el IRI disminuye a través del tiempo y tan solo haciendo uso de un 20% del costo que se necesita anualmente para un mantenimiento total, se obtiene una carretera en buen estado.

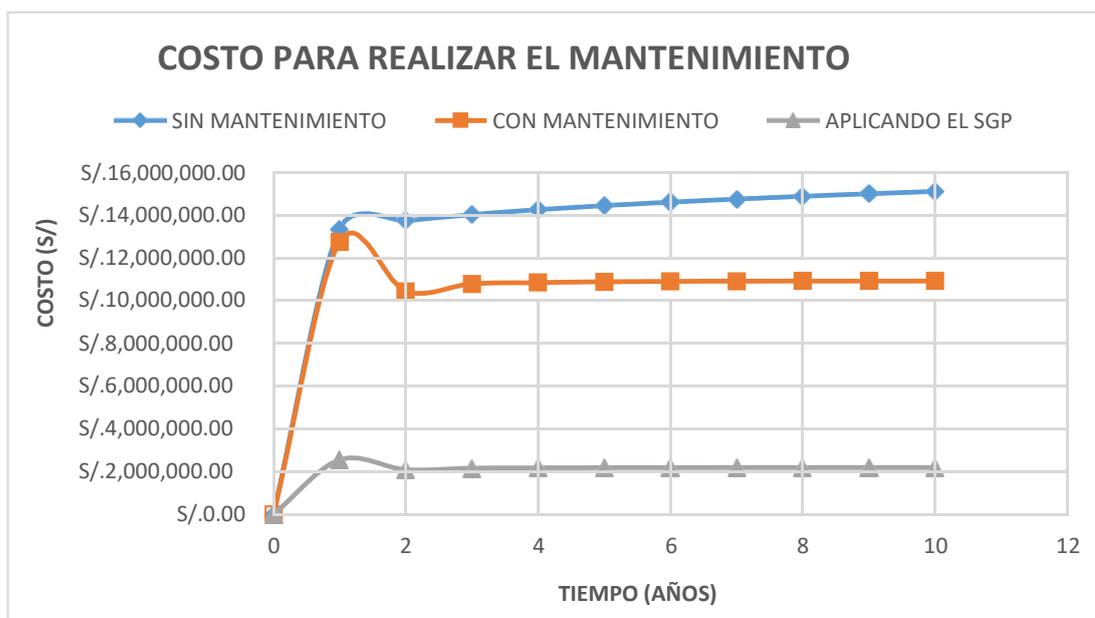
En la tabla 54 se presenta una comparación entre los costos de mantenimiento a lo largo de cinco y diez años para los tres escenarios.

**Tabla 54. Resumen del costo para realizar el mantenimiento, tramo Huaraz – Cátac.**

<b>RESUMEN DEL COSTO PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO TRAMO HUARAZ - CÁTAC</b>			
<b>AÑO Nº</b>	<b>SIN MANTENIMIENTO</b>	<b>CON MANTENIMIENTO</b>	<b>CON MANTENIMIENTO (APLICANDO SGP)</b>
0	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
1	S/.13,350,099.80	S/.12,755,497.38	S/.2,551,102.03
2	S/.13,733,726.27	S/.10,432,752.72	S/.2,086,548.41
3	S/.14,024,338.76	S/.10,792,231.11	S/.2,158,448.23
4	S/.14,254,091.60	S/.10,849,206.07	S/.2,169,843.23
5	S/.14,443,834.73	S/.10,889,846.48	S/.2,177,969.30
6	S/.14,606,680.60	S/.10,908,181.93	S/.2,181,636.39
7	S/.14,750,733.61	S/.10,917,252.00	S/.2,183,450.38
8	S/.14,880,972.84	S/.10,921,644.28	S/.2,184,326.22
9	S/.15,000,475.14	S/.10,923,781.48	S/.2,184,753.89
10	S/.15,111,179.15	S/.10,924,820.28	S/.2,184,964.06

Fuente. Elaboración propia.

Se observa para el quinto año, cuando no se hace ningún mantenimiento el costo de reparación es S/14,443,834.73 mientras que, cuando se aplica el SGP en el quinto año se le asigna un monto para el mantenimiento de S/2,177,969.30, así mismo para este año cuando se aplica el SGP se obtiene un IRI de 2.86, encontrándose en una condición regular – Rango C, mientras que cuando no se hace ningún mantenimiento se obtiene un IRI de 5.61 encontrándose en una condición muy deficiente – Rango E, como ya se ha mencionado en este caso el pavimento necesitaría una reconstrucción; concluyendo que la aplicación del SGP (escenario n°3) es la mejor opción comparado con los otros dos escenarios, para el mantenimiento del pavimento, donde se utiliza menos recursos económicos y obteniéndose una mejor condición del pavimento comparado con los otros dos escenarios que se observa en la figura 33.



**Figura 33. Curva del costo para realizar el mantenimiento para los tres escenarios, tramo Huaraz - Cátac.**

Fuente. Elaboración propia.

## 8.2. TRAMO CÁTAC KM. 543+709 – CONOCOCHA KM. 499+329.

### 8.2.1. Comparación de los escenarios para un periodo de 5 a 10 años, Tramo Cátac km. 543+709 – Conococha km. 499+329.

En la tabla 55 se presenta una comparación de la condición del pavimento en términos del IRI, para los tres escenarios, el primero cuando no se realiza ningún tipo de mantenimiento, el segundo cuando se realiza mantenimiento (cuando se tiene todos los recursos económicos a disposición) y el tercero cuando se aplica el SGP.

**Tabla 55. Resumen de resultados del IRI para los tres escenarios, tramo Cátac - Conococha.**

RESUMEN IRI TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA			
AÑO Nº	SIN MANTENIMIENTO	CON MANTENIMIENTO	CON MANTENIMIENTO (APLICANDO SGP)
0	2.29	2.29	2.29
1	3.66	1.94	3.13
2	4.35	1.94	3.20
3	4.90	1.97	3.05
4	5.30	2.00	2.84
5	5.60	2.01	2.61
6	5.83	2.01	2.41
7	6.01	2.01	2.26

8	6.16	2.01	2.15
9	6.29	2.01	2.07
10	6.40	2.01	2.06

Fuente. Elaboración propia.

Se aplicó el SGP asignando un 20% del costo que se necesita anualmente, para un mantenimiento total de la carretera (escenario n°2), obteniendo en el 5to año un IRI de 2.61 encontrándose en una condición regular - Rango C, mientras que para el caso del pavimento que no se realiza ningún mantenimiento se obtiene un IRI de 5.60 encontrándose en una condición muy deficiente – Rango E, donde el pavimento necesitaría una reconstrucción, así mismo se obtiene para el décimo año un IRI de 2.06 encontrándose en una condición regular - Rango C, mientras que para el caso del pavimento que no se realiza ningún mantenimiento se obtiene un IRI de 6.40 encontrándose en una condición muy deficiente – Rango E, donde el pavimento necesitaría una reconstrucción; concluyendo que al aplicar el SGP se mejora la condición del pavimento.

Para los resultados de los tres escenarios, se generan para 10 años tres curvas, las cuales se muestran en la figura 34:

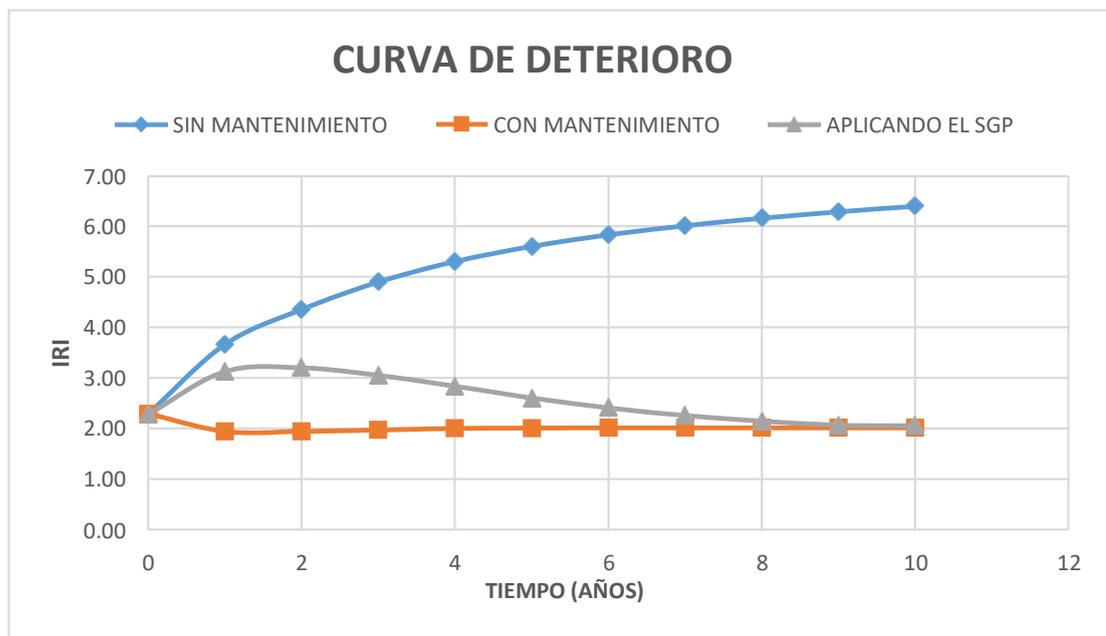


Figura 34. Curva de deterioro para los tres escenarios, tramo Cátac - Conocochoa.

Fuente. Elaboración propia.

Según la figura 34, el comportamiento del pavimento aplicando el SGP se observa que la curva es decreciente (menor IRI) consiguiéndose la mejor condición del pavimento, paralelamente se aprecia que a partir del año n°6 el IRI inicia a coincidir con la curva que representa un mantenimiento total de la carretera, donde se concluye que aplicando el SGP, el IRI disminuye a través del tiempo y tan solo haciendo uso de un 20% del costo que se necesita anualmente para un mantenimiento total, así obteniendo un buen estado de la carretera.

A continuación, en la tabla 56 se presenta una comparación entre los costos de mantenimiento a lo largo de cinco años para el escenario n°1 sin mantenimiento de la carretera (que necesitaría reconstrucción) y el escenario n°3 con mantenimiento aplicando el SGP.

**Tabla 56. Resumen del costo para realizar el mantenimiento, tramo Cátac - Conocochoa.**

<b>RESUMEN - ASIGNACIÓN DE RECURSOS ECONÓMICOS</b>			
<b>TRAMO CÁTAC - CONOCOCHA</b>			
<b>AÑO Nº</b>	<b>SIN MANTENIMIENTO</b>	<b>CON MANTENIMIENTO</b>	<b>CON M APLICANDO EL SGP</b>
0	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
1	S/.17,540,189.99	S/.17,540,189.99	S/.3,508,040.08
2	S/.17,973,146.05	S/.13,627,640.10	S/.2,725,524.46
3	S/.18,319,316.15	S/.13,829,182.63	S/.2,765,833.71
4	S/.18,603,110.13	S/.14,006,766.53	S/.2,801,353.31
5	S/.18,843,297.03	S/.14,160,631.93	S/.2,832,126.39
6	S/.19,052,802.81	S/.14,200,172.37	S/.2,840,037.31
7	S/.19,240,063.73	S/.14,217,823.91	S/.2,843,567.48
8	S/.19,410,454.14	S/.14,220,844.80	S/.2,844,168.96
9	S/.19,567,388.15	S/.14,222,100.50	S/.2,844,420.10
10	S/.19,713,070.91	S/.14,222,160.44	S/.2,844,434.27

Fuente. Elaboración propia.

Se observa para el quinto año, cuando no se hace ningún mantenimiento el costo de reparación es S/18,843,297.03 mientras que, cuando se aplica el SGP en el quinto año se le asigna un monto para el mantenimiento de S/2,832,126.39, así mismo para este año cuando se aplica el SGP se obtiene un IRI de 2.61, encontrándose en una condición regular – Rango C, mientras que cuando no se hace ningún mantenimiento se obtiene un IRI de 5.60 encontrándose en una condición muy deficiente – Rango E, como ya se ha mencionado en este caso el pavimento necesitaría una reconstrucción;

concluyendo que la aplicación del SGP (escenario n°3) es la mejor opción comparado con los otros dos escenarios, para el mantenimiento del pavimento, donde se utiliza menores recursos económicos y obteniendo una mejor condición del pavimento comparado con los otros dos escenarios donde se observa en la siguiente figura 35.

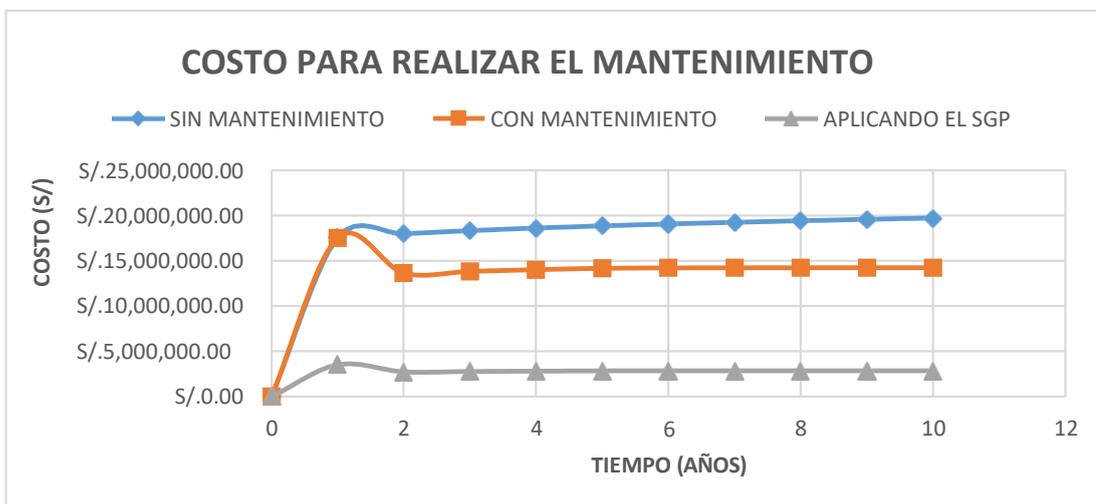


Figura 35. Curva del costo para realizar el mantenimiento para los tres escenarios, tramo Cátac - Conococha.

Fuente. Elaboración propia.

## CAPÍTULO IX.

### PROPUESTA FINAL DEL SGP

En las siguientes líneas se describen los componentes que contiene la propuesta final del SGP, donde podrá ser aplicada a cualquier carretera de asfalto a lo largo del país, calibrando la matriz de deterioro teniendo en consideración la zonificación climática, partiendo de una inspección (IRI, PCI), ajustando los costos de aplicación de actividades de conservación, y calculando los montos disponibles. A modo de ejemplo, se muestra la aplicación del SGP para el tramo Huaraz – Cátac, el cual fue desarrollado en capítulos anteriores.

#### 9.1. CONDICIÓN INICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Para aplicar el SGP para el mantenimiento de un pavimento, se necesita determinar la condición inicial en la que se encuentra el pavimento (rango IRI), a partir de esta condición inicial partirán los cálculos y predicciones.

En la tabla se muestra los resultados del análisis de datos de la inspección del pavimento en términos del IRI.

TRAMO HUARAZ - CATAAC			
<b>Longitud total (m)</b>	34015.00	m	
<b>Pavimento Flexibl</b>			
<b>Calzada</b>	6.60	m	
<b>Área trabajada</b>	224499.00	m <sup>2</sup>	
Resumen			
Rango	Área (m <sup>2</sup> )	Año 2018	
		Pavimento (%)	IRI
<b>A</b> Muy Buena	0.00	0.00	0.00
<b>B</b> Buena	11224.95	5.00	1.71
<b>C</b> Regular	176958.04	78.82	2.78
<b>D</b> Deficiente	32684.41	14.56	4.01
<b>E</b> Muy deficiente	3631.60	1.62	5.46
<b>F</b> Fallado	0.00	0.00	0.00
	<b>224499.00</b>	<b>100.00</b>	<b>2.33</b>

## 9.2. SISTEMA DE REFERENCIACIÓN.

La carretera debe ser dividida en secciones homogéneas, siguiendo el criterio de similitudes con respecto al ancho de la calzada, tipo de superficie de rodadura, ubicación, clima y otros aspectos que deben de ser homogéneos a lo largo de la sección. (Clasificación climatológica).

## 9.3. COSTO UNITARIO DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN POR RANGO DEL IRI.

En la tabla se muestra la los resultados del costo unitario para cada rango IRI del pavimento en estudio.

RESUMEN	
RANGO	COSTO (m <sup>2</sup> )
A <u>Muy bueno</u>	<u>S/24.99</u>
B <u>Bueno</u>	<u>S/43.42</u>
C <u>Regular</u>	<u>S/59.78</u>
D <u>Deficiente</u>	<u>S/62.72</u>
E <u>Muy Deficiente</u>	<u>S/64.55</u>
F <u>Fallado</u>	<u>S/74.94</u>

9.4. COSTO TOTAL DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN POR RANGO DEL IRI.

Con la información de los primeros ítems, y el área total del tramo en estudio, se obtiene el costo de reparación total de cada rango de condición del pavimento, como se aprecia en la siguiente tabla.

RESUMEN		
	RANGO	COSTO (m2)
A	Muy bueno	S/5,623.36
B	Bueno	S/9,769.84
C	Regular	S/13,450.31
D	Deficiente	S/14,111.53
E	Muy Deficiente	S/14,523.11
F	Fallado	S/16,862.26

9.5. MATRIZ DE DETERIORO ESTOCÁSTICO – PROBABILÍSTICO.

En las siguientes tablas, se muestra las matrices de deterioro a usar cuando no se efectúan técnicas y trabajos de mantenimiento y cuando si se efectúan técnicas y trabajos de mantenimiento.

	A	B	C	D	E	F
A	48.62	51.38				
B		49.01	50.99			
C			50.34	49.66		
D				50.65	49.35	
E					94.05	5.95
F						100.00

9.6. MÓDULO DE ANÁLISIS.

Se procede a optimizar la asignación de recursos económicos disponible como se muestra en la siguiente tabla, consiguiendo el menor valor de IRI como se muestra.

RANGO	IRI	MONTO ASIGNADO PARA APLICAR EL SGP
Muy Buena	0.04	S/.0.00
Buena	0.19	S/.0.00
Regular	1.26	S/.315,867.11
Deficiente	1.64	S/.2,000,832.19

Muy deficiente	0.01	S/.234,402.73
Fallado	0.00	S/.0.00
<b>TOTAL</b>	<b>3.13</b>	<b>S/.2,551,102.03</b>

Para el siguiente año, el IRI final en cada rango IRI obtenido en el año uno, pasa automáticamente como condición inicial del año dos y se repite el procedimiento.

## CONCLUSIONES

- 1.** Aplicando el sistema de gestión de pavimento basado en el modelo estocástico probabilístico se mejora la asignación de recursos económicos de manera que se le asigna solo el 20% del costo total del escenario n°2, y la carretera se conserva en un buen estado. Así mismo del análisis de las curvas de deterioro para los tres escenarios se demuestra que la propuesta del SGP, sirve como herramienta para la toma de decisiones que permite realizar el mantenimiento. En consecuencia, el SGP se ajusta a las condiciones particulares a las que están expuesta el pavimento o en otros términos se ajusta a las necesidades que tienen los pavimentos en términos de mantenimiento
- 2.** La recolección de datos para la evaluación de la condición del pavimento se realizó con el equipo Rooga, que midió el IRI del pavimento, donde se obtuvo como resultado, para el primer tramo Huaraz – Cátac un IRI de 2.33 encontrándose en una condición regular, y para el segundo tramo Cátac – Conococha un IRI de 2.29 encontrándose en una condición regular, donde dichos datos se consideraron como punto de partida para la investigación, siendo la parte más importante para el adecuado modelamiento del deterioro del pavimento.
- 3.** Para la modelación del comportamiento del pavimento, se elaboró matrices de deterioro, estas pueden simular el comportamiento del pavimento a lo largo de cualquier red vial con características similares. También se puede evidenciar que la incertidumbre en los resultados de la condición final del pavimento está relacionada con la precisión de estas matrices de deterioro, por ende, para minimizar dicha

incertidumbre, se debe utilizar una base de datos del deterioro de la carretera al empezar la gestión y después de un año de deterioro.

4. Se halló el costo para reparar cada deterioro que presenta los seis rangos del IRI, con su respectiva actividad de mantenimiento, donde se utilizó el software s10, mostrando los reportes como se describe en el capítulo V.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar inspecciones visuales anuales para tener un archivo de datos históricos y de esta manera pasar a emplear métodos empíricos – mecánicos que harán al SGP mucho más eficiente y preciso.
- En el caso de que el SGP sea aplicado en otra carretera, se recomienda calibrar las matrices de deterioro cada año basándose en los datos como el IRI o PCI, esto permitirá determinar cuán precisa será la predicción al año anterior, e identificar qué factores intervinieron a favor o en contra dependiendo del caso. Así mismo se recomienda calibrar los resultados de esta investigación con nuevos datos obtenidos en años posteriores para poder obtener predicciones más precisas en un futuro y corroborar los resultados previamente obtenidos.
- Se recomienda que, en caso de aplicar el sistema de gestión de pavimentos en otras zonas de nuestro territorio, también se debe considerar una zonificación climática o una base de datos horaria con información de temperaturas, humedad, precipitación y vientos ya que el país no cuenta con esta. Así mismo teniendo como partida esta investigación, se recomienda iniciar una investigación probabilística, con un nivel de investigación aplicativo.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AASHTO. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. . Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Abad, Q. H. (2016). *Análisis Comparativo del reciclado con asfalto espumado y la técnica convencional en la conservación periódica de la carretera Conococha Huaraz 2010 - 2011*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Domingo, P. M. (2012). *Análisis del Índice de Perfil en Tramos Carreteros y Algunas Recomendaciones para Mejorarlos*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Economía, I. P. (2008). *Lecciones del Mantenimiento de Carreteras*. Lima - Peru.
- Fundora, G. (2014). *Conservación de carreteras*. La Habana - Cuba.
- Hidalgo Gamarra , J. (2006). *Evaluación del Sistema de Gestión de Pavimentos Flexibles en el Perú*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Leiva, F. (2005). *Sistema de Soporte para la toma de decisiones en la administración de las carreteras*. San Jose, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Menéndez, A. J. (2013). *Ingeniería de pavimentos, diseño y gestión de pavimentos*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Montoya Hernández, P. (2007). *Concesiones de Infraestructura Vial*. Perú: Dirección General de Concesiones en Transportes.
- MTC. (2014). *Manual de Conservación Vial*. Lima.
- Ochoa Maldonado , D. A., & Tupac Meza, E. R. (2017). *Optimización de recursos económicos en la conservación de pavimentos rurales de tercera clase utilizando un sistema de gestión de pavimentos basado en el método estocástico - probabilístico*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Onofre, C. J., Sánchez, P. J., & Santiago, V. W. (2008). *Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de Pavimentos usando el Perfilometro Romdas Z - 250*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Pillpe, S. E. (2018). *Aplicación de un sistema de gestión de pavimentos urbano local a nivel de red mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como variable de condición en la red vial del distrito de Concepción - Junín*. Huancayo: Universidad Continental.
- Sachún Quispe, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte - Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sotil, C. A. (2013). *Propuesta de un Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales*. Lima.
- Tenorio, M. A. (2005). *Modelos de predicción del deterioro de pavimentos*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Yesquen Granda, I. A. (2016). *Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de Surquillo - Lima*. Piura : Universidad Nacional de Piura.

## ANEXOS

### ANEXO A - PRESUPUESTO PARA REPARAR CADA TIPO DE DETERIORO PARA UN ÁREA DE 225M2

#### Condición A, fisura transversal M:

#### Presupuesto

Presupuesto 1101004 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 A-2 CONDICIÓN A, FISURA TRANSVERSAL M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,648.80
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	5.00	94.82	474.10
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,748.60
	GASTOS GENERALES				174.88
	UTILIDADES (10%)				174.88
	SUB TOTAL				2,098.32
	IMPUESTO (18%)				377.70
	PRESUPUESTO TOTAL				2,476.02

SON : DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTISEIS Y 02/100 NUEVOS SOLES

#### Condición B, fisura longitudinal M:

#### Presupuesto

Presupuesto 1101005 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 B-1 CONDICIÓN B, FISURA LONGITUDINAL M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	SUB TOTAL				1,984.54
	IMPUESTO (18%)				357.22
	PRESUPUESTO TOTAL				2,341.76

SON : DOS MIL TRESCIENTOS CUARENTIUNO Y 76/100 NUEVOS SOLES

## Condición B, fisura longitudinal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101006 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 B-2 CONDICIÓN B, FISURA LONGITUDINAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glo	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,933.06
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	8.00	94.82	758.56
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,033.06
	GASTOS GENERALES				203.31
	UTILIDADES (10%)				203.31
	SUB TOTAL				2,439.88
	IMPUESTO (18%)				439.14
	PRESUPUESTO TOTAL				2,878.82

SON : DOS MIL OCHOCIENTOS SETENTIOCHO Y 82/100 NUEVOS SOLES

## Condición B, fisura transversal M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101007 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 B-3 CONDICIÓN B, FISURA TRANSVERSAL M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glo	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	SUB TOTAL				1,984.54
	IMPUESTO (18%)				357.22
	PRESUPUESTO TOTAL				2,341.76

SON : DOS MIL TRES CIENTOS CUARENTIUNO Y 76/100 NUEVOS SOLES

## Condición B, fisura transversal H:

### Presupuesto

Presupuesto	1101008	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ		
Subpresupuesto	001	B-4 CONDICIÓN B, FISURA TRANSVERSAL H		
Cliente		TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY	Costo al	29/05/2019
Lugar		ANCASH - ANCASH - ANCASH		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	g/b	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,458.98
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	3.00	94.82	284.46
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,558.98
	GASTOS GENERALES				155.00
	UTILIDADES (10%)				155.90
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,870.78</b>
	IMPUESTO (18%)				336.74
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>2,207.50</b>

SON : DOS MIL DOSCIENTOS SIETE Y 50/100 NUEVOS SOLES

## Condición C, fisura longitudinal M:

### Presupuesto

Presupuesto	1101009	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ		
Subpresupuesto	001	C-1 CONDICIÓN C, FISURA LONGITUDINAL M		
Cliente		TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY	Costo al	29/05/2019
Lugar		ANCASH - ANCASH - ANCASH		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	g/b	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,984.54</b>
	IMPUESTO (18%)				357.22
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>2,341.78</b>

SON : DOS MIL TRES CIENTOS CUARENTIUNO Y 78/100 NUEVOS SOLES

## Condición C, fisura longitudinal H:

### Presupuesto

Presupuesto	1101010	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ		
Subpresupuesto	001	C-2 CONDICIÓN C, FISURA LONGITUDINAL H		
Cliente		TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY	Costo al	29/05/2019
Lugar		ANCASH - ANCASH - ANCASH		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gls	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,933.06
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	8.00	94.82	758.56
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,033.06
	GASTOS GENERALES				203.31
	UTILIDADES (10%)				203.31
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>2,439.68</b>
	IMPUESTO (18%)				439.14
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>2,878.82</b>

SON : DOS MIL OCHOCIENTOS SETENTIOCHO Y 82/100 NUEVOS SOLES

## Condición C, fisura transversal M:

### Presupuesto

Presupuesto	1101011	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ		
Subpresupuesto	001	C-3 CONDICIÓN C, FISURA TRANSVERSAL M		
Cliente		TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY	Costo al	29/05/2019
Lugar		ANCASH - ANCASH - ANCASH		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gls	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,984.54</b>
	IMPUESTO (18%)				357.22
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>2,341.76</b>

SON : DOS MIL TRESCIENTOS CUARENTIUNO Y 76/100 NUEVOS SOLES

## Condición C, fisura transversal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101012 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 C-4 CONDICIÓN C, FISURA TRANSVERSAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,458.96
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	3.00	94.82	284.46
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,558.96
	GASTOS GENERALES				155.90
	UTILIDADES (10%)				155.90
	SUB TOTAL				1,870.76
	IMPUESTO (18%)				336.74
	PRESUPUESTO TOTAL				2,207.50

SON : DOS MIL DOSCIENTOS SIETE Y 50/100 NUEVOS SOLES

## Condición C, piel de cocodrilo M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101013 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 C-5 CONDICIÓN C, PIEL DE COCODRILLO M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				2,499.20
02.01	PARCHADO SUPERFICIAL	m2	10.00	132.47	1,324.70
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,509.20
	GASTOS GENERALES				259.92
	UTILIDADES (10%)				259.92
	SUB TOTAL				3,119.04
	IMPUESTO (18%)				561.43
	PRESUPUESTO TOTAL				3,680.47

SON : TRES MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y 47/100 NUEVOS SOLES

## Condición D, fisura longitudinal M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101014 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 D-1 CONDICIÓN D, FISURA LONGITUDINAL M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	SUB TOTAL				1,984.54
	IMPUESTO (18%)				357.22
	PRESUPUESTO TOTAL				2,341.76

SON : DOS MIL TRESCIENTOS CUARENTIUNO Y 78/100 NUEVOS SOLES

## Condición D, fisura longitudinal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101015 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 D-2 CONDICIÓN D, FISURA LONGITUDINAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,933.06
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	8.00	94.82	758.56
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,033.06
	GASTOS GENERALES				203.31
	UTILIDADES (10%)				203.31
	SUB TOTAL				2,439.68
	IMPUESTO (18%)				439.14
	PRESUPUESTO TOTAL				2,878.82

SON : DOS MIL OCHOCIENTOS SETENTIOCHO Y 82/100 NUEVOS SOLES

## Condición D, hueco L:

### Presupuesto

Presupuesto 1101017 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 D-3 CONDICIÓN D, HUECO L  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gls	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,755.82
02.01	PARCHADO PROFUNDO	m2	4.00	145.33	581.32
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,855.82
	GASTOS GENERALES				185.58
	UTILIDADES (10%)				185.58
	SUB TOTAL				2,226.98
	IMPUESTO (18%)				400.86
	PRESUPUESTO TOTAL				2,627.84

SON : DOS MIL SEISCIENTOS VEINTISIETE Y 84/100 NUEVOS SOLES

## Condición D, fisura transversal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101018 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 D-4 CONDICIÓN D, FISURA TRANSVERSAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gls	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,458.96
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	3.00	94.82	284.46
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,558.96
	GASTOS GENERALES				155.90
	UTILIDADES (10%)				155.90
	SUB TOTAL				1,870.76
	IMPUESTO (18%)				336.74
	PRESUPUESTO TOTAL				2,207.50

SON : DOS MIL DOSCIENTOS SIETE Y 50/100 NUEVOS SOLES

## Condición D, piel de cocodrilo L:

### Presupuesto

Presupuesto 1101016 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 D-5 CONDICIÓN D, PIEL DE COCODRILO L  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glo	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				2,764.14
02.01	PARCHADO SUPERFICIAL	m2	12.00	132.47	1,589.64
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,864.14
	GASTOS GENERALES				288.41
	UTILIDADES (10%)				288.41
	SUB TOTAL				3,438.96
	IMPUESTO (18%)				618.65
	PRESUPUESTO TOTAL				4,055.61
	SON : CUATRO MIL CINCUENTICINCO Y 61/100 NUEVOS SOLES				

## Condición E, fisura longitudinal M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101019 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 E-1 CONDICIÓN E, FISURA LONGITUDINAL M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glo	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	SUB TOTAL				1,984.54
	IMPUESTO (18%)				357.22
	PRESUPUESTO TOTAL				2,341.76
	SON : DOS MIL TRESIENTOS CUARENTIUNO Y 76/100 NUEVOS SOLES				

## Condición E, fisura longitudinal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101020 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 E-2 CONDICIÓN E, FISURA LONGITUDINAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gls	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,933.06
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	8.00	94.82	758.56
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,033.06
	GASTOS GENERALES				203.31
	UTILIDADES (10%)				203.31
	SUB TOTAL				2,439.68
	IMPUESTO (18%)				439.14
	PRESUPUESTO TOTAL				2,878.82

SON : DOS MIL OCHOCIENTOS SETENTIOCHO Y 82/100 NUEVOS SOLES

## Condición E, hueco M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101021 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 E-3 CONDICIÓN E, HUECO M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gls	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				2,046.48
02.01	PARCHADO PROFUNDO	m2	6.00	145.33	871.98
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,146.48
	GASTOS GENERALES				214.65
	UTILIDADES (10%)				214.65
	SUB TOTAL				2,575.78
	IMPUESTO (18%)				463.64
	PRESUPUESTO TOTAL				3,039.42

SON : TRES MIL TRENTINUEVE Y 42/100 NUEVOS SOLES

## Condición E, fisura transversal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101022 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 E-4 CONDICIÓN E, FISURA TRANSVERSAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,458.98
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	3.00	94.82	284.46
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,558.98
	GASTOS GENERALES				155.90
	UTILIDADES (10%)				155.90
	SUB TOTAL				1,870.78
	IMPUESTO (18%)				336.74
	PRESUPUESTO TOTAL				2,207.50

SON : DOS MIL DOSCIENTOS SIETE Y 50/100 NUEVOS SOLES

## Condición E, piel de cocodrilo L:

### Presupuesto

Presupuesto 1101023 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 E-5 CONDICIÓN E, PIEL DE COCODRILLO L  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				2,764.14
02.01	PARCHADO SUPERFICIAL	m2	12.00	132.47	1,589.64
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,864.14
	GASTOS GENERALES				286.41
	UTILIDADES (10%)				286.41
	SUB TOTAL				3,436.96
	IMPUESTO (18%)				618.65
	PRESUPUESTO TOTAL				4,055.61

SON : CUATRO MIL CINCUENTICINCO Y 61/100 NUEVOS SOLES

## Condición F, fisura longitudinal M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101024 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 F-1 CONDICIÓN F, FISURA LONGITUDINAL M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glo	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,553.78
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	4.00	94.82	379.28
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,653.78
	GASTOS GENERALES				165.38
	UTILIDADES (10%)				165.38
	SUB TOTAL				1,984.54
	IMPUESTO (18%)				357.22
	PRESUPUESTO TOTAL				2,341.76

SON : DOS MIL TRESIENTOS CUARENTIUNO Y 78/100 NUEVOS SOLES

## Condición F, fisura longitudinal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101025 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 F-1 CONDICIÓN F, FISURA LONGITUDINAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glo	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,933.06
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	8.00	94.82	758.56
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				2,033.06
	GASTOS GENERALES				203.31
	UTILIDADES (10%)				203.31
	SUB TOTAL				2,439.68
	IMPUESTO (18%)				439.14
	PRESUPUESTO TOTAL				2,878.82

SON : DOS MIL OCHOCIENTOS SETENTIOCHO Y 82/100 NUEVOS SOLES

## Condición F, hueco M:

### Presupuesto

Presupuesto 1101026 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 F-3 CONDICIÓN F, HUECO M  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				2,918.46
02.01	PARCHADO PROFUNDO	m2	12.00	145.33	1,743.96
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				3,018.46
	GASTOS GENERALES				301.85
	UTILIDADES (10%)				301.85
	SUB TOTAL				3,822.16
	IMPUESTO (18%)				651.89
	PRESUPUESTO TOTAL				4,274.15

SON : CUATRO MIL DOSCIENTOS SETENTICUATRO Y 15/100 NUEVOS SOLES

## Condición F, fisura transversal H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101027 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 F-4 CONDICIÓN F, FISURA TRANSVERSAL H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gib	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				1,648.80
02.01	SELLO DE FISURAS Y GRIETAS	m	5.00	94.82	474.10
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				1,748.80
	GASTOS GENERALES				174.86
	UTILIDADES (10%)				174.86
	SUB TOTAL				2,098.32
	IMPUESTO (18%)				377.70
	PRESUPUESTO TOTAL				2,476.02

SON : DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTISEIS Y 02/100 NUEVOS SOLES

## Condición F, piel de cocodrilo H:

### Presupuesto

Presupuesto 1101028 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO, RED VIAL PE-3N, TRAMO CONOCOCHA - HUARAZ  
 Subpresupuesto 001 F-5 CONDICIÓN F, PIEL DE COCODRILO H  
 Cliente TESIS DE PREGRADO - ATALAYA RIMAC JUDITH JEIDY Costo al 29/05/2019  
 Lugar ANCASH - ANCASH - ANCASH

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				100.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gle	1.00	100.00	100.00
02	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS				3,354.45
02.01	PARCHADO PROFUNDO	m2	15.00	145.33	2,179.95
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	225.00	5.22	1,174.50
	COSTO DIRECTO				3,454.45
	GASTOS GENERALES				345.45
	UTILIDADES (10%)				345.45
	SUB TOTAL				4,145.35
	IMPUESTO (18%)				746.16
	PRESUPUESTO TOTAL				4,891.51

SON : CUATRO MIL OCHOCIENTOS NOVENTIUNO Y 51/100 NUEVOS SOLES

**ANEXO B – RESULTADOS DE LA MEDICIÓN EN CAMPO DEL IRI.**

<b>MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAAC</b>				
<b>PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAAC</b>	<b>DISTANCIA ACUMULADA (m)</b>	<b>IRI</b>		
		<b>CARRIL DERECHO</b>	<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	<b>CALZADA</b>
<b>577+724</b>	50	1.48	1.36	1.42
	100	2.19	4.02	3.10
	150	2.10	2.24	2.17
	200	1.16	2.17	1.67
	250	1.71	1.13	1.42
	300	1.91	3.57	2.74
	350	2.19	2.00	2.10
	400	2.92	3.25	3.08
	450	2.30	2.46	2.38
	500	1.50	1.56	1.53
	550	1.73	1.27	1.50
	600	2.77	4.80	3.78
	650	2.56	6.55	4.55
	700	2.97	3.89	3.43
	750	2.29	3.82	3.05
	800	2.14	3.27	2.71
	850	2.43	2.39	2.41
	900	2.23	3.36	2.80
	950	3.18	1.56	2.37
	1000	1.67	2.35	2.01
	1050	1.92	2.43	2.17
	1100	2.27	2.92	2.59
	1150	2.21	1.33	1.77
	1200	2.34	2.55	2.44
	1250	1.93	2.98	2.46
	1300	2.20	3.17	2.69
	1350	2.03	1.90	1.96
	1400	1.53	4.82	3.18
	1450	2.05	1.36	1.71
	1500	1.78	3.27	2.53
	1550	2.21	3.23	2.72
	1600	2.18	2.85	2.52
	1650	2.84	1.31	2.07
	1700	2.11	3.05	2.58
	1750	1.94	2.04	1.99
	1800	2.12	3.58	2.85
	1850	2.19	2.95	2.57
	1900	2.01	1.31	1.66

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	1950	2.52	2.55	2.54
	2000	2.02	2.90	2.46
	2050	2.28	2.43	2.36
	2100	2.48	3.56	3.02
	2150	2.17	5.22	3.70
	2200	2.16	4.54	3.35
	2250	2.03	2.50	2.27
	2300	2.36	2.37	2.36
	2350	2.34	0.84	1.59
	2400	2.11	1.82	1.97
	2450	2.07	1.85	1.96
	2500	1.89	2.95	2.42
	2550	1.86	2.38	2.12
	2600	2.33	2.57	2.45
	2650	2.05	2.79	2.42
	2700	2.50	2.55	2.53
	2750	2.19	2.96	2.57
	2800	2.19	2.18	2.18
	2850	2.82	2.77	2.79
	2900	2.32	2.87	2.59
	2950	1.96	1.76	1.86
	3000	1.92	2.30	2.11
	3050	2.74	2.67	2.71
	3100	1.82	2.24	2.03
	3150	2.01	4.04	3.02
	3200	2.26	4.96	3.61
	3250	2.05	3.43	2.74
	3300	2.15	3.65	2.90
	3350	2.81	3.63	3.22
	3400	2.34	4.18	3.26
	3450	2.23	3.27	2.75
	3500	1.98	1.61	1.80
	3550	2.25	0.77	1.51
	3600	2.65	2.91	2.78
	3650	2.29	3.04	2.66
	3700	2.27	2.67	2.47
	3750	2.57	3.06	2.81
	3800	1.78	1.23	1.51

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	3850	2.11	2.65	2.38
	3900	1.78	2.52	2.15
	3950	2.46	1.01	1.74
	4000	2.28	3.79	3.03
	4050	2.39	1.96	2.17
	4100	2.16	2.74	2.45
	4150	2.31	4.03	3.17
	4200	2.26	4.62	3.44
	4250	1.82	4.65	3.24
	4300	2.52	4.97	3.74
	4350	2.68	2.74	2.71
	4400	2.75	2.72	2.74
	4450	2.51	3.22	2.86
	4500	3.52	2.26	2.89
	4550	3.35	1.67	2.51
	4600	3.49	1.99	2.74
	4650	2.47	2.70	2.58
	4700	2.84	3.36	3.10
	4750	2.48	1.05	1.77
	4800	2.48	4.75	3.61
	4850	2.45	2.48	2.46
	4900	2.14	1.43	1.79
	4950	2.40	3.13	2.76
	5000	2.43	2.82	2.62
	5050	2.55	2.17	2.36
	5100	3.45	2.42	2.93
	5150	3.09	3.31	3.20
	5200	2.33	2.93	2.63
	5250	2.69	3.32	3.00
	5300	2.94	3.30	3.12
	5350	2.61	1.19	1.90
	5400	2.82	1.39	2.11
	5450	2.68	2.88	2.78
	5500	2.04	2.29	2.17
	5550	2.65	2.57	2.61
	5600	2.24	3.76	3.00
	5650	2.44	3.20	2.82
	5700	2.29	1.96	2.12

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	5750	2.23	1.26	1.75
	5800	1.82	1.47	1.64
	5850	1.84	3.07	2.46
	5900	2.06	3.55	2.81
	5950	2.45	2.70	2.57
	6000	3.05	2.15	2.60
	6050	3.24	2.84	3.04
	6100	2.85	2.67	2.76
	6150	2.83	1.85	2.34
	6200	3.34	4.07	3.70
	6250	2.90	3.82	3.36
	6300	2.99	3.43	3.21
	6350	2.43	1.07	1.75
	6400	2.45	1.35	1.90
	6450	3.56	1.36	2.46
	6500	2.36	3.61	2.99
	6550	3.65	1.90	2.78
	6600	2.84	4.02	3.43
	6650	2.65	2.78	2.71
	6700	2.84	4.04	3.44
	6750	3.15	2.24	2.69
	6800	2.76	2.23	2.50
	6850	2.70	3.75	3.23
	6900	3.33	4.40	3.87
	6950	2.80	2.79	2.80
	7000	2.65	2.92	2.78
	7050	2.06	3.12	2.59
	7100	5.23	1.81	3.52
	7150	3.21	3.94	3.57
	7200	2.70	3.61	3.15
	7250	3.39	4.35	3.87
	7300	2.81	4.28	3.55
	7350	1.63	3.67	2.65
	7400	1.97	3.77	2.87
	7450	1.72	3.56	2.64
	7500	2.94	1.47	2.21
	7550	1.92	2.09	2.00
	7600	2.93	4.68	3.80

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAZ				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAZ	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	7650	2.55	4.59	3.57
	7700	3.10	1.24	2.17
	7750	2.84	4.14	3.49
	7800	2.84	5.92	4.38
	7850	2.96	0.81	1.88
	7900	2.69	1.26	1.98
	7950	2.93	1.88	2.40
	8000	2.46	2.12	2.29
	8050	2.48	4.30	3.39
	8100	2.60	2.52	2.56
	8150	3.60	3.17	3.38
	8200	2.91	4.04	3.48
	8250	3.02	3.32	3.17
	8300	2.33	4.32	3.32
	8350	2.74	3.46	3.10
	8400	2.75	3.31	3.03
	8450	2.91	1.67	2.29
	8500	3.29	4.09	3.69
	8550	3.03	1.19	2.11
	8600	2.71	2.77	2.74
	8650	2.85	4.83	3.84
	8700	2.83	3.86	3.34
	8750	2.66	2.80	2.73
	8800	2.63	2.57	2.60
	8850	2.69	2.48	2.59
	8900	2.75	3.14	2.94
	8950	3.04	4.12	3.58
	9000	3.43	7.56	5.50
	9050	4.11	8.19	6.15
	9100	2.82	1.17	1.99
	9150	2.65	3.91	3.28
	9200	2.57	4.72	3.65
	9250	2.61	2.32	2.46
	9300	2.44	3.11	2.78
	9350	2.50	4.56	3.53
	9400	3.03	2.80	2.91
	9450	4.02	1.90	2.96
	9500	2.92	2.71	2.82

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	9550	2.79	3.90	3.35
	9600	3.78	4.74	4.26
	9650	3.25	3.98	3.61
	9700	2.76	5.32	4.04
	9750	3.68	1.07	2.37
	9800	3.40	0.88	2.14
	9850	2.66	3.08	2.87
	9900	2.98	4.27	3.62
	9950	3.00	2.84	2.92
	10000	4.05	3.16	3.60
	10050	3.84	2.67	3.25
	10100	3.12	1.90	2.51
	10150	3.55	2.26	2.90
	10200	3.17	1.33	2.25
	10250	4.19	1.95	3.07
	10300	2.83	1.48	2.15
	10350	2.93	2.81	2.87
	10400	2.34	7.13	4.73
	10450	3.02	7.60	5.31
	10500	4.17	3.39	3.78
	10550	4.19	5.17	4.68
	10600	4.63	3.77	4.20
	10650	3.65	4.47	4.06
	10700	3.46	3.17	3.31
	10750	2.62	2.95	2.78
	10800	3.15	4.31	3.73
	10850	3.32	1.54	2.43
	10900	2.50	2.00	2.25
	10950	2.68	2.72	2.70
	11000	4.78	0.86	2.82
	11050	2.67	2.64	2.66
	11100	3.37	1.30	2.33
	11150	3.21	1.10	2.15
	11200	2.82	3.48	3.15
	11250	2.86	3.08	2.97
	11300	2.90	6.68	4.79
	11350	3.17	3.87	3.52
	11400	2.79	4.40	3.60

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAAC				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAAC	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	11450	2.68	6.04	4.36
	11500	2.62	1.17	1.90
	11550	2.47	3.75	3.11
	11600	2.70	1.20	1.95
	11650	2.59	2.54	2.57
	11700	2.59	2.18	2.38
	11750	5.29	3.99	4.64
	11800	5.37	3.57	4.47
	11850	3.78	2.61	3.20
	11900	2.92	3.75	3.33
	11950	2.41	3.23	2.82
	12000	3.27	3.06	3.16
	12050	2.39	3.24	2.82
	12100	3.11	3.36	3.24
	12150	3.07	2.75	2.91
	12200	3.21	2.03	2.62
	12250	2.91	2.70	2.81
	12300	3.44	3.24	3.34
	12350	3.84	2.99	3.41
	12400	3.16	5.46	4.31
	12450	3.01	4.89	3.95
	12500	2.69	2.70	2.69
	12550	3.58	3.52	3.55
	12600	4.23	0.50	2.37
	12650	3.87	1.12	2.49
	12700	3.50	3.22	3.36
	12750	2.83	1.03	1.93
	12800	3.18	4.51	3.85
	12850	2.45	3.15	2.80
	12900	2.71	3.06	2.89
	12950	2.97	4.40	3.69
	13000	2.75	2.89	2.82
	13050	2.82	1.39	2.11
	13100	3.92	2.88	3.40
	13150	2.90	1.90	2.40
	13200	2.81	2.13	2.47
	13250	3.02	1.87	2.44
	13300	3.12	4.71	3.91

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	13350	3.02	5.99	4.51
	13400	3.58	4.36	3.97
	13450	3.48	3.52	3.50
	13500	2.82	2.78	2.80
	13550	2.95	3.26	3.10
	13600	3.17	6.09	4.63
	13650	3.18	2.37	2.77
	13700	3.18	2.86	3.02
	13750	3.05	3.45	3.25
	13800	2.87	3.49	3.18
	13850	3.04	2.55	2.79
	13900	3.11	2.79	2.95
	13950	2.58	1.85	2.22
	14000	2.89	3.31	3.10
	14050	3.30	3.70	3.50
	14100	3.11	3.59	3.35
	14150	2.53	1.70	2.12
	14200	2.89	1.08	1.99
	14250	2.28	1.73	2.00
	14300	2.85	2.03	2.44
	14350	2.63	3.00	2.81
	14400	2.55	3.39	2.97
	14450	2.75	3.32	3.03
	14500	2.44	3.36	2.90
	14550	3.17	2.38	2.77
	14600	2.80	2.14	2.47
	14650	2.58	3.90	3.24
	14700	2.93	4.47	3.70
	14750	2.74	3.39	3.07
	14800	2.58	3.51	3.05
	14850	3.12	3.08	3.10
	14900	1.96	3.72	2.84
	14950	2.30	2.96	2.63
	15000	2.80	3.58	3.19
	15050	3.30	3.69	3.50
	15100	3.23	2.48	2.86
	15150	2.84	2.22	2.53
	15200	2.61	3.03	2.82

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAAC				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAAC	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	15250	2.87	3.93	3.40
	15300	2.07	5.10	3.58
	15350	2.40	3.59	3.00
	15400	2.37	4.33	3.35
	15450	2.89	5.01	3.95
	15500	2.40	2.97	2.69
	15550	2.37	2.90	2.63
	15600	2.59	4.29	3.44
	15650	3.18	2.34	2.76
	15700	2.68	2.48	2.58
	15750	3.46	1.56	2.51
	15800	5.44	2.59	4.02
	15850	2.46	1.59	2.02
	15900	2.62	1.45	2.03
	15950	2.68	2.01	2.34
	16000	2.83	2.95	2.89
	16050	2.71	2.19	2.45
	16100	2.61	2.02	2.32
	16150	2.70	1.64	2.17
	16200	2.64	4.75	3.70
	16250	2.58	3.63	3.10
	16300	2.52	3.01	2.76
	16350	2.03	3.51	2.77
	16400	3.17	4.21	3.69
	16450	3.41	3.31	3.36
	16500	3.41	3.53	3.47
	16550	3.11	7.45	5.28
	16600	3.64	1.92	2.78
	16650	2.96	1.47	2.22
	16700	2.82	0.58	1.70
	16750	2.70	3.54	3.12
	16800	3.57	4.88	4.22
	16850	3.52	4.05	3.78
	16900	2.76	3.57	3.17
	16950	2.89	5.01	3.95
	17000	2.85	7.14	5.00
	17050	3.14	5.09	4.12
	17100	2.76	1.45	2.10

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAAC				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAAC	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	17150	2.39	2.68	2.54
	17200	2.27	2.18	2.23
	17250	2.93	3.78	3.36
	17300	2.71	3.59	3.15
	17350	3.62	3.82	3.72
	17400	3.36	4.36	3.86
	17450	3.21	4.12	3.66
	17500	2.65	4.40	3.52
	17550	2.39	3.97	3.18
	17600	2.54	1.65	2.09
	17650	2.00	4.99	3.50
	17700	1.86	3.41	2.64
	17750	2.58	3.68	3.13
	17800	1.97	3.79	2.88
	17850	2.30	2.26	2.28
	17900	2.29	3.37	2.83
	17950	2.41	1.24	1.82
	18000	2.22	1.42	1.82
	18050	2.93	4.25	3.59
	18100	3.13	2.44	2.79
	18150	2.63	2.68	2.66
	18200	2.90	1.91	2.41
	18250	3.44	2.68	3.06
	18300	2.89	2.42	2.65
	18350	3.20	4.79	3.99
	18400	2.97	3.94	3.46
	18450	3.06	1.59	2.33
	18500	3.07	2.97	3.02
	18550	3.42	2.93	3.17
	18600	2.51	4.65	3.58
	18650	2.67	3.13	2.90
	18700	3.13	3.96	3.55
	18750	2.22	3.48	2.85
	18800	2.84	2.69	2.77
	18850	3.17	2.06	2.61
	18900	4.02	3.80	3.91
	18950	2.54	3.97	3.25
	19000	2.89	1.86	2.37

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	19050	2.66	2.91	2.79
	19100	2.82	2.02	2.42
	19150	2.56	2.58	2.57
	19200	2.58	1.30	1.94
	19250	2.70	2.37	2.54
	19300	3.53	1.29	2.41
	19350	3.18	0.71	1.94
	19400	3.32	3.11	3.21
	19450	2.24	2.97	2.60
	19500	2.89	3.67	3.28
	19550	3.55	3.43	3.49
	19600	2.43	3.07	2.75
	19650	3.24	1.77	2.50
	19700	2.88	1.53	2.20
	19750	2.27	3.84	3.05
	19800	2.06	2.70	2.38
	19850	2.86	0.95	1.90
	19900	2.78	3.22	3.00
	19950	2.62	2.66	2.64
	20000	2.66	1.58	2.12
	20050	2.39	3.03	2.71
	20100	2.33	0.70	1.52
	20150	2.70	3.42	3.06
	20200	2.36	2.96	2.66
	20250	2.83	2.17	2.50
	20300	2.32	2.61	2.47
	20350	2.42	3.65	3.03
	20400	2.72	3.86	3.29
	20450	2.42	1.68	2.05
	20500	2.83	2.63	2.73
	20550	2.74	2.83	2.78
	20600	3.23	2.34	2.78
	20650	3.07	2.70	2.89
	20700	2.85	2.26	2.55
	20750	2.88	3.86	3.37
	20800	2.45	4.78	3.61
	20850	2.75	5.66	4.20
	20900	1.98	5.49	3.74

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAZ				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAZ	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	20950	2.29	3.06	2.67
	21000	3.03	2.95	2.99
	21050	2.32	3.55	2.94
	21100	3.03	3.76	3.39
	21150	2.78	3.29	3.04
	21200	3.02	4.92	3.97
	21250	2.35	5.03	3.69
	21300	3.09	2.71	2.90
	21350	3.03	4.40	3.71
	21400	3.67	5.11	4.39
	21450	3.06	3.55	3.30
	21500	3.21	3.85	3.53
	21550	2.77	3.28	3.03
	21600	2.89	2.87	2.88
	21650	3.01	2.05	2.53
	21700	2.47	1.97	2.22
	21750	3.38	0.93	2.16
	21800	3.04	2.70	2.87
	21850	2.84	1.91	2.37
	21900	3.12	1.01	2.07
	21950	2.83	2.21	2.52
	22000	3.45	2.99	3.22
	22050	3.14	3.62	3.38
	22100	2.91	3.41	3.16
	22150	2.42	3.71	3.07
	22200	2.83	4.21	3.52
	22250	2.58	1.88	2.23
	22300	2.64	5.82	4.23
	22350	3.01	5.64	4.32
	22400	2.38	2.58	2.48
	22450	2.44	3.66	3.05
	22500	2.42	2.42	2.42
	22550	2.21	3.21	2.71
	22600	2.40	2.99	2.69
	22650	2.40	2.17	2.29
	22700	3.62	4.02	3.82
	22750	2.99	3.36	3.18
	22800	3.19	2.55	2.87

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAC				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAC	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	22850	2.03	3.05	2.54
	22900	2.44	2.46	2.45
	22950	2.71	2.25	2.48
	23000	3.02	2.57	2.79
	23050	3.12	4.43	3.77
	23100	2.93	2.74	2.84
	23150	3.27	1.19	2.23
	23200	2.67	2.13	2.40
	23250	2.26	7.23	4.74
	23300	2.51	6.79	4.65
	23350	3.08	9.00	6.04
	23400	2.67	2.84	2.76
	23450	2.30	3.37	2.84
	23500	2.54	3.70	3.12
	23550	2.26	3.16	2.71
	23600	2.30	2.19	2.25
	23650	2.49	2.74	2.62
	23700	1.74	3.04	2.39
	23750	2.49	5.78	4.13
	23800	2.64	4.97	3.81
	23850	2.58	3.84	3.21
	23900	3.23	4.09	3.66
	23950	3.08	4.10	3.59
	24000	3.16	1.85	2.50
	24050	2.58	2.31	2.44
	24100	2.44	3.77	3.10
	24150	2.12	3.22	2.67
	24200	2.40	2.42	2.41
	24250	2.28	2.51	2.39
	24300	2.66	3.31	2.98
	24350	2.26	3.70	2.98
	24400	2.19	3.27	2.73
	24450	4.03	1.70	2.87
	24500	2.15	3.99	3.07
	24550	2.65	3.77	3.21
	24600	2.94	2.04	2.49
	24650	2.48	3.91	3.19
	24700	2.86	2.22	2.54

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	24750	2.41	1.53	1.97
	24800	2.53	2.97	2.75
	24850	2.03	1.69	1.86
	24900	2.05	2.31	2.18
	24950	2.46	2.66	2.56
	25000	2.37	2.32	2.35
	25050	2.27	1.19	1.73
	25100	2.59	3.32	2.95
	25150	2.09	4.36	3.23
	25200	2.47	3.95	3.21
	25250	3.36	4.14	3.75
	25300	2.66	5.73	4.19
	25350	2.79	4.24	3.52
	25400	2.44	3.22	2.83
	25450	2.37	2.09	2.23
	25500	2.19	2.62	2.41
	25550	2.53	2.24	2.38
	25600	3.31	6.82	5.07
	25650	3.05	6.16	4.60
	25700	3.20	4.07	3.64
	25750	2.53	3.36	2.95
	25800	3.21	2.83	3.02
	25850	2.65	3.22	2.93
	25900	3.04	4.46	3.75
	25950	2.69	5.30	4.00
	26000	2.54	5.34	3.94
	26050	3.33	6.20	4.76
	26100	3.14	2.43	2.79
	26150	4.67	1.48	3.08
	26200	2.54	2.50	2.52
	26250	2.92	0.76	1.84
	26300	2.77	1.64	2.21
	26350	2.73	2.91	2.82
	26400	2.62	2.74	2.68
	26450	2.43	1.89	2.16
	26500	3.06	3.23	3.14
	26550	2.57	3.03	2.80
	26600	2.35	3.99	3.17

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAK				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAK	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	26650	2.96	2.86	2.91
	26700	3.16	2.99	3.08
	26750	3.39	4.14	3.77
	26800	3.71	3.16	3.43
	26850	3.78	3.82	3.80
	26900	3.44	2.90	3.17
	26950	3.01	4.86	3.94
	27000	3.31	2.95	3.13
	27050	3.26	4.24	3.75
	27100	3.44	3.82	3.63
	27150	2.76	2.99	2.87
	27200	2.42	3.42	2.92
	27250	4.00	5.46	4.73
	27300	3.10	1.51	2.31
	27350	2.92	1.46	2.19
	27400	3.41	8.00	5.70
	27450	3.92	6.66	5.29
	27500	3.32	2.67	3.00
	27550	2.35	2.40	2.37
	27600	3.06	5.12	4.09
	27650	3.25	2.57	2.91
	27700	3.04	4.01	3.53
	27750	3.07	2.73	2.90
	27800	2.98	3.39	3.18
	27850	2.92	5.52	4.22
	27900	2.81	3.70	3.25
	27950	3.23	3.28	3.25
	28000	8.57	2.24	5.40
	28050	4.23	1.55	2.89
	28100	2.21	1.95	2.08
	28150	2.72	2.71	2.71
	28200	2.57	7.76	5.17
	28250	2.90	6.97	4.93
	28300	3.74	4.47	4.10
	28350	2.61	5.17	3.89
	28400	3.23	3.95	3.59
	28450	2.99	4.53	3.76
	28500	3.54	6.67	5.10

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAZ				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAZ	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	28550	2.84	4.09	3.46
	28600	3.62	4.23	3.93
	28650	3.26	2.32	2.79
	28700	3.55	1.93	2.74
	28750	4.08	1.59	2.84
	28800	3.58	3.46	3.52
	28850	2.49	4.05	3.27
	28900	2.74	2.45	2.59
	28950	3.18	1.82	2.50
	29000	2.17	2.68	2.43
	29050	2.12	1.64	1.88
	29100	2.55	1.85	2.20
	29150	3.53	2.40	2.97
	29200	2.23	2.08	2.16
	29250	2.07	1.53	1.80
	29300	2.72	1.53	2.12
	29350	2.39	2.93	2.66
	29400	2.84	3.87	3.35
	29450	3.22	3.28	3.25
	29500	2.59	2.49	2.54
	29550	2.28	1.84	2.06
	29600	3.13	3.66	3.39
	29650	2.56	1.62	2.09
	29700	2.25	3.59	2.92
	29750	2.73	3.52	3.13
	29800	2.96	2.49	2.72
	29850	2.32	2.85	2.59
	29900	3.08	2.07	2.58
	29950	1.72	1.24	1.48
	30000	2.67	2.11	2.39
	30050	2.59	2.55	2.57
	30100	3.13	3.51	3.32
	30150	3.80	2.22	3.01
	30200	3.00	3.78	3.39
	30250	2.63	3.55	3.09
	30300	2.36	1.97	2.16
	30350	2.42	2.62	2.52
	30400	2.60	4.06	3.33

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAZ				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAZ	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	30450	2.32	4.05	3.18
	30500	2.44	1.91	2.18
	30550	2.71	2.09	2.40
	30600	3.18	2.55	2.87
	30650	2.98	2.73	2.86
	30700	2.64	3.65	3.15
	30750	3.15	2.45	2.80
	30800	3.52	1.97	2.74
	30850	3.66	3.29	3.48
	30900	3.10	2.79	2.95
	30950	2.84	4.36	3.60
	31000	2.82	1.96	2.39
	31050	3.16	0.77	1.96
	31100	2.85	4.43	3.64
	31150	3.11	3.81	3.46
	31200	2.97	0.85	1.91
	31250	3.12	3.21	3.17
	31300	3.24	2.24	2.74
	31350	2.35	3.40	2.88
	31400	3.17	2.44	2.81
	31450	3.24	1.65	2.44
	31500	3.08	1.81	2.44
	31550	3.71	3.46	3.58
	31600	3.52	1.37	2.45
	31650	2.83	2.34	2.58
	31700	2.70	3.99	3.34
	31750	3.25	1.85	2.55
	31800	2.85	3.16	3.00
	31850	3.16	1.81	2.49
	31900	3.04	4.00	3.52
	31950	2.73	4.36	3.54
	32000	3.68	3.18	3.43
	32050	2.64	4.33	3.49
	32100	2.28	3.79	3.04
	32150	3.23	1.14	2.19
	32200	2.25	2.06	2.16
	32250	2.79	5.57	4.18
	32300	3.03	3.12	3.08

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO HUARAZ - CATAZ				
PROGRESIVA (km) HUARAZ - CATAZ	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		CALZADA
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	
	32350	2.86	5.29	4.08
	32400	3.10	3.22	3.16
	32450	3.02	3.11	3.06
	32500	2.88	2.77	2.82
	32550	2.97	3.72	3.35
	32600	2.37	1.97	2.17
	32650	2.22	1.94	2.08
	32700	3.71	1.76	2.74
	32750	3.12	2.04	2.58
	32800	2.80	2.44	2.62
	32850	2.77	4.71	3.74
	32900	1.98	3.31	2.64
	32950	2.69	5.38	4.04
	33000	3.31	3.93	3.62
	33050	2.77	3.05	2.91
	33100	3.00	3.87	3.44
	33150	2.01	4.30	3.15
	33200	2.04	3.06	2.55
	33250	2.17	2.39	2.28
	33300	2.07	1.70	1.88
	33350	2.65	1.81	2.23
	33400	2.51	4.95	3.73
	33450	2.06	4.79	3.42
	33500	2.56	4.40	3.48
	33550	2.91	1.43	2.17
	33600	3.06	2.50	2.78
	33650	4.35	3.59	3.97
	33700	2.81	3.48	3.14
	33750	2.85	1.68	2.26
	33800	3.28	2.59	2.93
	33850	2.38	3.45	2.92
	33900	3.31	3.02	3.17
	33950	3.50	4.37	3.93
<b>543+709</b>	34000	4.75	2.27	3.51

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
543+709	34050	3.85	1.47	2.66
	34100	2.63	4.50	3.56
	34150	3.08	3.93	3.50
	34200	2.85	3.15	3.00
	34250	3.39	2.70	3.05
	34300	2.96	4.58	3.77
	34350	3.09	2.54	2.81
	34400	4.71	2.24	3.48
	34450	2.74	2.69	2.71
	34500	3.31	0.54	1.93
	34550	3.08	2.44	2.76
	34600	2.94	3.75	3.34
	34650	3.46	3.21	3.34
	34700	2.91	7.61	5.26
	34750	2.45	5.14	3.79
	34800	2.72	4.33	3.53
	34850	2.81	3.83	3.32
	34900	2.73	2.76	2.74
	34950	2.53	3.06	2.80
	35000	2.18	4.03	3.11
	35050	2.73	1.17	1.95
	35100	2.93	0.72	1.82
	35150	3.31	2.59	2.95
	35200	2.78	1.32	2.05
	35250	4.07	1.94	3.01
	35300	2.12	0.94	1.53
	35350	2.55	0.99	1.77
	35400	2.59	1.94	2.27
	35450	3.23	1.88	2.55
	35500	3.01	1.98	2.49
	35550	2.65	5.56	4.10
	35600	2.60	2.73	2.67
	35650	2.27	3.63	2.95
	35700	2.88	4.69	3.79
	35750	3.18	3.44	3.31
	35800	3.05	2.35	2.70
	35850	3.50	2.04	2.77
	35900	3.10	5.30	4.20

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	35950	4.21	5.46	4.83
	36000	3.16	2.83	3.00
	36050	2.90	5.31	4.10
	36100	3.57	3.08	3.33
	36150	3.30	3.14	3.22
	36200	2.56	4.55	3.55
	36250	2.60	3.40	3.00
	36300	3.31	2.63	2.97
	36350	2.91	3.23	3.07
	36400	2.62	3.04	2.83
	36450	3.13	2.85	2.99
	36500	3.39	4.32	3.85
	36550	3.19	1.32	2.26
	36600	3.01	2.56	2.79
	36650	3.17	3.27	3.22
	36700	3.22	4.51	3.86
	36750	3.31	1.35	2.33
	36800	3.19	2.49	2.84
	36850	3.31	1.77	2.54
	36900	2.99	1.74	2.36
	36950	3.70	3.59	3.64
	37000	3.85	1.90	2.88
	37050	2.87	5.81	4.34
	37100	3.14	3.90	3.52
	37150	3.35	1.60	2.47
	37200	3.50	2.70	3.10
	37250	2.41	1.33	1.87
	37300	2.92	3.21	3.06
	37350	3.11	3.65	3.38
	37400	3.29	2.64	2.97
	37450	3.58	5.12	4.35
	37500	2.97	4.40	3.68
	37550	3.59	3.64	3.61
	37600	3.01	3.77	3.39
	37650	3.47	3.57	3.52
	37700	3.17	3.47	3.32
	37750	2.87	2.66	2.77
	37800	3.05	2.82	2.93

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	37850	2.69	2.64	2.67
	37900	2.65	3.17	2.91
	37950	2.60	3.49	3.05
	38000	3.15	1.33	2.24
	38050	2.70	1.55	2.12
	38100	2.38	0.82	1.60
	38150	2.71	2.99	2.85
	38200	2.03	3.82	2.92
	38250	2.65	3.00	2.83
	38300	2.42	2.44	2.43
	38350	2.65	2.82	2.73
	38400	2.97	4.12	3.54
	38450	2.21	2.49	2.35
	38500	2.83	3.84	3.34
	38550	2.50	5.28	3.89
	38600	2.21	2.90	2.55
	38650	2.03	1.54	1.79
	38700	1.63	2.77	2.20
	38750	2.18	1.82	2.00
	38800	2.14	4.10	3.12
	38850	2.42	2.60	2.51
	38900	2.42	2.92	2.67
	38950	2.79	4.44	3.62
	39000	2.06	4.73	3.40
	39050	1.96	4.14	3.05
	39100	1.68	1.63	1.66
	39150	2.67	1.26	1.96
	39200	1.74	1.51	1.62
	39250	2.00	2.86	2.43
	39300	2.23	3.42	2.83
	39350	2.52	3.99	3.25
	39400	2.90	2.11	2.50
	39450	3.11	2.87	2.99
	39500	2.68	4.12	3.40
	39550	3.06	1.87	2.46
	39600	3.21	1.75	2.48
	39650	2.62	3.78	3.20
	39700	3.21	2.61	2.91

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	39750	3.84	2.64	3.24
	39800	2.78	4.84	3.81
	39850	3.78	2.59	3.19
	39900	3.35	2.03	2.69
	39950	3.14	2.10	2.62
	40000	3.53	3.69	3.61
	40050	5.07	5.07	5.07
	40100	3.19	3.39	3.29
	40150	3.31	3.02	3.16
	40200	3.18	2.09	2.64
	40250	3.22	1.08	2.15
	40300	2.90	0.60	1.75
	40350	2.84	1.54	2.19
	40400	3.44	2.39	2.91
	40450	2.59	2.96	2.77
	40500	3.01	0.88	1.94
	40550	2.68	3.40	3.04
	40600	2.83	2.56	2.70
	40650	3.75	0.96	2.36
	40700	3.01	1.58	2.30
	40750	3.89	2.23	3.06
	40800	2.86	2.51	2.69
	40850	3.43	3.06	3.24
	40900	2.59	1.70	2.15
	40950	2.71	2.00	2.36
	41000	2.33	1.98	2.16
	41050	2.02	2.32	2.17
	41100	2.16	2.83	2.49
	41150	2.08	3.38	2.73
	41200	1.97	2.95	2.46
	41250	2.14	3.47	2.81
	41300	1.93	3.35	2.64
	41350	2.25	3.39	2.82
	41400	2.65	2.76	2.70
	41450	2.74	3.22	2.98
	41500	2.32	2.91	2.62
	41550	2.33	3.46	2.89
	41600	2.19	3.45	2.82

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	41650	2.19	3.50	2.85
	41700	2.28	2.87	2.58
	41750	2.91	3.09	3.00
	41800	2.56	3.16	2.86
	41850	2.14	2.95	2.54
	41900	3.11	3.06	3.09
	41950	2.95	2.59	2.77
	42000	2.98	3.08	3.03
	42050	2.40	3.23	2.81
	42100	2.20	2.72	2.46
	42150	2.67	3.28	2.98
	42200	2.39	3.35	2.87
	42250	2.18	3.82	3.00
	42300	1.97	3.24	2.61
	42350	2.39	2.63	2.51
	42400	2.76	3.15	2.96
	42450	2.42	3.41	2.91
	42500	2.42	2.97	2.70
	42550	2.85	3.10	2.98
	42600	3.19	3.56	3.38
	42650	3.36	3.17	3.27
	42700	3.15	2.72	2.94
	42750	3.54	3.14	3.34
	42800	3.15	3.23	3.19
	42850	3.26	2.88	3.07
	42900	3.34	2.94	3.14
	42950	3.38	2.93	3.15
	43000	3.41	3.18	3.30
	43050	3.47	3.11	3.29
	43100	3.15	3.01	3.08
	43150	2.73	3.22	2.97
	43200	3.47	3.44	3.46
	43250	3.50	2.91	3.21
	43300	2.61	3.87	3.24
	43350	4.12	3.10	3.61
	43400	4.01	3.17	3.59
	43450	3.55	3.40	3.47
	43500	3.22	3.16	3.19

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	45450	3.22	3.25	3.23
	45500	3.54	2.73	3.14
	45550	3.44	3.09	3.26
	45600	3.30	2.77	3.03
	45650	3.30	3.30	3.30
	45700	3.52	2.83	3.17
	45750	3.53	3.45	3.49
	45800	3.99	3.12	3.55
	45850	2.96	2.84	2.90
	45900	2.97	2.73	2.85
	45950	3.72	3.00	3.36
	46000	3.07	2.67	2.87
	46050	3.29	3.00	3.15
	46100	3.63	2.99	3.31
	46150	2.93	3.04	2.98
	46200	3.33	3.45	3.39
	46250	3.14	3.15	3.14
	46300	2.97	1.84	2.41
	46350	3.70	2.78	3.24
	46400	3.18	2.30	2.74
	46450	3.68	2.41	3.04
	46500	3.17	2.93	3.05
	46550	3.53	2.93	3.23
	46600	2.54	3.87	3.21
	46650	3.28	2.66	2.97
	46700	3.40	2.32	2.86
	46750	2.96	2.45	2.70
	46800	3.03	2.37	2.70
	46850	3.40	2.68	3.04
	46900	3.26	2.84	3.05
	46950	3.00	2.75	2.88
	47000	3.59	2.95	3.27
	47050	3.20	2.95	3.07
	47100	3.76	3.41	3.58
	47150	3.20	2.46	2.83
	47200	2.79	2.77	2.78
	47250	2.65	3.43	3.04
	47300	3.36	3.77	3.57
	47350	3.04	3.17	3.10

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	47400	3.50	2.94	3.22
	47450	3.22	6.59	4.90
	47500	3.27	2.88	3.07
	47550	2.61	2.78	2.70
	47600	3.71	3.05	3.38
	47650	3.02	2.73	2.88
	47700	3.72	2.72	3.22
	47750	3.24	3.35	3.30
	47800	3.47	3.05	3.26
	47850	3.90	3.50	3.70
	47900	3.53	3.13	3.33
	47950	3.22	2.36	2.79
	48000	3.94	2.50	3.22
	48050	3.23	2.81	3.02
	48100	4.04	2.34	3.19
	48150	3.86	2.59	3.23
	48200	4.53	3.75	4.14
	48250	3.64	3.42	3.53
	48300	3.72	3.18	3.45
	48350	3.75	3.51	3.63
	48400	3.79	3.62	3.71
	48450	4.38	3.11	3.74
	48500	4.65	2.67	3.66
	48550	3.18	2.42	2.80
	48600	4.29	3.00	3.65
	48650	4.09	3.34	3.71
	48700	3.57	3.30	3.44
	48750	3.00	4.11	3.55
	48800	4.26	3.13	3.69
	48850	2.77	2.72	2.75
	48900	2.82	2.72	2.77
	48950	2.57	2.96	2.77
	49000	3.19	2.49	2.84
	49050	3.15	2.87	3.01
	49100	2.70	2.82	2.76
	49150	3.25	2.87	3.06
	49200	3.44	2.84	3.14
	49250	2.81	2.86	2.83

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	49300	3.22	3.12	3.17
	49350	3.62	2.87	3.25
	49400	3.41	3.01	3.21
	49450	2.32	3.20	2.76
	49500	3.77	3.12	3.44
	49550	4.12	2.78	3.45
	49600	3.49	3.22	3.36
	49650	3.13	2.69	2.91
	49700	3.27	2.06	2.66
	49750	3.41	3.02	3.21
	49800	3.19	2.51	2.85
	49850	2.92	2.34	2.63
	49900	3.50	2.85	3.17
	49950	3.12	3.16	3.14
	50000	2.95	3.09	3.02
	50050	3.19	2.15	2.67
	50100	3.50	1.94	2.72
	50150	3.26	2.23	2.75
	50200	3.58	2.15	2.87
	50250	3.66	2.65	3.16
	50300	3.73	2.05	2.89
	50350	2.98	1.45	2.22
	50400	3.00	1.97	2.48
	50450	3.37	2.22	2.80
	50500	3.14	2.95	3.04
	50550	3.72	2.75	3.23
	50600	3.80	2.38	3.09
	50650	3.20	1.94	2.57
	50700	2.98	2.22	2.60
	50750	3.09	2.94	3.02
	50800	3.25	2.75	3.00
	50850	3.46	2.63	3.04
	50900	4.27	3.60	3.94
	50950	2.94	3.04	2.99
	51000	2.67	3.12	2.90
	51050	2.56	3.29	2.93
	51100	2.75	3.13	2.94
	51150	3.08	2.54	2.81

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	51200	2.91	2.90	2.90
	51250	2.09	3.90	3.00
	51300	2.69	3.09	2.89
	51350	1.79	3.19	2.49
	51400	1.98	2.95	2.47
	51450	2.97	3.29	3.13
	51500	2.93	3.99	3.46
	51550	4.02	4.72	4.37
	51600	3.41	2.89	3.15
	51650	3.58	3.14	3.36
	51700	3.47	3.85	3.66
	51750	3.91	3.20	3.56
	51800	3.82	3.02	3.42
	51850	4.35	3.22	3.79
	51900	3.35	3.30	3.33
	51950	4.68	3.51	4.09
	52000	3.65	5.81	4.73
	52050	3.79	3.21	3.50
	52100	3.52	2.60	3.06
	52150	3.62	3.50	3.56
	52200	4.15	2.82	3.48
	52250	3.67	2.70	3.19
	52300	3.11	2.69	2.90
	52350	3.13	2.48	2.80
	52400	4.03	2.24	3.14
	52450	4.61	3.09	3.85
	52500	3.22	3.62	3.42
	52550	3.44	2.97	3.20
	52600	3.19	2.89	3.04
	52650	3.74	2.39	3.06
	52700	3.63	2.03	2.83
	52750	3.67	2.65	3.16
	52800	3.43	2.10	2.76
	52850	4.21	2.77	3.49
	52900	3.66	2.39	3.03
	52950	3.27	2.51	2.89
	53000	3.86	2.50	3.18
	53050	2.99	2.68	2.84

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	53100	3.11	2.30	2.71
	53150	3.19	2.39	2.79
	53200	4.16	2.37	3.27
	53250	4.59	2.61	3.60
	53300	2.87	3.15	3.01
	53350	3.32	2.69	3.00
	53400	3.87	2.22	3.04
	53450	3.35	2.49	2.92
	53500	3.23	2.19	2.71
	53550	2.98	2.29	2.63
	53600	3.19	2.34	2.77
	53650	3.78	2.59	3.19
	53700	3.15	3.11	3.13
	53750	4.48	2.97	3.72
	53800	4.02	2.50	3.26
	53850	3.65	2.41	3.03
	53900	3.09	2.67	2.88
	53950	2.89	2.80	2.84
	54000	3.92	2.68	3.30
	54050	2.97	3.02	3.00
	54100	3.49	3.08	3.29
	54150	5.05	2.79	3.92
	54200	3.03	2.65	2.84
	54250	2.93	3.14	3.04
	54300	3.72	3.08	3.40
	54350	3.89	3.05	3.47
	54400	3.32	2.77	3.05
	54450	3.75	2.47	3.11
	54500	3.08	2.86	2.97
	54550	4.16	2.99	3.58
	54600	3.85	2.38	3.11
	54650	2.37	3.14	2.76
	54700	3.07	4.95	4.01
	54750	2.09	2.59	2.34
	54800	2.26	2.62	2.44
	54850	2.76	3.02	2.89
	54900	3.48	1.94	2.71
	54950	2.71	2.33	2.52

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	55000	3.50	2.32	2.91
	55050	3.11	2.42	2.77
	55100	3.51	1.87	2.69
	55150	3.19	2.12	2.65
	55200	3.44	3.07	3.25
	55250	3.11	2.14	2.63
	55300	3.53	2.49	3.01
	55350	3.14	2.64	2.89
	55400	4.08	2.73	3.41
	55450	3.73	2.91	3.32
	55500	3.85	2.42	3.14
	55550	3.74	2.69	3.21
	55600	3.31	2.15	2.73
	55650	3.99	2.23	3.11
	55700	4.25	2.61	3.43
	55750	4.00	2.31	3.16
	55800	4.31	2.70	3.50
	55850	4.94	2.17	3.55
	55900	4.88	2.14	3.51
	55950	4.30	2.71	3.51
	56000	4.16	3.53	3.84
	56050	2.92	3.15	3.03
	56100	4.41	3.22	3.82
	56150	4.83	2.50	3.66
	56200	3.06	2.72	2.89
	56250	4.91	3.15	4.03
	56300	3.78	2.40	3.09
	56350	3.92	2.48	3.20
	56400	3.46	2.34	2.90
	56450	4.28	2.45	3.37
	56500	3.83	2.54	3.18
	56550	2.89	2.84	2.86
	56600	2.88	2.71	2.80
	56650	3.88	2.57	3.23
	56700	3.49	2.19	2.84
	56750	3.21	3.17	3.19
	56800	4.03	2.73	3.38
	56850	3.21	2.37	2.79

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	56900	3.40	2.23	2.82
	56950	3.24	1.81	2.52
	57000	3.27	2.16	2.72
	57050	2.78	2.50	2.64
	57100	3.26	2.86	3.06
	57150	3.00	2.22	2.61
	57200	3.68	2.72	3.20
	57250	3.54	2.90	3.22
	57300	2.82	2.71	2.77
	57350	2.92	2.99	2.96
	57400	3.61	2.51	3.06
	57450	2.94	3.36	3.15
	57500	3.46	2.70	3.08
	57550	2.28	2.39	2.34
	57600	3.15	2.78	2.96
	57650	3.51	3.13	3.32
	57700	2.90	2.66	2.78
	57750	3.39	2.21	2.80
	57800	3.01	2.61	2.81
	57850	3.36	2.94	3.15
	57900	4.25	3.03	3.64
	57950	3.71	2.98	3.34
	58000	3.27	2.93	3.10
	58050	3.48	3.00	3.24
	58100	2.87	2.51	2.69
	58150	3.41	2.10	2.76
	58200	3.44	2.06	2.75
	58250	3.18	2.48	2.83
	58300	3.05	2.48	2.76
	58350	2.72	3.39	3.05
	58400	3.08	3.37	3.22
	58450	2.66	2.70	2.68
	58500	2.68	2.95	2.82
	58550	3.02	3.19	3.11
	58600	2.96	3.29	3.13
	58650	3.16	3.46	3.31
	58700	2.89	3.18	3.04
	58750	3.14	2.62	2.88

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	60700	3.15	2.71	2.93
	60750	2.69	3.46	3.08
	60800	2.24	3.34	2.79
	60850	2.83	3.46	3.14
	60900	2.69	4.25	3.47
	60950	2.49	3.28	2.88
	61000	3.09	3.36	3.23
	61050	2.84	3.64	3.24
	61100	2.95	3.96	3.46
	61150	3.62	2.98	3.30
	61200	3.12	3.20	3.16
	61250	3.64	4.17	3.91
	61300	4.11	3.77	3.94
	61350	3.21	4.04	3.63
	61400	3.58	3.10	3.34
	61450	3.15	2.86	3.01
	61500	3.45	3.64	3.55
	61550	3.03	3.14	3.09
	61600	3.71	3.05	3.38
	61650	3.91	4.30	4.11
	61700	3.06	3.71	3.38
	61750	3.15	3.98	3.57
	61800	3.00	3.70	3.35
	61850	3.26	3.16	3.21
	61900	3.49	4.20	3.84
	61950	3.05	3.00	3.02
	62000	2.79	3.43	3.11
	62050	2.83	2.72	2.78
	62100	2.70	3.24	2.97
	62150	2.95	2.60	2.78
	62200	2.35	2.96	2.65
	62250	2.69	3.25	2.97
	62300	2.26	3.45	2.86
	62350	2.59	2.97	2.78
	62400	2.58	2.99	2.78
	62450	3.13	2.99	3.06
	62500	3.58	3.58	3.58
	62550	2.58	3.08	2.83

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	62600	2.84	3.13	2.98
	62650	2.52	2.22	2.37
	62700	3.48	2.43	2.96
	62750	2.81	3.52	3.17
	62800	3.09	3.45	3.27
	62850	3.15	3.27	3.21
	62900	3.42	3.43	3.42
	62950	3.57	2.77	3.17
	63000	3.71	3.23	3.47
	63050	3.11	2.83	2.97
	63100	3.32	2.91	3.12
	63150	3.30	2.48	2.89
	63200	3.40	3.04	3.22
	63250	3.96	3.56	3.76
	63300	3.47	3.74	3.61
	63350	3.31	3.12	3.21
	63400	3.54	3.13	3.33
	63450	3.98	3.10	3.54
	63500	3.40	2.64	3.02
	63550	3.71	3.09	3.40
	63600	2.97	2.49	2.73
	63650	3.98	3.60	3.79
	63700	3.85	2.62	3.24
	63750	4.04	3.53	3.78
	63800	3.38	2.98	3.18
	63850	2.78	3.16	2.97
	63900	3.60	3.66	3.63
	63950	3.97	3.12	3.55
	64000	4.00	3.06	3.53
	64050	4.31	3.07	3.69
	64100	3.57	2.67	3.12
	64150	3.15	2.86	3.00
	64200	3.15	3.10	3.12
	64250	3.55	3.00	3.27
	64300	3.35	3.83	3.59
	64350	2.94	3.54	3.24
	64400	3.32	3.30	3.31
	64450	3.55	4.08	3.81

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	64500	3.62	3.96	3.79
	64550	3.00	3.29	3.14
	64600	2.85	3.89	3.37
	64650	3.66	4.36	4.01
	64700	3.68	3.32	3.50
	64750	3.83	3.80	3.82
	64800	2.89	3.62	3.25
	64850	4.31	4.06	4.18
	64900	2.88	3.51	3.20
	64950	2.95	3.48	3.22
	65000	3.18	3.59	3.38
	65050	2.82	3.27	3.05
	65100	3.16	3.08	3.12
	65150	3.24	3.85	3.55
	65200	3.18	3.36	3.27
	65250	3.81	3.44	3.63
	65300	3.66	3.11	3.38
	65350	4.03	3.24	3.64
	65400	4.46	3.44	3.95
	65450	3.74	2.89	3.32
	65500	3.83	2.67	3.25
	65550	3.12	3.33	3.22
	65600	3.52	2.26	2.89
	65650	3.41	2.29	2.85
	65700	3.52	2.47	3.00
	65750	3.55	2.30	2.93
	65800	3.10	2.36	2.73
	65850	2.59	3.04	2.81
	65900	3.21	2.20	2.70
	65950	3.52	2.51	3.01
	66000	3.14	2.97	3.06
	66050	2.59	2.33	2.46
	66100	3.19	2.99	3.09
	66150	3.22	2.32	2.77
	66200	2.97	2.42	2.69
	66250	3.25	2.15	2.70
	66300	3.46	2.59	3.02
	66350	2.52	2.82	2.67

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	66400	3.44	2.88	3.16
	66450	3.26	2.23	2.75
	66500	3.27	2.74	3.01
	66550	2.92	3.75	3.34
	66600	2.78	2.63	2.71
	66650	3.24	2.72	2.98
	66700	3.72	2.80	3.26
	66750	3.23	3.00	3.11
	66800	3.95	2.70	3.32
	66850	3.80	3.24	3.52
	66900	3.18	2.83	3.01
	66950	2.17	2.85	2.51
	67000	2.05	2.39	2.22
	67050	2.81	3.33	3.07
	67100	2.40	2.81	2.61
	67150	2.20	2.60	2.40
	67200	2.48	2.57	2.52
	67250	2.46	3.37	2.91
	67300	2.23	2.99	2.61
	67350	2.19	2.49	2.34
	67400	2.82	2.34	2.58
	67450	2.77	3.31	3.04
	67500	2.47	2.40	2.43
	67550	2.35	2.35	2.35
	67600	2.86	2.25	2.56
	67650	3.01	2.49	2.75
	67700	3.62	3.58	3.60
	67750	2.73	3.13	2.93
	67800	2.63	4.10	3.36
	67850	3.17	3.88	3.52
	67900	3.01	2.95	2.98
	67950	3.07	3.03	3.05
	68000	2.75	3.01	2.88
	68050	2.63	3.10	2.86
	68100	2.27	2.40	2.33
	68150	3.10	2.46	2.78
	68200	2.98	2.73	2.85
	68250	3.36	2.95	3.16

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	70200	3.82	2.73	3.28
	70250	3.63	2.54	3.08
	70300	3.80	2.72	3.26
	70350	4.41	3.16	3.79
	70400	3.37	2.35	2.86
	70450	3.75	2.57	3.16
	70500	3.45	2.82	3.14
	70550	3.20	2.79	2.99
	70600	3.14	3.69	3.41
	70650	4.08	3.47	3.77
	70700	3.55	3.02	3.28
	70750	3.65	2.62	3.14
	70800	3.96	3.30	3.63
	70850	3.84	3.69	3.76
	70900	3.19	2.67	2.93
	70950	3.81	4.80	4.31
	71000	4.51	3.28	3.90
	71050	3.46	3.33	3.39
	71100	3.12	3.06	3.09
	71150	3.03	2.75	2.89
	71200	3.27	1.95	2.61
	71250	3.39	2.92	3.15
	71300	3.85	2.55	3.20
	71350	3.50	2.44	2.97
	71400	3.59	2.72	3.16
	71450	2.88	3.02	2.95
	71500	2.91	2.98	2.95
	71550	2.78	3.03	2.91
	71600	2.82	3.19	3.00
	71650	3.81	3.15	3.48
	71700	3.08	2.98	3.03
	71750	4.09	2.94	3.51
	71800	3.28	3.14	3.21
	71850	4.14	2.91	3.53
	71900	3.70	3.05	3.38
	71950	3.40	2.63	3.01
	72000	3.60	3.01	3.31
	72050	3.27	2.52	2.90

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	72100	3.74	2.58	3.16
	72150	3.30	2.64	2.97
	72200	3.76	2.38	3.07
	72250	2.74	3.32	3.03
	72300	3.17	3.10	3.14
	72350	3.32	3.63	3.48
	72400	3.84	3.24	3.54
	72450	3.15	3.27	3.21
	72500	3.11	3.58	3.34
	72550	3.68	3.28	3.48
	72600	3.50	3.73	3.62
	72650	3.76	2.48	3.12
	72700	2.98	3.36	3.17
	72750	3.36	2.97	3.17
	72800	3.09	3.36	3.22
	72850	3.63	2.93	3.28
	72900	3.23	3.57	3.40
	72950	4.15	2.90	3.52
	73000	3.75	2.85	3.30
	73050	2.71	3.05	2.88
	73100	3.88	3.19	3.54
	73150	3.61	4.29	3.95
	73200	3.69	3.12	3.41
	73250	3.82	2.84	3.33
	73300	3.71	3.99	3.85
	73350	2.88	3.13	3.00
	73400	4.11	3.39	3.75
	73450	3.56	2.89	3.22
	73500	3.65	3.71	3.68
	73550	3.19	3.77	3.48
	73600	3.37	2.18	2.77
	73650	3.27	2.68	2.97
	73700	3.43	2.73	3.08
	73750	3.46	3.17	3.31
	73800	3.57	3.00	3.29
	73850	2.02	3.59	2.80
	73900	3.07	3.23	3.15
	73950	2.94	3.46	3.20

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	74000	2.61	3.42	3.02
	74050	3.13	3.36	3.24
	74100	3.17	2.94	3.05
	74150	3.48	2.65	3.07
	74200	3.56	3.11	3.33
	74250	3.81	2.83	3.32
	74300	3.70	2.92	3.31
	74350	3.46	3.20	3.33
	74400	2.58	2.40	2.49
	74450	2.96	2.67	2.82
	74500	2.90	2.97	2.94
	74550	3.11	2.86	2.99
	74600	3.29	2.52	2.90
	74650	2.80	2.75	2.77
	74700	3.08	3.26	3.17
	74750	2.74	3.45	3.09
	74800	2.46	3.05	2.76
	74850	2.63	3.17	2.90
	74900	2.66	2.48	2.57
	74950	2.37	3.11	2.74
	75000	2.84	3.04	2.94
	75050	2.97	2.58	2.78
	75100	3.51	2.60	3.05
	75150	3.50	2.80	3.15
	75200	2.85	2.31	2.58
	75250	2.89	3.07	2.98
	75300	2.80	3.02	2.91
	75350	3.00	2.83	2.92
	75400	2.79	2.86	2.82
	75450	2.79	2.63	2.71
	75500	2.76	4.79	3.78
	75550	2.96	3.19	3.08
	75600	2.72	2.78	2.75
	75650	3.14	2.47	2.81
	75700	2.67	2.80	2.73
	75750	2.57	2.22	2.39
	75800	2.83	2.56	2.69
	75850	2.51	3.21	2.86

MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA				
PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA	DISTANCIA ACUMULADA (m)	IRI		
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CALZADA
	75900	2.70	3.32	3.01
	75950	2.51	2.36	2.44
	76000	2.73	2.48	2.60
	76050	2.63	2.72	2.67
	76100	2.60	2.33	2.46
	76150	2.52	2.77	2.64
	76200	2.70	2.91	2.80
	76250	2.42	2.95	2.69
	76300	2.92	3.24	3.08
	76350	2.30	3.18	2.74
	76400	2.97	3.59	3.28
	76450	2.58	2.60	2.59
	76500	3.01	3.58	3.29
	76550	2.47	3.16	2.82
	76600	2.48	3.32	2.90
	76650	2.81	2.77	2.79
	76700	2.64	3.41	3.02
	76750	2.73	3.04	2.88
	76800	2.72	2.73	2.72
	76850	2.88	3.00	2.94
	76900	2.78	2.84	2.81
	76950	2.14	3.27	2.71
	77000	2.48	3.03	2.76
	77050	2.18	3.00	2.59
	77100	2.96	3.43	3.19
	77150	2.61	3.09	2.85
	77200	2.91	3.29	3.10
	77250	2.28	2.99	2.63
	77300	2.63	3.33	2.98
	77350	3.51	2.62	3.06
	77400	2.51	2.04	2.28
	77450	3.29	1.99	2.64
	77500	3.21	2.31	2.76
	77550	3.82	2.90	3.36
	77600	3.42	2.49	2.95
	77650	2.88	3.50	3.19
	77700	3.38	2.47	2.92
	77750	3.42	2.76	3.09

<b>MEDICIÓN EN CAMPO, TRAMO CATAC - CONOCOCHA</b>				
<b>PROGRESIVA (km) CATAC - CONOCOCHA</b>	<b>DISTANCIA ACUMULADA (m)</b>	<b>IRI</b>		<b>CALZADA</b>
		<b>CARRIL DERECHO</b>	<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	
	77800	3.33	2.85	3.09
	77850	2.38	2.74	2.56
	77900	2.88	3.18	3.03
	77950	2.67	2.81	2.74
	78000	2.51	3.36	2.93
	78050	3.05	2.53	2.79
	78100	3.02	2.08	2.55
	78150	3.45	2.25	2.85
	78200	3.37	2.37	2.87
	78250	2.62	2.46	2.54
	78300	2.53	3.21	2.87
	78350	2.32	2.06	2.19
<b>499+329</b>	78400	3.24	2.95	3.09