

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE
DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO DE CARRETERAS,
CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autoras:

Ana Liliana Murrugarra Sanchez

Jenny Yadira Ruiz Olórtegui

Asesor:

Ing. Mg. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres, que siempre están en los buenos y malos momentos, los que me enseñaron a afrontar los problemas, mostrándome su apoyo e infinito amor, los que nunca dudaron en animarme en seguir adelante, que fundamentalmente gracias a su soporte estoy a puertas de terminar una carrera profesional y convertirme en una ingeniera civil.

A mis hermanos, que siempre me apoyaron para continuar con mis estudios de ingeniería civil.

Ana Liliana Murrugarra Sánchez

DEDICATORIA

A mis amados padres por el constante apoyo en cumplir mis metas y sueños, por la fortaleza y comprensión en los momentos más difíciles, por inculcarme buenos principios y por demostrarme a través de sus ejemplos que para cumplir con un objetivo debemos ser constantes y trabajar arduamente.

A mis queridos hermanos, que con su preocupación y amor me dieron confianza y motivos para seguir adelante en el cumplimiento de mi objetivo profesional.

A mis abuelos por alentarme a seguir adelante siempre y ayudarme con mis responsabilidades.

Jenny Yadira Ruiz Olórtegui

AGRADECIMIENTO

La persona que soy ahora se lo debo a mis padres, que con sus enseñanzas me forjaron e inculcaron la mentalidad de siempre ayudar al prójimo, a ellos es mi infinito agradecimiento, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a llegar a este punto que significa el final y el comienzo de una etapa, gracias a ellos comprendo que el tener una carrera profesional, no significa ser más que alguien, sino el motivo para servir a la sociedad.

De igual forma agradezco a los docentes de la Universidad Privada del Norte que con su esfuerzo y dedicación nos impartieron todo su conocimiento, con el único fin de formar unos ingenieros capaces e íntegros.

A mis compañeros de carrera, que significaron siempre un apoyo incondicional y complicidad.

Ana Liliana Murrugarra Sánchez

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme, cuidarme y permitir vivir esta etapa universitaria.

A mis padres por impulsarme y acompañarme en cumplir con cada reto que he tenido a lo largo de mi vida.

A los docentes de la carrera profesional de ingeniería civil por el tiempo, dedicación y preocupación en nuestro aprendizaje, agradecerles por los conocimientos impartidos que nos ayudaron a formarnos en la carrera de ingeniería civil.

Al personal de los laboratorios por el trato amable en cada partica y la asesoría para realizar los ensayos que nos sirvieron para complementar nuestros conocimientos teóricos.

Jenny Yadira Ruiz Olórtegui

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	44
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	89
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Esquema de diseño longitudinal.....	28
Tabla 2 Artículos seleccionados.....	30
Tabla 3 Artículos seleccionados.....	31
Tabla 4 Artículos seleccionados.....	32
Tabla 5 Artículos seleccionados.....	33
Tabla 6 Tipo de estudios recopilados.....	44
Tabla 7 Año de publicación.....	45
Tabla 8 Modelos de deterioro.....	46
Tabla 9 Tipo de red vial.....	47
Tabla 10 Tipo de red vial, modelo Regresión.....	48
Tabla 11 Tipo de red vial, modelo Márkov.....	49
Tabla 12 Tipo de red vial, modelo Redes neuronales.....	50
Tabla 13 Tipo de red vial, modelo HDM-4.....	51
Tabla 14 Tipo de pavimento.....	52
Tabla 15 Tiempo evaluado por cada estudio.....	54
Tabla 16 Tiempo evaluado Regresión.....	55
Tabla 17 Tiempo evaluado, Cadenas de Márkov.....	56
Tabla 18 Tiempo evaluado, Redes neuronales.....	56
Tabla 19 Tiempo evaluado, HDM-4.....	57
Tabla 20 Longitudes por cada estudio.....	58
Tabla 21 Longitudes, Regresión Longitudes, Regresión.....	59
Tabla 22 Longitudes, Curvas de Márkov.....	60
Tabla 23 Longitudes, Redes neuronales.....	61
Tabla 24 Longitudes, HDM-4.....	61
Tabla 25 Parámetros de evaluación.....	63
Tabla 26 Tipo de evaluación estructural.....	65
Tabla 27 Tipo de evaluación estructural, Regresión.....	66
Tabla 28 Tipo de evaluación estructural, Cadenas de Márkov.....	67
Tabla 29 Tipo de evaluación estructural, Redes neuronales.....	67
Tabla 30 Tipo de evaluación estructural, HDM-4.....	68
Tabla 31 Tipo de evaluación funcional.....	69
Tabla 32 Tipo de evaluación funcional, Regresión.....	70
Tabla 33 Tipo de evaluación funcional, Cadenas Márkov.....	71
Tabla 34 Tipo de evaluación funcional, Redes neuronales.....	71
Tabla 35 Tipo de evaluación funcional, HDM-4.....	72
Tabla 36 Confiabilidad de los modelos de deterioro.....	73
Tabla 37 Confiabilidad, Regresión.....	74
Tabla 38 Confiabilidad, Cadenas de Márkov.....	75
Tabla 39 Confiabilidad, Redes neuronales.....	75
Tabla 40 Confiabilidad, HDM-4.....	76
Tabla 41 Dificultad del modelo.....	77
Tabla 42 Dificultad del modelo, Regresión.....	78
Tabla 43 Dificultad del modelo, Cadenas de Márkov.....	79
Tabla 44 Dificultad del modelo, Redes neuronales.....	79
Tabla 45 Dificultad del modelo, HDM-4.....	80
Tabla 46 Evaluación económica.....	81
Tabla 47 Evaluación económica, Regresión.....	82
Tabla 48 Evaluación económica, Cadenas de Márkov.....	83
Tabla 49 Evaluación económica, Redes neuronales.....	83
Tabla 50 Evaluación económica, HDM-4.....	84
Tabla 51 Tipo de mantenimiento.....	85
Tabla 52 Caracterización de los modelos de deterioro.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de Gestión vial.....	17
Figura 2 Curvas de regresión	20
Figura 3 Resultados obtenidos con la cadena de Márkov	21
Figura 4 Arquitectura de una Red Neuronal simple	22
Figura 5 Arquitectura del Sistema HDM-4.....	22
Figura 6 Diagrama de flujo según la metodología de elección de artículos científicos.....	36
Figura 7 Justificación de elección de parámetros.....	40
Figura 8 Justificación de elección de parámetros.....	41
Figura 9 Justificación de elección de parámetros.....	42
Figura 10 Porcentajes de tipos de estudios analizados.....	44
Figura 11 Año de publicación de las investigaciones	45
Figura 12 Modelos de deterioro.....	46
Figura 13 Porcentajes de cada tipo de red vial, total.....	48
Figura 14 Red vial evaluada por el modelo de regresión.....	49
Figura 15 Red vial evaluada por el modelo Cadenas de Márkov.....	49
Figura 16 Red vial evaluada por el modelo Redes Neuronales	50
Figura 17 Red vial evaluada por el modelo HDM-4.....	51
Figura 18 Tipo de pavimento	53
Figura 19 Tiempo evaluado por cada estudio.....	55
Figura 20 Tiempo evaluado Regresión.....	55
Figura 21 Tiempo evaluado, Cadenas de Márkov	56
Figura 22 Tiempo evaluado, Redes neuronales	57
Figura 23 Tiempo evaluado, HDM-4	57
Figura 24 Longitudes por cada estudio.....	59
Figura 25 Longitudes, Regresión	59
Figura 26 Longitudes, Curvas de Márkov.....	60
Figura 27 Longitudes, Redes neuronales.....	61
Figura 28 Longitudes, HDM-4.....	62
Figura 29 Porcentaje de parámetros evaluados	64
Figura 30 Número de parámetros evaluados por los artículos.....	64
Figura 31 Tipo de evaluación estructural.....	66
Figura 32 Tipo de evaluación estructural, Regresión	66
Figura 33 Tipo de evaluación estructural, Cadenas de Márkov.....	67
Figura 34 Tipo de evaluación estructural, Redes neuronales	68
Figura 35 Tipo de evaluación estructural, HDM-4.....	68
Figura 36 Tipo de evaluación funcional.....	70
Figura 37 Tipo de evaluación funcional, Regresión	70
Figura 38 Tipo de evaluación funcional, Cadenas Márkov.....	71
Figura 39 Tipo de evaluación funcional, Redes neuronales.....	72
Figura 40 Tipo de evaluación funcional, HDM-4.....	72
Figura 41 Confiabilidad de los modelos de deterioro.....	74
Figura 42 Confiabilidad, Regresión	74
Figura 43 Confiabilidad, Cadenas de Márkov.....	75
Figura 44 Confiabilidad, Redes neuronales	76
Figura 45 Confiabilidad, HDM-4.....	76
Figura 46 Dificultad del modelo	78
Figura 47 Dificultad del modelo, Regresión.....	78
Figura 48 Dificultad del modelo, Cadenas de Márkov.....	79
Figura 49 Dificultad del modelo, Redes neuronales	80
Figura 50 Dificultad del modelo, HDM-4.....	80
Figura 51 Evaluación económica.....	82
Figura 52 Evaluación económica, Regresión	82
Figura 53 Evaluación económica, Cadenas de Márkov	83
Figura 54 Evaluación económica, Redes neuronales.....	84
Figura 55 Evaluación económica, HDM-4.....	84
Figura 56 Tipo de mantenimiento.....	86

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en realizar una revisión documental, se basó en los resultados de otras investigaciones, siendo el objetivo principal caracterizar el uso de los modelos de deterioro para optimizar la gestión del mantenimiento de carreteras, los modelos evaluados fueron de Regresión Lineal, Cadenas de Márkov, Redes Neuronales y HDM-4, se planteó la hipótesis de que el modelo de deterioro que optimiza más la gestión de mantenimiento de carreteras es el de Regresión Lineal, para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron 32 artículos, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión, para obtener las características de los modelos se realizaron fichas de recolección de datos, con los parámetros más importantes, para la elección del mejor modelo de deterioro se escogió aquel que se adecua a las condiciones viales de Cajamarca, obteniendo que el mejor modelo de deterioro es el de Cadenas de Márkov, ya que es aplicable a redes vecinales, hace análisis en pavimentos flexibles, además abarca la mayor longitud de carretera modelada (480km), utiliza evaluación funcional, es muy confiable, tiene una dificultad moderada, se puede realizar evaluaciones económicas y tener opciones de mantenimiento, finalmente como implicancia se realizó una guía del modelo de Cadenas de Márkov.

Palabras clave: Gestión de mantenimiento de carreteras, modelos de deterioro, PCI.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La situación actual de crisis económica y problemas mundiales hacen que sea una condición necesaria optimizar todos los procesos de la actividad humana, de tal forma que resulten eficientes y sostenibles, en el caso de la ingeniería civil, específicamente en la rama de carreteras, es sumamente importante el diseño y construcción, pero se hace imprescindible el control del deterioro de carreteras, para optimizar los recursos y aplicar un correcto mantenimiento del firme. (Turrado, 2016)

Con este fin de conservar la calidad de la vía, condiciones de seguridad y capacidad estructural adecuadas, para la circulación, surge el concepto de gestión del mantenimiento de carreteras, el cual tiene como objetivo primordial, abordar el problema de conservación de carreteras de manera sistemática, con el fin de garantizar un nivel de servicio óptimo, en un periodo determinado, garantizando el menor coste posible, además uno de los componentes más importantes de este sistema son los modelos de deterioro, que ayudan a predecir la evolución del firme. (Murillo, 2013)

De esta forma reconocemos que la implementación de una gestión de mantenimiento de carreteras, es necesaria, para garantizar la conservación del firme, con la finalidad de que se puedan optimizar los recursos, generando una buena conservación, que dará como resultado seguridad y comodidad al usuario, sin embargo, es imposible detener el deterioro de la carretera, ya que está expuesta a muchos factores desfavorables desde el inicio de su ciclo de vida.

La calidad de la superficie del pavimento, se va deteriorando gradualmente con el tiempo, al estar expuesto a la intemperie y a factores externos como el incremento del tránsito vehicular y sollicitaciones de carga, efectos medioambientales, edad del

pavimento, calidad de los materiales, entre los daños más importantes, tenemos las deformaciones, ondulaciones, hundimientos, ahuellamientos, baches, fisuras, grietas y desprendimientos, mientras mayor deterioro presenta el pavimento, mayor repercusión genera en los aspectos económicos y sociales, reflejados en mayores costos de operación de los vehículos, incomodidad, inseguridad y mayores tiempos de movilización de los usuarios, además de mayores costos de mantenimiento del pavimento. (Ríos, 2019)

Con el fin de controlar dicho deterioro se emplean modelos de predicción del deterioro de carreteras, que son unas herramientas matemáticas que permiten estimar la posible evolución del estado de un pavimento a lo largo del tiempo, en base al conocimiento de las condiciones del mismo y de su entorno, en el momento de la realización del estudio, para realizar oportunamente el mantenimiento a la carretera. (Turrado, 2016)

Según Ríos, la carretera se deteriorará en el tiempo por diversos factores, no obstante, según turrado este deterioro se podría controlar con la implementación de modelos de deterioro en la gestión de mantenimiento de carreteras, con la finalidad de predecir su evolución en el tiempo y realizar intervenciones de mantenimiento de la carretera en el tiempo oportuno.

Por otro lado, AASHTO 93 es el método oficial para el diseño de pavimentos asfálticos, el cual estima la magnitud del ciclo de vida de la estructura, normalmente, los datos utilizados son asumidos como valores deterministas, pero sin tomar en cuenta su naturaleza aleatoria, obteniendo resultados de predicción del deterioro de la carretera con algunos errores. (Rodríguez, Theenoux, & González, 2016).

A partir de ello, han surgido varias investigaciones que han buscado identificar un modelo completo que brinden resultados reales, con la ayuda de la tecnología, los cuales

permitan reducir costes, tiempo y mejorar la gestión de mantenimiento vial. (Andrade, 2018)

Dentro de los métodos comunes utilizados para la predicción de la condición, se encuentran los empíricos de regresión y de cadenas de Márkov, siendo de naturaleza determinística y probabilística respectivamente, sin embargo, con el paso de los años han ido apareciendo otros métodos, que han sistematizado la evaluación como las Redes Neuronales, el HDM-4, etc. (Andrade, 2018)

En Perú, entre el año 2011 y 2016, retrocedió la infraestructura de caminos, esto se debe, en gran parte al gobierno encargado de su gestión, si bien es cierto la red vial nacional ha mejorado el porcentaje de vías pavimentadas, entre el año 2001 y el 2015, aumento el 19 %, no obstante, por otro lado, el estado de las vías de la Red Vial Departamental y la Vecinal es muy pobre, con 86% y 92% de las vías aún no pavimentadas y sin control del deterioro, respectivamente, Además contamos con una inadecuada política de mantenimiento, que generó pérdidas al Estado por US\$ 718,4 millones entre 1991-2007. (Instituto Peruano de Economía, 2017)

En el departamento de Cajamarca la red vial se encuentra en más del 70% en mal estado, panorama que se agrava por la falta de mantenimiento, además la red vial vecinal, siendo competencia de las municipalidades provinciales no tienen una adecuada atención en su conservación y mantenimiento en vista a lo limitado de su presupuesto, en la provincia de Cajamarca, Según el inventario vial realizado, tiene un total de 1,324.40 Km, de red vial vecinal, de la cual, el 93% se encuentra entre regular y mal estado de transitabilidad, debido a las condiciones climáticas y la escasez de recursos financieros para el mantenimiento oportuno. (Municipalidad de Cajamarca, 2011)

Esta realidad nos hace entender que en Perú es necesario mejorar la gestión del mantenimiento de carreteras, sistematizando el proceso, donde este sistema sea objetivo,

racionalizado y programado, implementando nuevas herramientas, en este caso los modelos de predicción del deterioro de carreteras.

A continuación, se presenta algunos antecedentes del uso de modelos de deterioro en la gestión del mantenimiento de carreteras.

Khadka, Mukesh & Paz, Alexander, 2017 en su artículo científico “Estimation of optimal pavement performance models for highways” publicado en Nevada, Las Vegas, tuvo como objetivo proponer un programa matemático para determinar un número óptimo de conglomerados de pavimento, para el cumplimiento de dicho objetivo primero extrajeron los datos de la Base de datos del Sistema de Gestión de Pavimentos (PMS), los cuales son datos de ubicación, datos de segmento, datos de contrato, datos ambientales, datos de tráfico y datos de estado de pavimento. De tal forma agrupó en conjuntos a los pavimentos con características similares, luego con el PCI de los pavimentos realizaron un análisis de regresión por cada conjunto, obteniendo como resultado un modelo matemático de regresión (PCI observado vs PCI estimado), con pequeños errores de predicción.

Vargas León, Juan Carlos, 2017 en su tesis, titulada “Evaluación técnica y económica entre las modalidades ejecutivas de conservación vial aplicando el modelo HDM-4 en la carretera PE-38 tramo Tacna – Tarata”, tuvo como objetivo determinar la mejor alternativa de solución técnica y económica que garantice una adecuada conservación vial de la carretera Tacna – Tarata, para lo cual realizó una recolección de datos como la geometría de la carretera, clima, datos de tránsito, condición superficial del pavimento, estructura de pavimento, entre otros; dicha información fue ingresada al modelo HDM-4, el cual permitió obtener la mejor alternativa de solución técnica y económica, logrando administrar eficientemente los recursos con los que se cuenta, eligieron la alternativa que consiste en realizar una conservación óptima con el sellado

de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo en calzada y la colocación de un refuerzo asfáltico de $e = 4$ cm, en toda la longitud del sub tramo.

Jarrin Coral, Irma Patricia, 2019, en la tesis titulada “Aplicación del modelo HDM-4 en el análisis y evaluación de las alternativas para el mantenimiento vial de Avenida Cristóbal Colón, Quito”, cuyo objetivo es analizar las alternativas de mantenimiento del pavimento flexible de la avenida Cristóbal Colón en la ciudad de Quito, aplicando el modelo HDM-4, en principio se utilizó la metodología PCI para determinar el estado actual del pavimento y reconocer que factores influyen en el deterioro del pavimento, posterior a ello se realizó ensayos destructivos obteniendo los datos de espesor del pavimento, humedad natural y granulometría, estableciendo la capacidad estructural actual y a partir de ensayos no destructivos obtuvieron el IRI que permitirán conocer cuál es el grado de uniformidad a lo largo de la superficie de la vía. Al calibrar el modelo HDM-4 con una alternativa base y dos alternativas más, siendo la alternativa 2 más rentable al tener un mayor valor en el TIR.

Jimmy Fernando Paredes Giler, 2019, en su proyecto de fin de máster titulado “Modelos de gestión para la conservación de puentes tipo fábrica”, siendo su objetivo principal optimizar los recursos económicos en la conservación de pavimentos basado en el Método estocástico-Probabilístico, realizando inspección visual de las fallas de los puentes seleccionados, las cuales se representaron en fichas técnicas, y en un inventario de obra, dichos datos se agruparon según el estado de gravedad del deterioro del puente, para luego procesar la información siguiendo el método Mاركoviano, obteniendo en un principio el vector del estado del puente, posterior la matriz de probabilidades de transición, matriz de entrada, la cual permitirá aglomerar las probabilidades de que el estado actual del puente pase del estado i al estado j entre dos ciclos de servicios

consecutivos, además las probabilidades ayudaran a generaran una reducción a los fondos de mantenimiento y conservación para reparación de dichas estructuras.

Gilvonio Cano, Gina Patricia. 2017, en su tesis titulada “Desempeño de micropavimento con mezcla asfáltica modificada y predicción de la vida útil mediante un modelo de falla”, cuyo objetivo es proporcionar una herramienta de Gestión Vial para la reparación y mantenimiento de carreteras y autopistas, para lo cual aplico adecuadamente deflectometría, cálculo inverso, redes neuronales adaptativas, redes neuronales de retro propagación y empleo de un modelo de falla basado en ahuellamiento y piel de cocodrilo para establecer el estado de deterioro; calculó los módulos de elasticidad de las capas del pavimento - base, subbase y subrasante, sin embargo no siempre son calculados adecuadamente con el proceso de retro cálculo, estos módulos fueron corregidos a partir de una base de datos clasificada por una red adaptativa SOM y entrenada con una red neuronal BP, como resultado obtuvo un modelo confiable, robusto y eficiente.

A continuación, se presentan conceptos y definiciones importantes para un mejor entendimiento de la investigación:

Carreteras.

Es un camino público pavimentado que está dispuesto para el tránsito de vehículos. Debe poseer una resistencia tal a las cargas sobre las que estará sometida para garantizar su durabilidad en el tiempo. Además, cuenta con obras adicionales que ayudan a mitigar el efecto del clima en ellas como son cunetas, pendiente de bombeo, etc. (Alejos & Cribillero, 2017).

Gestión de mantenimiento de carreteras

Es un conjunto de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones, pues coadyuva a evaluar las condiciones actuales y encontrar la estrategia



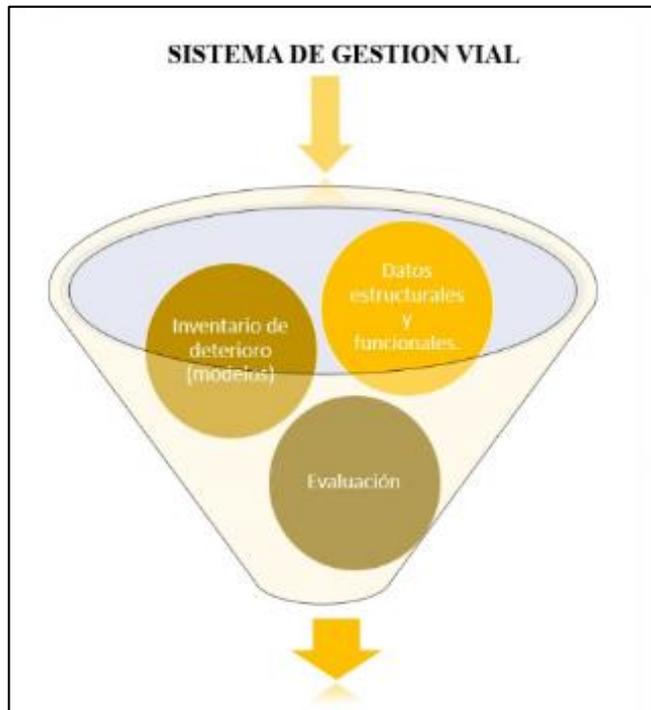
óptima para proveer, evaluar y mantener pavimentos en buenas condiciones de serviciabilidad, es decir, las condiciones futuras en un periodo determinado de tiempo. Su objetivo básico es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad. (Alejos & Cribillero, 2017)

Se puede indicar que un sistema de gestión de mantenimiento de carreteras incluye la recolección de datos de evaluación funcional y estructural de los pavimentos, además de la condición de los elementos de drenaje, obras de arte, señalización horizontal y vertical. (Solorio, 2004)

Además, utiliza Herramientas de análisis, son un conjunto de modelos matemáticos que se utilizan como apoyo para la predicción del deterioro del pavimento a lo largo de su vida útil, y estimación de los efectos de las acciones de conservación y Evaluación económica de proyectos de conservación y mejoramiento para tramos específicos. (Solorio, 2004)

Figura 1

Sistema de Gestión vial



Nota: La figura fue extraída de “secretaría de comunicaciones y transportes de México, 2004”

Tipos de mantenimiento - Niveles de intervención en la Conservación Vial

Los niveles de intervención son las diversas acciones que se realizan en la vía, los cuales se clasifican de acuerdo a la magnitud de los trabajos, que se originan desde una intervención simple que se realiza en las actividades de mantenimiento rutinario, hasta una intervención con mayor grado de dificultad y mayor costo como las actividades de reconstrucción o rehabilitación. (Simón, 2019)

Mantenimiento periódico.

Se diferencia del mantenimiento rutinario en que las actividades “periódicas” se realizan cada cierto número de años. Se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la superficie de la vía. El tratamiento de superficie se orienta a restablecer algunas características de la superficie de rodadura, sin constituirse en un refuerzo estructural. Entre sus características está la de preservar en buena forma la



textura de la superficie de rodadura, de manera que asegure la integridad estructural del camino por un tiempo más prolongado y evite su destrucción. (Simón, 2019)

Mantenimiento rutinario.

Consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura, en la nivelación de la misma y de las bermas, en el mantenimiento regular de los sistemas de drenaje (zanjas, cunetas, alcantarillas, etc.), de los taludes laterales, de los bordes y otros elementos accesorios de las vías; en el control del polvo y de la vegetación, la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización. Se aplica con regularidad una o más veces al año, dependiendo de las condiciones específicas de la vía. Las diferentes intervenciones rutinarias pueden ser programables a lo largo del tiempo o dependerán de algún evento extraordinario para programar su ejecución. Es por ello, que se plantean tres grupos de actividades: de recurrencia cíclica, eventuales y de emergencia. (Burneo, 2013)

Rehabilitación.

Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra en un estado de avanzado deterioro como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, pudiendo incluir algunos mejoramientos en los sistemas de drenaje y de contención. La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura. (Simón, 2019)

Condiciones de evaluación de la carretera

Condición funcional.

La Condición funcional se enfoca principalmente en la calidad de manejo o en la textura superficial de una sección carretera. Cubre conceptos como la calidad



de la manejabilidad o transitabilidad de una vía, la rugosidad de la misma, tipo, cantidad, severidad de daños y la resistencia al deslizamiento. Así, la literatura provee 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. (Chávez, 2014)

Condición estructural.

La condición estructural se enfoca en la capacidad estructural del pavimento medido mediante deflexiones (estáticas, vibratorias o de impulso), determinación de espesores reales de capas (calicatas, diamantinas), propiedades de los materiales (módulos, resistencia a la compresión, cantidad de asfalto, porcentaje de vacíos), entre otros. (Chavez, 2014)

Modelos de Deterioro de Pavimentos

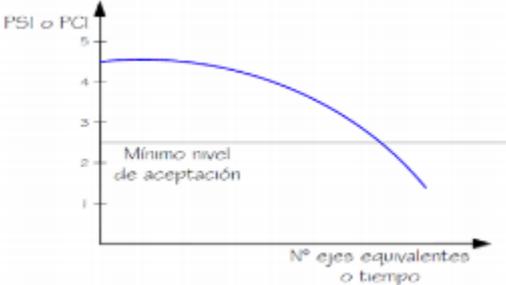
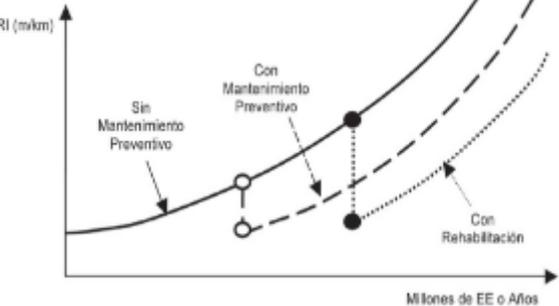
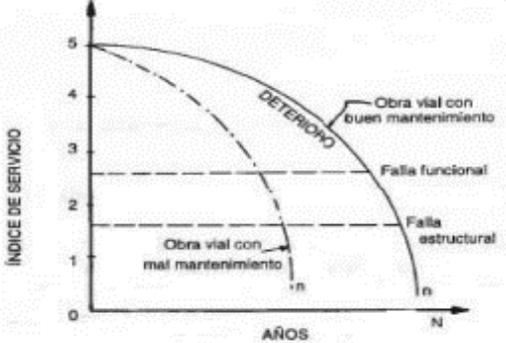
Regresión Lineal:

El modelo de Análisis de Regresión realiza un análisis de tendencia del comportamiento en el tiempo, a través de datos históricos que han sido recolectados durante la vida útil de la infraestructura. Los datos necesarios para el uso del modelo de regresión deben ser agrupados con características similares como: estructura, tránsito, clima, etc.

Para el uso de modelos de regresión se debe tomar en cuenta la forma funcional de las curvas esperadas en el momento que se realice el análisis de regresión. Con las investigaciones que se han realizado a través del tiempo han existido varios modelos (curvas) que se han obtenido por ajustes de regresión, entre las más importantes las siguientes:

Figura 2

Curvas de regresión

CURVAS GENERADAS POR CURVAS DE REGRESIÓN	DESCRIPCIÓN
	<p>Curva de Comportamiento de los Pavimentos. (Vial et al., 2012)</p>
	<p>Efecto del mantenimiento preventivo y rehabilitación en IRI. (Vera, Thenoux, Solminihac, & Echaveguren, 2010)</p>
	<p>Curva de deterioro en las obras viales a través del tiempo. (Gonzales & México, 2016).</p>

Nota: La figura fue extraída de “Alexis Iván Andrade Valle, 2018”

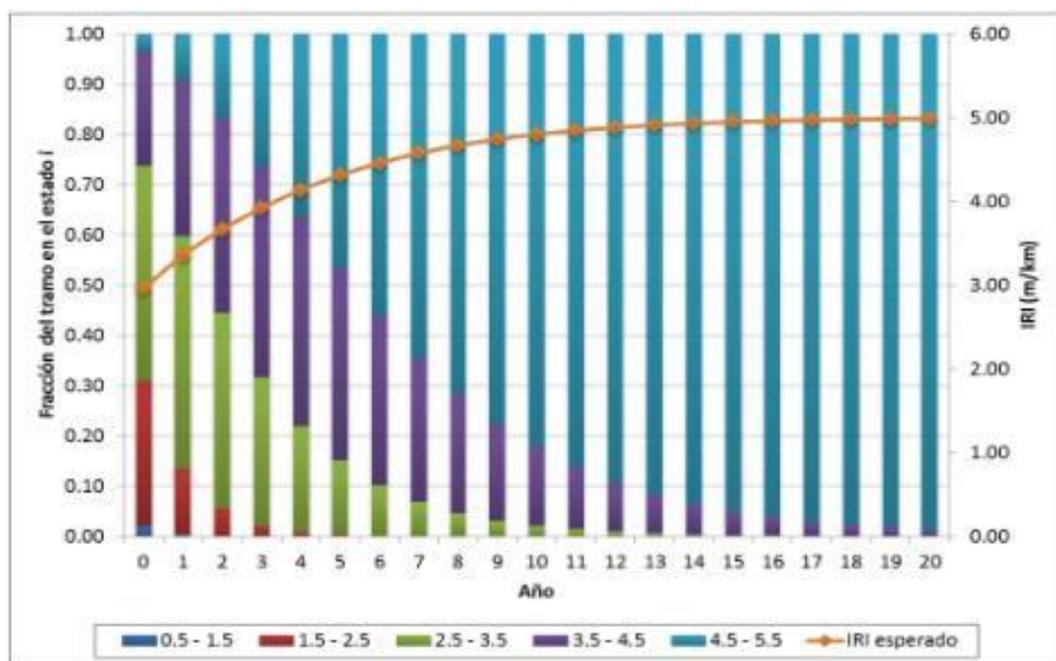
Cadenas de Márkov

Las metodologías a través de las cadenas de Márkov son utilizadas para determinar a través de análisis probabilísticos el estado futuro de la infraestructura de un pavimento basándose de su estado actual. El análisis probabilístico se lo realiza en base a la Matriz de Transición de Probabilidades (MTP), el mismo que describe

el comportamiento con variaciones probabilísticas de un estado a otro. Los métodos realizados en base a cadenas de Márkov entregan resultados de tipo probabilísticos para la evolución de deterioros los mismos que pueden ser cuantitativos y cualitativos a partir de datos como la distribución de información histórica y encuestas a expertos. (Andrade, 2018)

Figura 3

Resultados obtenidos con la cadena de Márkov



Nota: La figura fue extraída de “Alexis Iván Andrade Valle, 2018”

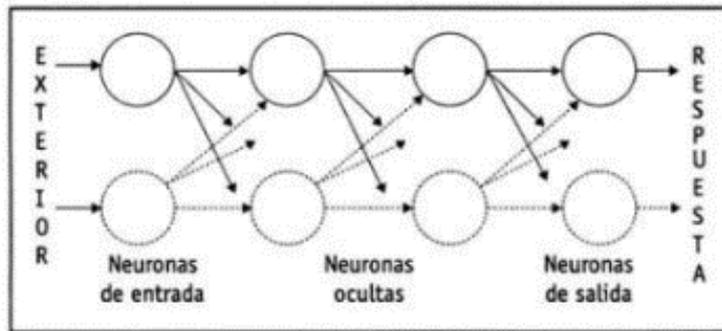
Redes Neuronales

Las redes neuronales se conforman mediante neuronas interconectadas las cuales reciben, procesan y transmiten señales o información a las otras con las cuales tienen conexión. Los modelos que utilizan esta metodología de análisis toman como referente las redes neuronales biológicas y en especial, la complejidad de la estructura y la eficiencia del cerebro humano para procesar información y tomar decisiones, dando como resultado procesos inteligentes que sirven para encontrar relaciones

2018)

Figura 4

Arquitectura de una Red Neuronal simple



Fuente: La figura fue extraída de "Flórez, L. & Fernández, F."

Software HDM-4.

El modelo HDM-4 contiene módulos de caracterización del tráfico, de caracterización de los costos y procesos de construcción, módulos de deterioro y mantenimiento, y módulo de análisis costo-beneficio. Para el concepto de gestión del mantenimiento de carreteras, el módulo más importante es el de deterioro y mantenimiento, que se basan en estudios empíricos realizados en Brasil por Geipot en 1982 y Paterson en 1987. (Chavez, 2014)

Figura 5

Arquitectura del Sistema HDM-4



Nota: La figura fue extraída de "Kerali, 2004"

Las principales funciones del HDM-4 son el análisis de los deterioros y los efectos de la conservación de carreteras, para una serie de alternativas de conservación especificadas por el usuario de la aplicación. Para ello, calcula los costes de operación de los vehículos en función del estado de cada carretera, determina los costes anuales de la administración de carreteras y de los usuarios para cada una de las alternativas de conservación definidas. Por último, se evalúan las alternativas de conservación, produciendo la comparación económica de las mismas. De esta manera el ingeniero dispone de una amplia información para determinar cuáles son las medidas de conservación más beneficiosas para la red estudiada (Montoya, 2007).

Rugosidad (IRI).

Es un parámetro que permite evaluar el estado de la superficie de rodadura del pavimento desde el punto de vista de irregularidades, deformaciones y ondulaciones. La medida de la rugosidad cuantifica las variaciones del perfil longitudinal de dicha superficie. La unidad de medida de la rugosidad es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), expresado en metros por kilómetro y se determina por medio de un rugosímetro patronado y aceptado de acuerdo con las prácticas de la ingeniería vial (Salvatierra Rodríguez, 2017).

Índice de condición del pavimento (PCI)

Es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor. Para calcularlo se utiliza la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. (Jarrin Coral, 2019)

En base a lo antes presentado, como el problema, antecedentes y bases teóricas, los cuales fundamentaron y respaldaron la importancia de la elaboración de la investigación, ya que se evidencia en la vida cotidiana la falta de mantenimiento de carreteras que genera insatisfacción en los usuarios, además según el banco mundial, institución internacional, en el Perú, un 8% de las carreteras no tienen pavimento y se carece de información del 7% restante de la red; sin embargo, en cuanto a condiciones se considera, que solo el 55% de la red pavimentada, se encuentra en buen estado, y el 25% en mal estado, por lo tanto, los procesos de mantenimiento son indispensables, para la conservación del periodo de vida útil del pavimento.

Por otro lado de acuerdo con el Reporte de Competitividad Global 2019 del Foro Económico Mundial, que evaluó 141 países, Perú se encuentra en los indicadores de conectividad de vías en el puesto 102 y calidad de infraestructura en carreteras en el puesto 110, reflejando de esta forma la alarmante situación del país en términos de infraestructura vial, demostrando que la calidad de infraestructura vial tiene deficiencias y requiere inversiones anuales millonarias, con el fin de minimizar dichas inversiones y mantener una calidad vial en buen estado, es que se necesita la implementación de modelos de deterioro en la gestión de mantenimiento vial, razón por la cuál en esta tesis se realizó la caracterización del uso de modelos de deterioro .

Actualmente en el Perú, se realizan análisis de comportamiento de pavimentos, con modelos de deterioro, como el HDM-4 del Banco Mundial, tal como se menciona en el Manual de Carreteras, que es parte del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por R.D. N° 031-2013-MTC/14; en el referido Manual, publicado a inicios del 2013, se menciona el uso del HDM-4, como una de las alternativas para el análisis del deterioro del pavimento, es decir, no es de carácter

obligatorio, este manual indica que “ingenieros proyectistas podrán utilizar otros modelos de reconocida procedencia técnica institucional y que cuenten con la aceptación previa del MTC; sin embargo, la cantidad de especialistas en el Software HDM-4 en el Perú es mínima, por lo cual muchas veces no es calibrado adecuadamente dicho modelo (Chavez, 2014).

Además como se mencionó líneas atrás, existen gracias a la tecnología y a la necesidad de contar con resultados óptimos, otros modelos de predicción del deterioro de las carreteras, de esta forma surgió la necesidad de caracterizar el uso de modelos de deterioro, para la optimización de la gestión del mantenimiento de carreteras, en esta tesis nos enfocamos en comparar los modelos de deterioro HDM-4, redes neuronales, cadenas de Márkov y de regresión, con el fin de obtener el mejor modelo, el cual es de fácil aplicación, de bajo costo, aplicable a nuestra realidad y con resultados veraces, obteniendo como producto de dicha comparación, una guía del uso del modelo elegido, para emplearse en las carreteras de Cajamarca.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el mejor modelo de deterioro para optimizar la gestión de mantenimiento de carreteras de Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar el uso de los modelos de deterioro para optimizar la gestión del mantenimiento de carreteras de Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Recolectar y revisar estudios realizados sobre modelos de deterioro en la gestión de mantenimiento de carreteras
- b) Realizar una descripción de los modelos de deterioro.



- c) Realizar comparaciones de los modelos de predicción de deterioro de carreteras.
- d) Realizar una guía del uso del modelo de deterioro para optimizar la gestión de mantenimiento de carreteras para Cajamarca.

1.4. Hipótesis

El modelo de deterioro que optimiza más la gestión de mantenimiento de carreteras es el de regresión.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Enfoque

El enfoque de la investigación fue considerado como cualitativa, el cual según (Borja Suárez, 2012) En este tipo de investigaciones se realiza recolección y análisis de datos de diferentes estudios, dando una respuesta a la pregunta de la investigación y probando la hipótesis, además de utilizar la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población, en la presente investigación, se buscó distintos artículos científicos correspondiente a los modelos de deterioro, los cuales se analizaron posteriormente, realizando comparaciones y aplicando estadística, con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación.

2.1.2. Tipo

Esta investigación se enmarcó dentro del tipo descriptivo, según (Borja Suárez, 2012) se investigan y determinan las propiedades y características más representativas de los objetos de estudios, en la presente investigación se caracterizó y describió los modelos de deterioro y cómo o cuanto optimizan a la gestión de mantenimiento de carreteras.

2.1.3. Diseño de investigación

La investigación es de diseño no experimental, ya que según (Kerlinger & Lee, 2002) La investigación no experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que no se tiene control directo de las variables, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido.

Siendo de corte longitudinal (Visser, 1985) lo define como la examinación de cambios producidos en el tiempo en una misma muestra, ya que una sola muestra (Artículo) se evaluará en diferentes periodos de tiempo.

El esquema de diseño longitudinal al cual pertenece la investigación se realizó de la siguiente forma:

Tabla 1
Esquema de diseño longitudinal.

Estudio	T1	T2	T3
M	O1	O2	O3

Donde:

- M: Muestra.
- T1, T2, T3: Periodos.
- O1, O2, O3: Observaciones obtenidas en los diferentes momentos.

2.2. Variables de estudio

La única variable de estudio son los Modelos de Deterioro para la optimización de la Gestión del Mantenimiento de Carreteras.

2.3. Unidad de Estudio

- **Grupo de estudio:** Se adoptó 32 fuentes primarias para el desarrollo de la tesis, puesto que es una investigación descriptiva en base al estudio de investigaciones ya realizadas a nivel internacional.
- **Criterios de inclusión:**
 1. Estudios publicados dentro de los últimos 16 años, ya que se han encontrado artículos de gran suma para esta investigación dentro de este periodo.
 2. Fuentes confiables como Google Académico, Redalyc.org, EBSCO y la plataforma de HDMGLOBAL



3. Artículos que contienen resultados de modelos de deterioro aplicados en gestión de mantenimiento de carreteras.
4. Investigaciones experimentales en las cuales se aplique y analice la gestión de mantenimiento de carreteras con el uso de modelos de deterioro.

➤ **Criterios de exclusión:**

1. Estudios cuya publicación no está dentro de los 16 últimos años.
2. Investigaciones de fuentes no confiables.
3. Estudios no enfocados en la gestión del mantenimiento de carreteras con la implementación de modelos de deterioro.
4. Estudios cuya información no está completamente disponible o con acceso restringido.

Se ha tomado una muestra de 32 estudios para la caracterización de los modelos los cuales se declaran a continuación.

Tabla 2
Artículos seleccionados

Cód.	Modelo	Autor	Título	Año
1	Regresión "R"	Alexis Iván Andrade Seguro	Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro.	2018
2	Regresión "R"	Alexis Iván Andrade Valle Jéssica Paulina Brito Noboa	Curvas de deducción del índice de condición del pavimento enfocadas a ecuador basados en Índice de Servicio de Pavimento	2017
3	Regresión "R"	Greivin Picado Muñoz	Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre	2016
4	Regresión "R"	M. Rodríguez, G. Thenoux, A. Gonzales	Determinación Probabilística del tiempo de servicio de estructuras de pavimentos	2016
5	Regresión "R"	Jenny Chaverri Jiménez, Daniel Madrigal Salazar	Modelos de Optimización lineal para realizar planes de inversiones de largo plazo en una red de pavimentos	2011
6	Regresión "R"	Tatiana García Segura Laura Montalbán Domingo	Desarrollo de una herramienta de toma de decisiones para la gestión del mantenimiento de pavimentos bajo criterios de sostenibilidad. Aplicación a la red vial urbana de la ciudad de Valencia.	2018
7	Regresión "R"	Ríos De la Cruz Isaac	Modelos de deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari – Azángaro.	2019
8	Regresión "R"	Greivin Picado Muñoz	Desarrollo de curvas de deterioro para la Red Vial Cantonal en Pavimentos flexibles.	2016
9	Cadenas de Márkov "M"	Isacc Ríos de la Cruz	Modelos de Deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari-Azángaro	2019

Tabla 3
Artículos seleccionados

Código	Modelo	Autor	Título	Año
10	Cadenas de Márkov “M”	Cristian Jesús Gaspar Espinoza	Propuesta de priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, mediante la aplicación del índice de condición del pavimento flexible, en la condición funcional de la Av. Lomas de Carabayllo, Lima	2018
11	Cadenas de Márkov “M”	Andrés Sotil Chávez	Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales	2014
12	Cadenas de Márkov “M”	José Ricardo Solorio Murillo Montserrat Montoya Ortega	Aplicación de métodos Márkovianos en el modelado del deterioro de carreteras	2014
13	Cadenas de Márkov “M”	Diego Alonso Ochoa Maldonado Eduardo Raúl Tupac Meza	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	2017
14	Cadenas de Márkov “M”	Judith Jeidy Atalaya Rimac	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	2018
15	Cadenas de Márkov “M”	José Ricardo Solorio Murillo	Evaluación de series temporales existentes de IRI para la predicción del deterioro de pavimentos	2015
16	Cadenas de Márkov “M”	Jhosselyn Kristhina Santana Surichaqui	Propuesta de implementación de un sistema de Gestión de Pavimentos para la carretera central margen Izquierda del KM 34 al KM 78 basándose en el IRI clase III	2020
17	Redes Neuronales “RN”	Andrea del Pilar Carmona Camilo Alberto Alfaro	Red Neural Artificial en el retro cálculo de módulos en capas de pavimento flexible	2004

Tabla 4
Artículos seleccionados

Código	Modelo	Autor	Título	Año
18	Redes Neuronales “RN”	Rocío Vila Zúñiga	Análisis del comportamiento lineal de la estructura del pavimento mediante redes neuronales en la carretera Panamericana Norte	2017
19	Redes Neuronales “RN”	Jhonatan Paytán Ordoñez	Estimación del Índice de Regularidad Internacional en Pavimentos Flexibles Usando redes Neuronales Artificiales	2018
20	Redes Neuronales “RN”	Gloria Inés Beltrán Calvo	Evaluación estructural de Pavimentos Flexibles con Métodos de Inteligencia Artificial y Auscultación no destructiva	2012
21	Redes Neuronales “RN”	G. Beltrán M. Romo	Evaluación del desempeño de redes neuronales artificiales para estimar propiedades de capas de pavimentos	2014
22	Redes Neuronales “RN”	Lizette Tello-Cifuentes	Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales	2021
23	Redes Neuronales “RN”	Peñaloza Bustamante, Jul Anderli	Incidencia de redes neuronales para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica	2020
24	Redes Neuronales “RN”	David Llopis Castelló Tatiana García Segura	Sistema integral de mantenimiento eficiente de pavimentos urbanos (SIMEPU)	2020
25	HDM-4 “H”	Ana Gabriela Barrera Fuentes	Calibración de modelos de ahuellamiento para pavimentos flexibles del programa HDM-4 en El Salvador	2018
26	HDM-4 “H”	Ricardo Solorio Murillo Roberto Israel Hernández Domínguez José Antonio Gómez López	Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos	2004

Tabla 5
Artículos seleccionados

Código	Modelo	Autor	Título	Año
27	HDM-4 “H”	Pablo Turrado Rabanedo	Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la Gestión de la conservación de redes de Carreteras	2016
28	HDM-4 “H”	Rainer Lagos Lapav	Calibración del modelo de progresión del índice de regularidad internacional con HDM-4, para el proyecto vial Conococha-Cátac	2019
29	HDM-4 “H”	Francisco Javier Igua Cortes	Análisis técnico del tramo comprendido entre el Km 34+160 – km 45+100 de la doble calzada Bogotá-Villavicencio con base en el software HDM-4.	2019
30	HDM-4 “H”	Ana Gabriela Barrera Fuentes	Calibración de modelos de ahuellamiento para pavimentos flexibles del programa HDM -4 en el salvador	2018
31	HDM-4 “H”	Pablo Turrado Rabanedo	Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la gestión de la conservación de redes de carreteras	2016
32	HDM-4 “H”	Ricardo Solorio Murillo	Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos	2004

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

La técnica que se empleó para la recolección de datos es la revisión documental, ya que según (Hurtado de Barrera, 2010) Una revisión documental es una técnica en donde se recolecta información escrita sobre un determinado tema, teniendo

como fin proporcionar variables que se relacionan indirectamente o directamente con el tema establecido.

Instrumentos:

Se utilizó como instrumento de recolección de datos fichas resumen y fichas de recolección de datos, a continuación se explicará cada una de ellas:

Fichas resumen: se consideran los datos generales de la investigación como el título, autor, año de publicación, país, objetivos, formulación del problema, hipótesis, metodología y conclusión, con el fin de caracterizar los modelos estudiados, estos datos nos sirvieron para relacionarnos con la investigación (Ver anexo 2).

Fichas de recolección de datos: Los datos de la investigación que se han considerado para esta ficha son más específicos, ya que la ficha de recolección de datos se aplicará después de haber leído la investigación, los cuales serán: tipo de modelo de deterioro (HDM-4, redes neuronales, regresión y Markóv), tipo de red vial (nacional, departamental y vecinal), tipo de pavimento (flexible, rígido y mixto), tiempo de periodo evaluado por el modelo, número de tramos en estudio, parámetros de evaluación, tipo de evaluación estructural, tipo de evaluación funcional, confiabilidad, dificultad del modelo, evaluación económica, mantenimiento y el tipo de mantenimiento, esta información nos ayudará a comparar los datos de las investigaciones seleccionadas. (Ver anexo 3).

2.4.2. Técnicas e instrumentos de análisis de datos.

Técnicas:

Las técnicas de análisis de datos son la estadística descriptiva y el método comparativo, según (Becerra Espinosa) La estadística descriptiva es la rama de



las matemáticas que recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos, con el fin de describir apropiadamente las diversas características del conjunto.

El método comparativo es una herramienta fundamental del análisis. Agudiza nuestro poder de descripción, y juega un papel fundamental en la formación de conceptos enfocando similitudes sugestivas y contrastes entre casos. (Collier, 1993).

Instrumento:

Las hojas de cálculo de excel son el instrumento principal de esta investigación, las cuales procesan los datos obtenidos de las investigaciones, las que permiten elaborar gráficos estadísticos y tablas de comparaciones.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Procedimiento de recolección de datos

a. Investigación y recolección de estudios.

La búsqueda se realizó en fuentes confiables como Google académico, Redalyc.org, y EBSCO, para la selección de artículos nos basamos en un periodo de 16 años, mediante el idioma español e inglés, de los cuales se seleccionaron 32 estudios, que cumplían con los criterios de inclusión.

b. Aplicación de las fichas resumen.

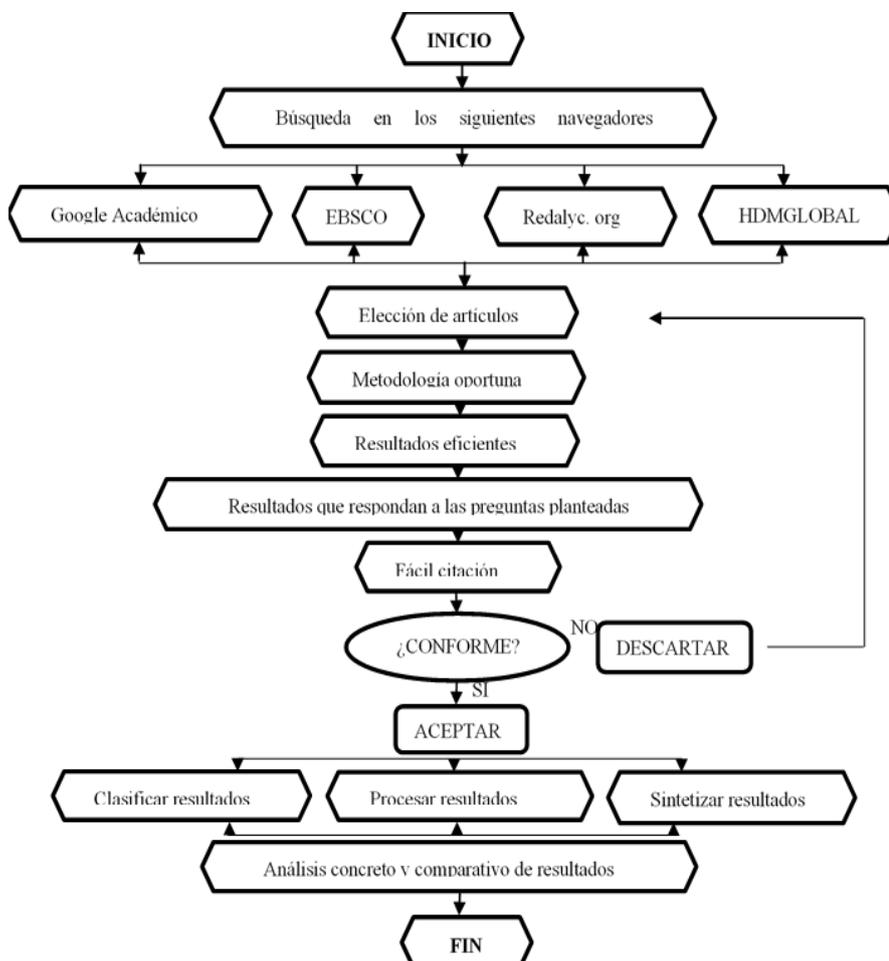
De los estudios seleccionados se extrajo los datos generales correspondientes a cada investigación, como el título, autor, año de publicación, país, objetivos, formulación del problema, hipótesis, resultados y conclusiones, estos datos nos sirvieron para el desarrollo de la investigación.

c. Aplicación de las fichas de recolección de datos.

Para la recolección de datos se han empleado fichas con criterios más específicos para un mejor análisis de las investigaciones, las cuales se basaron en caracterizar el uso de los modelos de deterioro, siendo estas características: tipo de modelo de deterioro (HDM-4, redes neuronales, regresión y Markóv), tipo de red vial (nacional, departamental y vecinal), tipo de pavimento (flexible, rígido y mixto), tiempo evaluado por el modelo, N° de tramos en estudio, parámetros en evaluación, tipo de evaluación estructural, tipo de evaluación funcional, confiabilidad del uso del modelo, dificultad del modelo, evaluación económica, , esta información nos ayudara a comparar los datos de las investigaciones seleccionadas.

Figura 6

Diagrama de flujo según la metodología de elección de artículos científicos.



2.5.2. Procedimiento de análisis de datos

a. Recopilación de información en hojas de cálculo Excel

Se hizo una base de datos en hojas de cálculo Excel, con las solicitudes de la ficha de resumen y ficha de recolección de datos, para la caracterización de los modelos de deterioro, posterior a ello se realizó la evaluación probabilística, con el fin de obtener el modelo de deterioro más óptimo, a continuación, se describen los parámetros y la metodología utilizada:

- Cantidad y porcentaje de estudios por año

Los estudios se ordenaron en tablas según el año de publicación y se elaboraron gráficos a partir de ellas, mostrando los porcentajes de incidencia en el tiempo.

- Cantidad y porcentaje de estudios por red vial

Los estudios se ordenaron en tablas según el tipo de red vial y se elaboraron gráficos a partir de ellas, mostrando los porcentajes de incidencia del tipo de red vial utilizado por modelo, se clasificó en tres grupos, los cuales son nacional, departamental y vecinal, la finalidad de este parámetro es identificar el tipo de red vial más usado según los modelos.

- Tipo de pavimento utilizado por modelo de deterioro

De las fichas de recolección se obtuvo una base de datos según el tipo de pavimento, evaluado por modelo de deterioro, esta clasificación está dada por pavimentos flexibles, rígidos y mixtos, dicha información se ordenó en tablas, con el fin de establecer la incidencia por tipo de pavimento.

- Tiempo evaluado por modelo

Con este parámetro se realizaron tablas de comparaciones, dicha información se obtuvo de las fichas de recolección de datos, luego se realizaron tablas y



gráficos, con la finalidad de obtener, cual es el mayor tiempo evaluado por modelo.

- Longitud de vía en estudio

La información se extrajo de las fichas de recolección de datos, se ordenó en tablas, se comparó los modelos de deterioro según los tramos de carretera que estudiaron, además se colocó la longitud de total de los tramos, este parámetro se estudió con la finalidad de obtener el modelo que permite evaluar mayor cantidad longitudinal de carretera.

- Parámetros de evaluación

Cada modelo de deterioro tiene parámetros de evaluación, en este caso pueden ser edad de la vía, condiciones funcionales, volumen de tráfico, condiciones económicas, etc., dichos parámetros se colocaron en tablas y se realizó gráficos, los cuales permitieron establecer la cantidad de parámetros evaluados por modelo, cual es el parámetro más evaluado, además se realizó la comparación entre modelos y establecer cuál sería el mejor según este parámetro.

- Tipo de evaluación estructural

De las fichas de recolección de datos se obtuvo una base de datos del parámetro del tipo de evaluación estructural, con la finalidad de establecer la incidencia de la evaluación estructural en los modelos de deterioro.

- Tipo de evaluación funcional

De las fichas de recolección de datos se obtuvo una base de datos del parámetro del tipo de evaluación funcional, los cuáles podrían ser IRI, PCI, VIZIR y PASER, con la finalidad de establecer la incidencia de la evaluación funcional en los modelos de deterioro.

- Confiabilidad

Este parámetro fue establecido para definir la confiabilidad de los modelos comparados, se estableció una escala de muy confiable, confiable, poco confiable y no confiable, esta información se obtuvo de las fichas de recolección de datos.

- Dificultad del modelo

Este parámetro fue establecido según la evaluación propia a partir de la lectura de los estudios, fue establecido en un rango de fácil, moderado, difícil y muy difícil, la finalidad fue poder comparar los modelos y establecer el mejor según este parámetro.

- Evaluación económica

De las fichas de recolección de datos se obtuvo una base de datos, la cual permitió establecer la incidencia de evaluación económica realizada por los modelos de deterioro.

- Mantenimiento y tipo de mantenimiento

Se obtuvo la información de las fichas de recolección de datos, luego se ordenó en tablas y gráficos, con la finalidad de establecer la incidencia de mantenimiento evaluado en los modelos de deterioro, y de contar con mantenimiento establecer los tipos de mantenimiento establecidos por los modelos.

- Finalmente se obtuvo una tabla resumen de todos los parámetros, la cual permitió definir cuál es el mejor modelo de predicción del deterioro.

JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE PARÁMETROS, SEGÚN, SISTEMA Y CONDICIÓN VIAL DE CAJAMARCA

Figura 7

Justificación de elección de parámetros

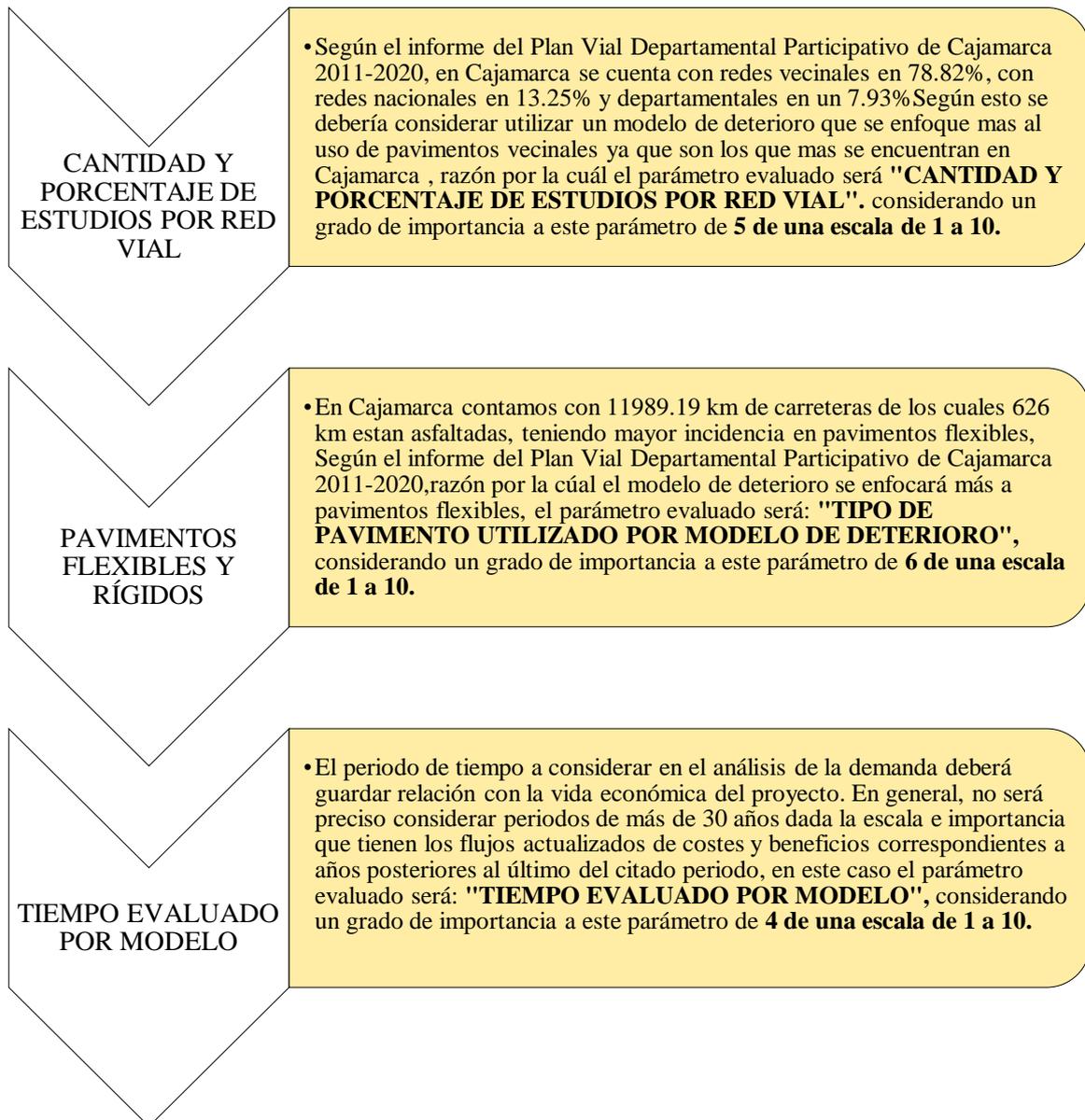


Figura 8

Justificación de elección de parámetros

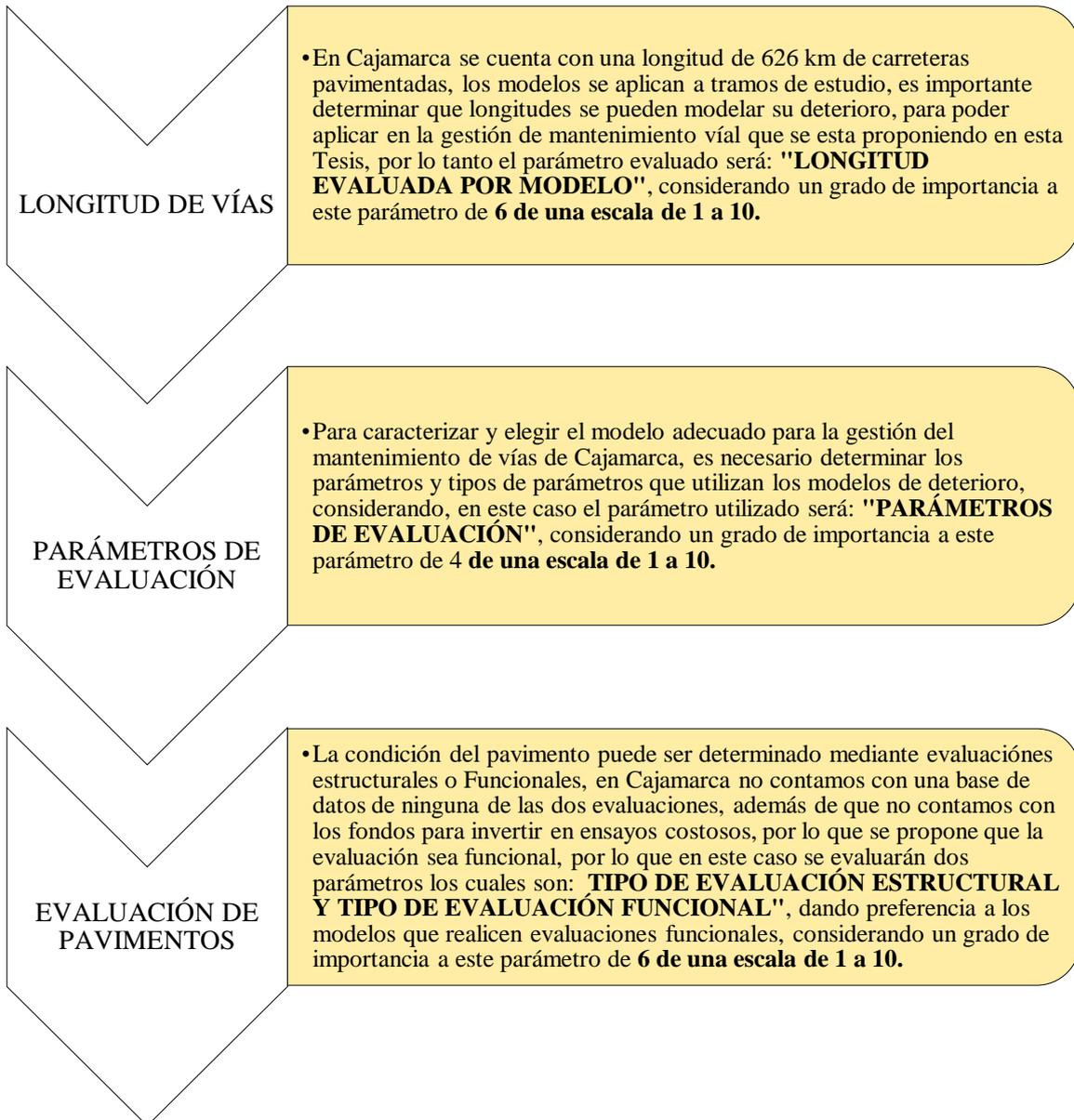
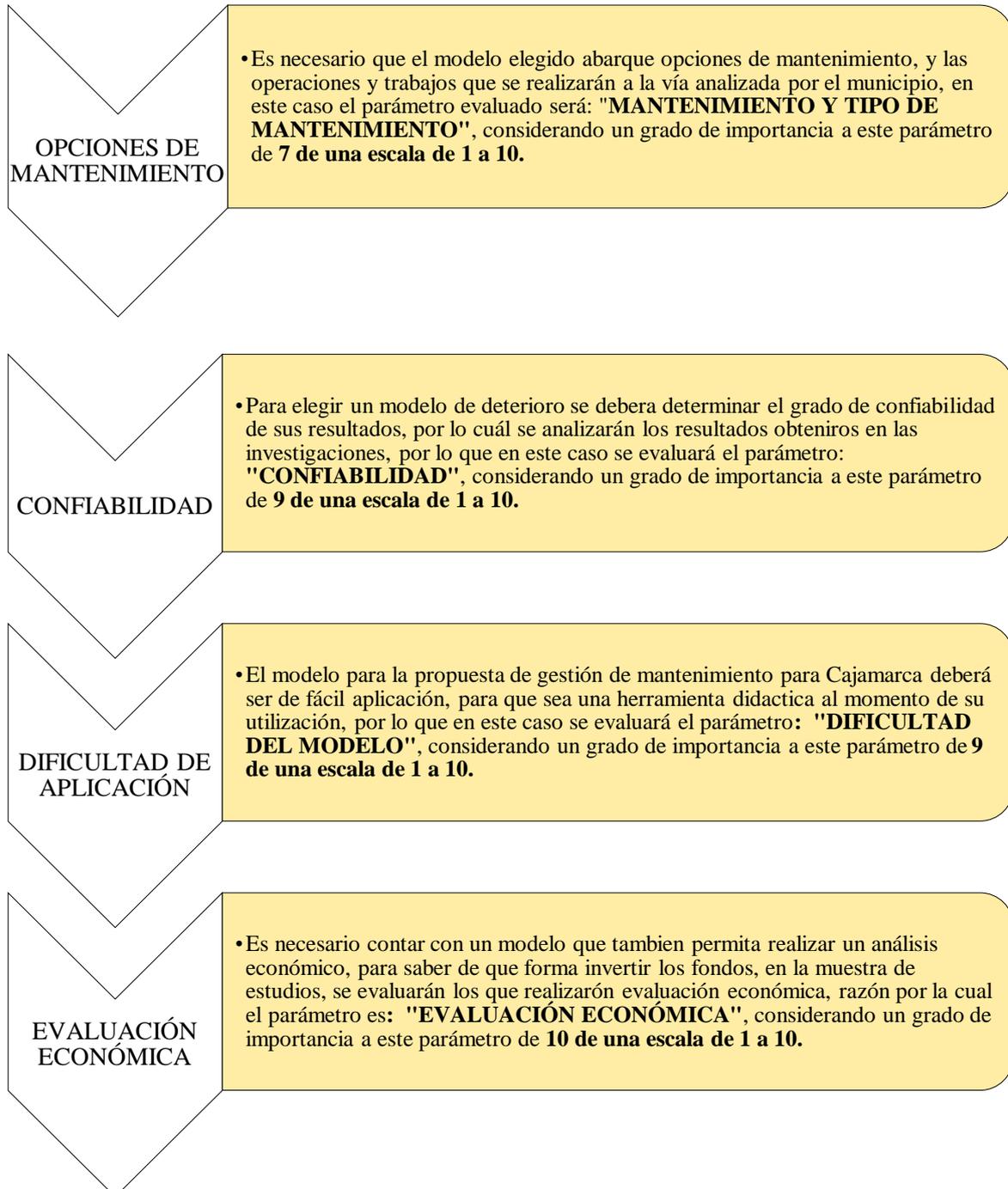


Figura 9

Justificación de elección de parámetros





2.5.3. Propuesta de una guía del uso de un modelo de deterioro para optimizar la gestión de mantenimiento de carreteras para Cajamarca.

A partir de los parámetros evaluados, se determinó el mejor modelo de predicción de deterioro de carreteras, luego se procedió a establecer los pasos para la implementación de este modelo para optimizar la gestión de las carreteras de Cajamarca, dichos pasos quedaron establecidos en una guía, la cual fue el resultado final de esta investigación.

2.5.4. Aspectos éticos

Es importante mencionar los aspectos éticos considerados en toda la investigación, ya que se garantiza el respeto, honestidad e integridad al realizar la tesis, siendo lo mencionado:

- Respeto al medio ambiente. - La investigación al ser del tipo descriptiva, no daño o altero al medio ambiente, ya que no existe intervención en campo o laboratorio.
- Derechos de autor. - Cada fuente empleada y consultada ha sido citada correspondientemente, según normas APA.
- Privacidad. - Para el uso de las fuentes, se previó que sean de libre descarga, publicaciones en repositorios en las cuales los autores permitan utilizar sus trabajos.
- Origen. - Los resultados de los autores citados no han sido manipulados, ni alterados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

El presente capítulo contendrá los resultados principales de los artículos seleccionados que se muestran en las tablas 2, 3 y 4, representando aspectos generales y específicos, que permitirán caracterizar los modelos de deterioro y determinar el modelo más óptimo para la gestión de mantenimiento de carreteras, según los datos recolectados en la ficha de Recolección de datos.

ASPECTOS GENERALES DE LOS ESTUDIOS ANALIZADOS

Tabla 6

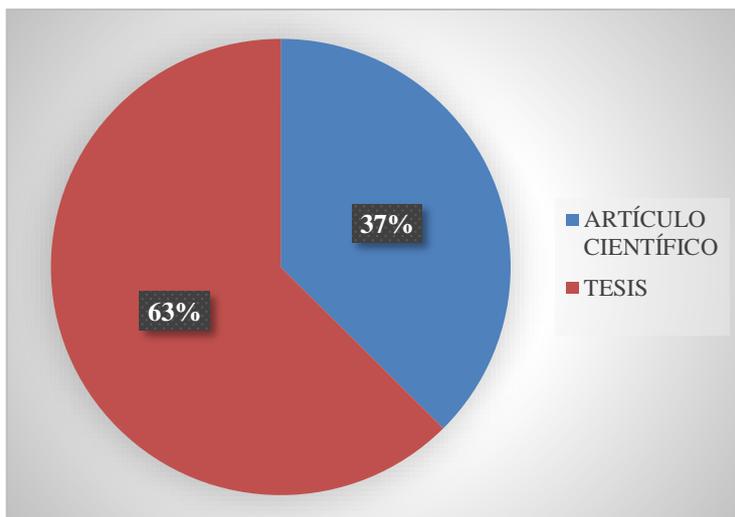
Tipo de estudios recopilados.

TIPO DE ESTUDIO	CANTIDAD	PORCENTAJE
ARTÍCULO CIENTÍFICO	12	37.50%
TESIS	20	62.50%
TOTAL	32	100.00%

Nota: La tabla 6 representa el número y porcentaje del tipo de estudios analizados.

Figura 10

Porcentajes de tipos de estudios analizados.



La figura muestra los porcentajes de los tipos de estudios analizados, siendo un total de 32 estudios de los cuales el 37.5% son artículos científicos y el 62.5% son tesis.

Tabla 7

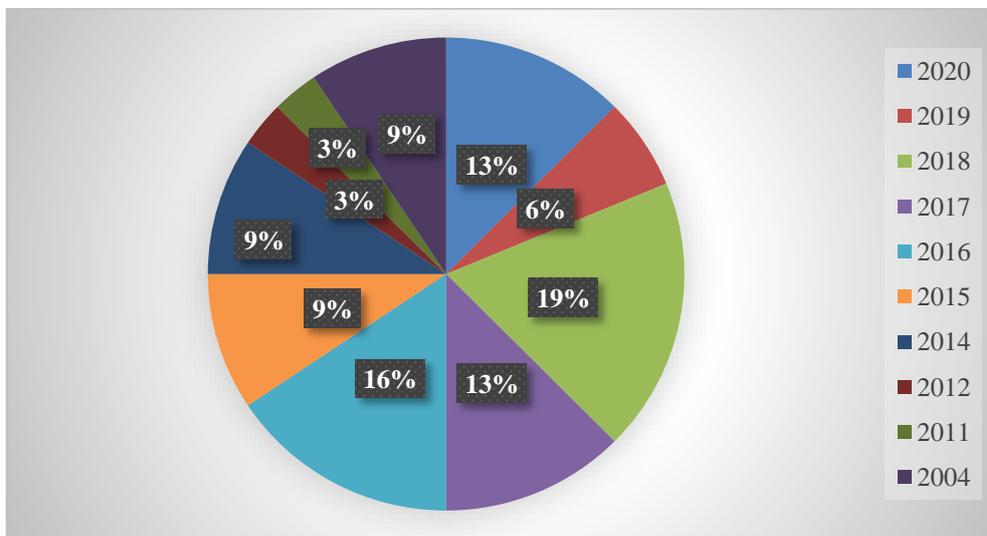
Año de publicación.

AÑO DE PUBLICACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
2020	4	12.50%
2019	2	6.25%
2018	6	18.75%
2017	4	12.50%
2016	5	15.63%
2015	3	9.38%
2014	3	9.38%
2012	1	3.13%
2011	1	3.13%
2004	3	9.38%
TOTAL	32	100.00%

Nota: La tabla 7 muestra el año de publicación de los estudios elegidos.

Figura 11

Año de publicación de las investigaciones.



La figura representa los porcentajes de los años de publicación de los artículos, siendo los modelos HDM.4 y Redes neuronales, los que tienen las publicaciones más antiguas, realizadas en el año 2004, demostrando que la aplicación de los modelos ha venido siendo estudiados con antelación.

Tabla 8

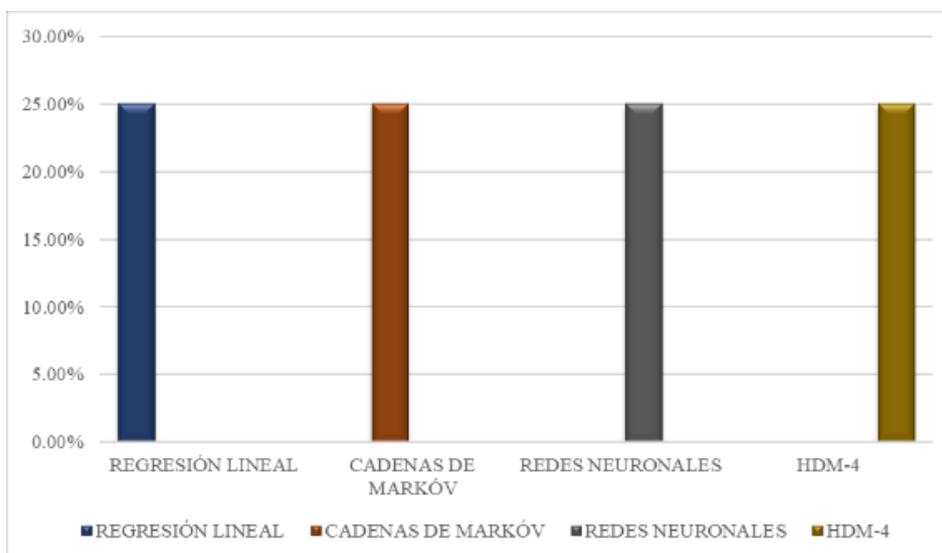
Modelos de deterioro

MODELO DE DETERIORO	CANTIDAD	PORCENTAJE
REGRESIÓN LINEAL	8	25.00%
CADENAS DE MARKÓV	8	25.00%
REDES NEURONALES	8	25.00%
HDM-4	8	25.00%
TOTAL	32	100.00%

Nota: La tabla 8 muestra los modelos de deterioro elegidos.

Figura 12

Modelos de deterioro.



La figura evidencia la selección equilibrada de los modelos de deterioro, de tal manera se pudo realizar la indagación y comparación entre ellos en proporciones iguales.

PROCESAMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE LAS INVESTIGACIONES

Se elaboró tablas y figuras estadísticas, con la información recolectada en las fichas de recolección de datos, además se tomó la codificación corresponde a las tablas 2, 3 y 4, para un mejor entendimiento, siendo “R” la representación del modelo Regresión, “M” la representación de cadenas de Márkov, “RN” la representación de Redes neuronales y “H” la representación de HDM-4.

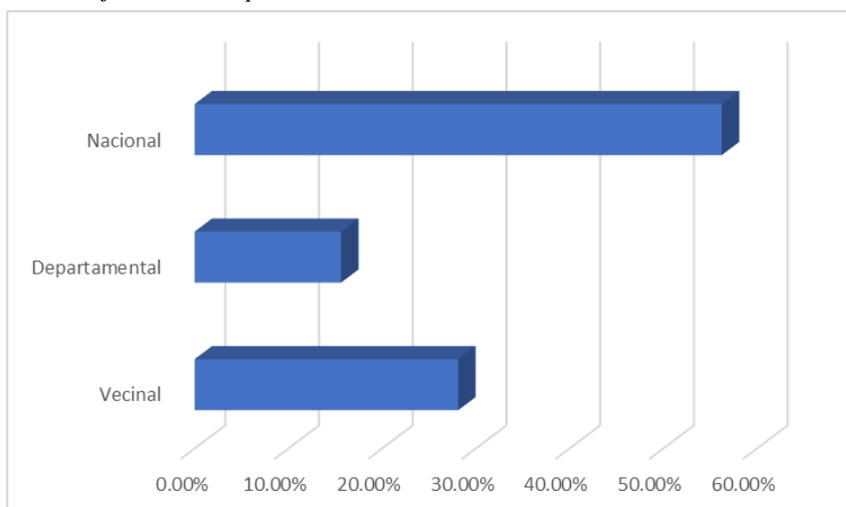
Tabla 9
Tipo de red vial.

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	TIPO DE RED VIAL			TOTAL
	Vecinal	Departamental	Nacional	
N° 01 R.	X			1
N° 02 R.	X			1
N° 03 R.		X		1
N° 04 R.			X	1
N° 05 R.			X	1
N° 06 R.			X	1
N° 07 R.		X		1
N° 08 R.	X			1
N° 09 M.	X			1
N° 10 M.	X			1
N° 11 M.			X	1
N° 12 M.			X	1
N° 13 M.		X		1
N° 14 M.			X	1
N° 15 M.			X	1
N° 16 M.	X			1
N° 17 RN.			X	1
N° 18 RN.			X	1
N° 19 RN.			X	1
N° 20 RN.		X		1
N° 21 RN.	X			1
N° 22 RN.			X	1
N° 23 RN.	X			1
N° 24 RN.			X	1
N° 25 H.			X	1
N° 26 H.			X	1
N° 27 H.			X	1
N° 28 H.		X		1
N° 29 H.	X			1
N° 30 H.			X	1
N° 31 H.			X	1
N° 32 H.			X	1
TOTAL	9	5	18	32
PORCENTAJE	28.13%	15.63%	56.25%	100.00%

La tabla 9 muestra los resultados del tipo de red vial de cada estudio.

Figura 13

Porcentajes de cada tipo de red vial, total.



La figura muestra el porcentaje total de cada tipo de red vial analizada por los estudios, siendo la red vial nacional la de mayor incidencia, con un 56.25%.

A continuación, se presenta el tipo de red vial analizada por cada modelo con los porcentajes correspondientes según su incidencia.

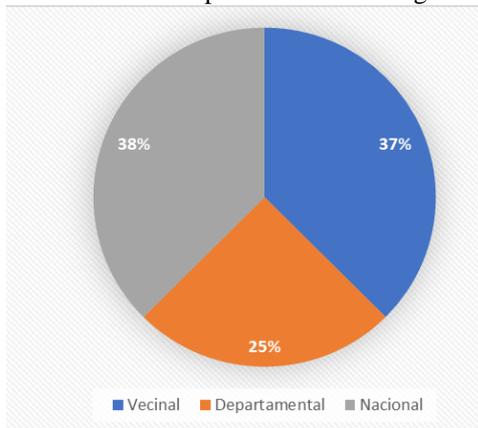
Tabla 10

Tipo de red vial, modelo Regresión

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN			TOTAL
	Vecinal	Departamental	Nacional	
N° 01 R.	X			1
N° 02 R.	X			1
N° 03 R.		X		1
N° 04 R.			X	1
N° 05 R.			X	1
N° 06 R.			X	1
N° 07 R.		X		1
N° 08 R.	X			1
TOTAL	3	2	3	8
PORCENTAJE	37.50%	25.00%	37.50%	100.00%

Figura 14

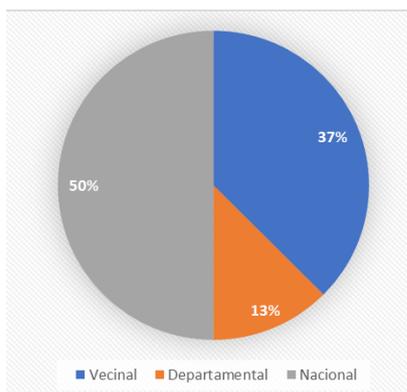
Red vial evaluada por el modelo de regresión.



En la figura 14 se tiene como mayor incidencia en el modelo de deterioro “Regresión”, a la red vial nacional y vecinal, con un 37.5 %, y con un 25 % a la red departamental.

Tabla 11
Tipo de red vial, modelo Márkov.

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV			TOTAL
	Vecinal	Departamental	Nacional	
N° 09 M.	X			1
N° 10 M.	X			1
N° 11 M.			X	1
N° 12 M.			X	1
N° 13 M.		X		1
N° 14 M.			X	1
N° 15 M.			X	1
N° 16 M.	X			1
TOTAL	3	1	4	8
PORCENTAJE	37.50%	12.50%	50.00%	100.00%

Figura 15
Red vial evaluada por el modelo Cadenas de Márkov.


En la figura 15 se tiene como mayor incidencia en el modelo de deterioro “Cadenas de Márkov”, a la red vial nacional con un 50 %, vecinal con un 37.5 %, y con un 12.5 % a la red departamental.

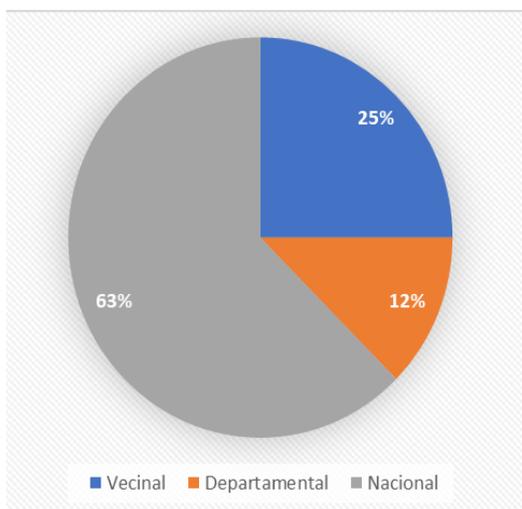
Tabla 12

Tipo de red vial, modelo Redes neuronales.

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES			TOTAL
	Vecinal	Departamental	Nacional	
N° 17 RN.			X	1
N° 18 RN.			X	1
N° 19 RN.			X	1
N° 20 RN.		X		1
N° 21 RN.	X			1
N° 22 RN.			X	1
N° 23 RN.	X			1
N° 24 RN.			X	1
TOTAL	2	1	5	8
PORCENTAJE	25.00%	12.50%	62.50%	100.00%

Figura 16

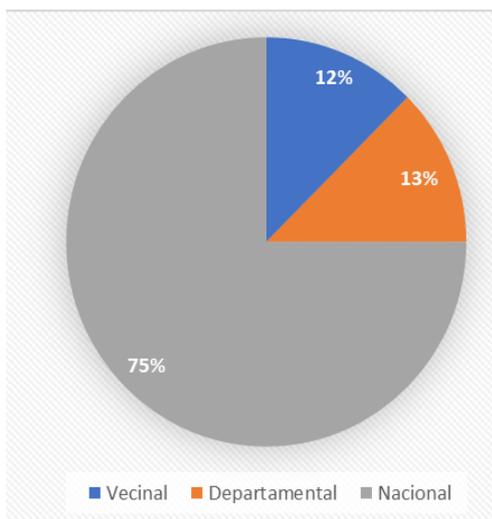
Red vial evaluada por el modelo Redes Neuronales.



En la figura 16 se tiene como mayor incidencia en el modelo de deterioro “Redes neuronales”, a la red vial nacional con un 62.50 %, y con un 25 % a la red departamental y con un 12.5 % a la red vecinal.

Tabla 13
Tipo de red vial, modelo HDM-4.

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4			TOTAL
	Vecinal	Departamental	Nacional	
N° 25 H.			X	1
N° 26 H.			X	1
N° 27 H.			X	1
N° 28 H.		X		1
N° 29 H.	X			1
N° 30 H.			X	1
N° 31 H.			X	1
N° 32 H.			X	1
TOTAL	1	1	6	8
PORCENTAJE	12.50%	12.50%	75.00%	100.00%

Figura 17
Red vial evaluada por el modelo HDM-4.


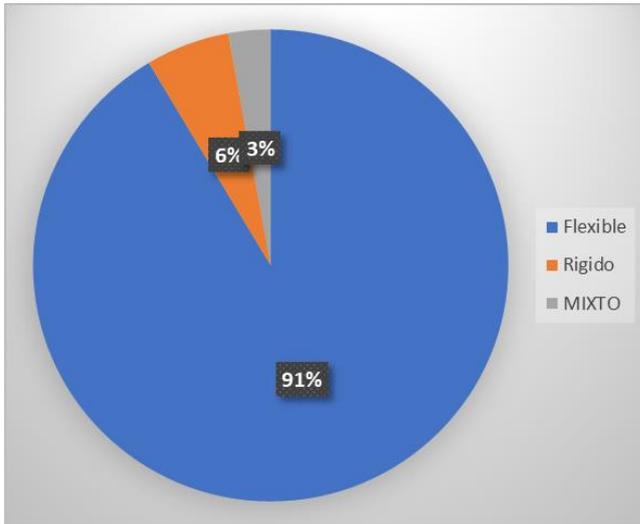
En la figura 17 se tiene como mayor incidencia en el modelo de deterioro “HDM-4”, a la red vial nacional con un 75 %, y con un 12.5 % a la red departamental y vecinal.

Tabla 14
Tipo de pavimento

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	TIPO DE PAVIMENTO:			TOTAL
	Flexible	Rígido	MIXTO	
N° 01 R.	X			1
N° 02 R.	X			1
N° 03 R.	X			1
N° 04 R.	X			1
N° 05 R.	X			1
N° 06 R.	X			1
N° 07 R.	X			1
N° 08 R.	X			1
N° 09 M.	X			1
N° 10 M.	X			1
N° 11 M.	X	X	X	3
N° 12 M.	X	X		2
N° 13 M.	X			1
N° 14 M.	X			1
N° 15 M.	X			1
N° 16 M.	X			1
N° 17 RN.	X			1
N° 18 RN.	X			1
N° 19 RN.	X			1
N° 20 RN.	X			1
N° 21 RN.	X			1
N° 22 RN.	X			1
N° 23 RN.	X			1
N° 24 RN.	X			1
N° 25 H.	X			1
N° 26 H.	X			1
N° 27 H.	X			1
N° 28 H.	X			1
N° 29 H.	X			1
N° 30 H.	X			1
N° 31 H.	X			1
N° 32 H.	X			1
TOTAL	32	2	1	35
PORCENTAJE	91.43%	5.71%	2.86%	100.00%

Figura 18

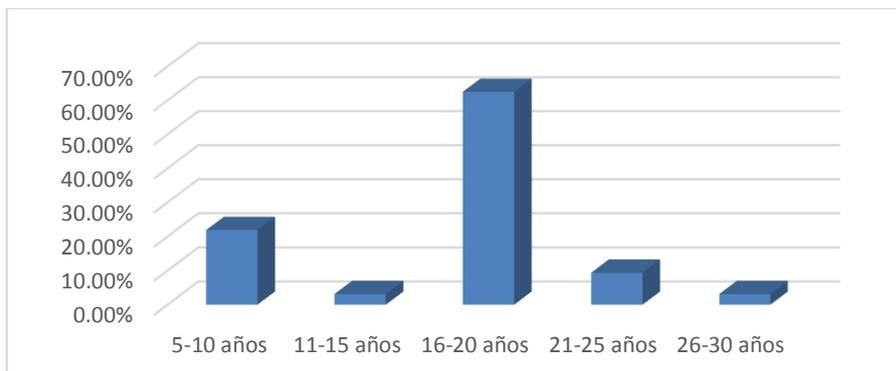
Tipo de pavimento



La figura evidencia que en los 32 artículos en estudio se analizó el pavimento flexible, la mayoría de países emplea este tipo de pavimento debido al bajo costo de construcción, razón principal por la cual los modelos evaluaron dicho tipo de pavimento, sin embargo, a largo plazo genera una mayor inversión ya que requiere de mantenimiento constante.

Tabla 15
Tiempo evaluado por cada estudio.

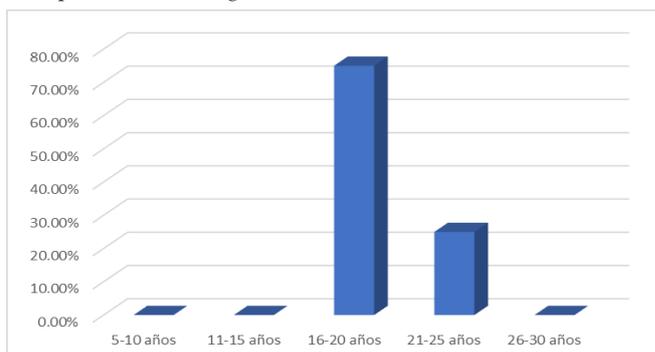
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	RANGOS DE TIEMPO					TOTAL
	5-10 años	11-15 años	16-20 años	21-25 años	26-30 años	
N° 01 R.				X (21 años)		1
N° 02 R.			X (20 años)			1
N° 03 R.			X (17 años)			1
N° 04 R.				X (25 años)		1
N° 05 R.			X (20 años)			1
N° 06 R.			X (20 años)			1
N° 07 R.			X (20 años)			1
N° 08 R.			X (17 años)			1
N° 09 M.			X (20 años)			1
N° 10 M.			X (20 años)			1
N° 11 M.			X (20 años)			1
N° 12 M.			X (20 años)			1
N° 13 M.	X (5 años)					1
N° 14 M.	X (10 años)					1
N° 15 M.	X (9 años)					1
N° 16 M.			X (20 años)			1
N° 17 RN.			X (20 años)			1
N° 18 RN.			X (20 años)			1
N° 19 RN.			X (20 años)			1
N° 20 RN.	X (5 años)					1
N° 21 RN.	X (5 años)					1
N° 22 RN.			X (20 años)			1
N° 23 RN.			X (20 años)			1
N° 24 RN.			X (20 años)			1
N° 25 H.		X (13 años)				1
N° 26 H.	X (10 años)					1
N° 27 H.			X (20 años)			1
N° 28 H.				X (25 años)		1
N° 29 H.					X (30 años)	1
N° 30 H.	X (13 años)					1
N° 31 H.			X (20 años)			1
N° 32 H.			X (20 años)			1
TOTAL	7	1	20	3	1	32
PORCENTAJE	21.88%	3.13%	62.50%	9.38%	3.13%	100.00%

Figura 19
Tiempo evaluado por cada estudio.


La figura presenta los rangos y porcentajes de tiempo evaluado por los modelos de deterioro, siendo el tiempo mínimo de evaluación 5 años, el rango de tiempo con mayor incidencia es el de 16 a 20 años de evaluación, siendo los modelos de regresión lineal y redes neuronales, los que poseen en la mayoría de sus estudios el rango de tiempo mencionado.

Tabla 16
Tiempo evaluado Regresión

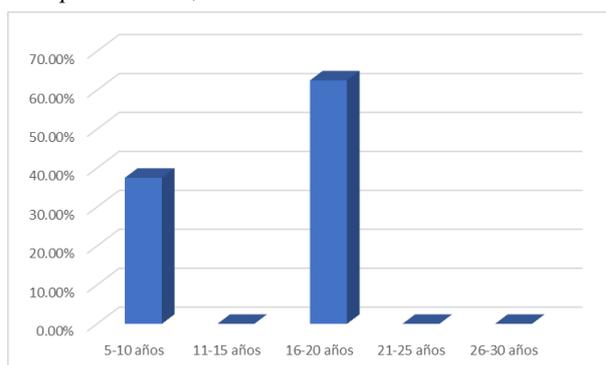
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN					TOTAL
	5-10 años	11-15 años	16-20 años	21-25 años	26-30 años	
N° 01 R.				X (21 años)		1
N° 02 R.			X (20 años)			1
N° 03 R.			X (17 años)			1
N° 04 R.				X (25 años)		1
N° 05 R.			X (20 años)			1
N° 06 R.			X (20 años)			1
N° 07 R.			X (20 años)			1
N° 08 R.			X (17 años)			1
TOTAL	0	0	6	2	0	8
PORCENTAJE	0.00%	0.00%	75.00%	25.00%	0.00%	100.00%

Figura 20
Tiempo evaluado Regresión


El tiempo más evaluado en los estudios de “Regresión” se encuentra entre los rangos de 16-20 años con un porcentaje de 75 % y el rango de 21-25 años con un 25%.

Tabla 17
Tiempo evaluado, Cadenas de Márkov

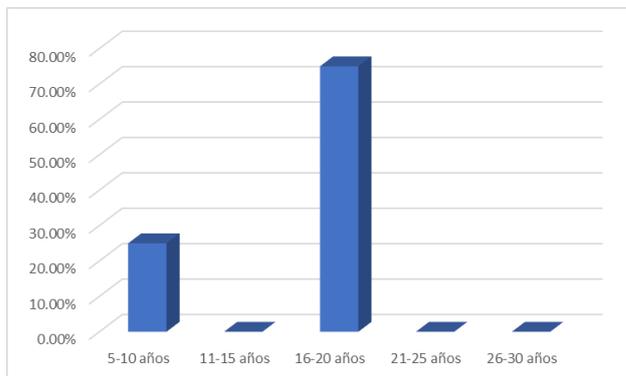
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV					TOTAL
	5-10 años	11-15 años	16-20 años	21-25 años	26-30 años	
N° 09 M.			X (20 años)			1
N° 10 M.			X (20 años)			1
N° 11 M.			X (20 años)			1
N° 12 M.			X (20 años)			1
N° 13 M.	X (5 años)					1
N° 14 M.	X (10 años)					1
N° 15 M.	X (9 años)					1
N° 16 M.			X (20 años)			1
TOTAL	3	0	5	0	0	8
PORCENTAJE	37.50%	0.00%	62.50%	0.00%	0.00%	100.00%

Figura 21
Tiempo evaluado, Cadenas de Márkov


El tiempo más evaluado en los estudios de “Regresión” se encuentra entre los rangos de 16-20 años con un porcentaje de 62.5 % y el rango de 5-10 años con un 37.5 %.

Tabla 18
Tiempo evaluado, Redes neuronales

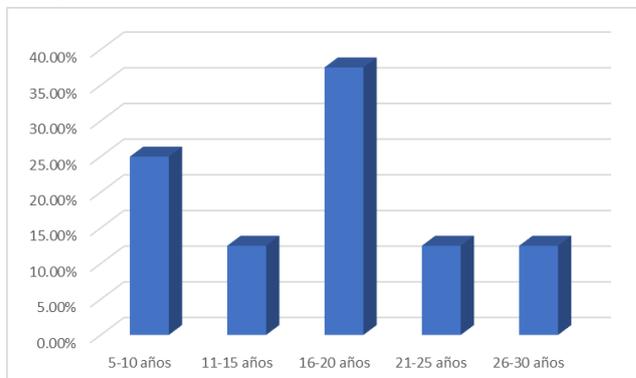
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES					TOTAL
	5-10 años	11-15 años	16-20 años	21-25 años	26-30 años	
N° 17 RN.			X (20 años)			1
N° 18 RN.			X (20 años)			1
N° 19 RN.			X (20 años)			1
N° 20 RN.	X (5 años)					1
N° 21 RN.	X (5 años)					1
N° 22 RN.			X (20 años)			1
N° 23 RN.			X (20 años)			1
N° 24 RN.			X (20 años)			1
TOTAL	2	0	6	0	0	8
PORCENTAJE	25.00%	0.00%	75.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Figura 22
Tiempo evaluado, Redes neuronales


El tiempo más evaluado en los estudios de “Redes neuronales” se encuentra entre los rangos de 16-20 años con un porcentaje de 75 % y el rango de 5-10 años con un 25%.

Tabla 19
Tiempo evaluado, HDM-4

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4					TOTAL
	5-10 años	11-15 años	16-20 años	21-25 años	26-30 años	
N° 25 H.		X (13 años)				1
N° 26 H.	X (10 años)					1
N° 27 H.			X (20 años)			1
N° 28 H.				X (25 años)		1
N° 29 H.					X (30 años)	1
N° 30 H.	X (13 años)					1
N° 31 H.			X (20 años)			1
N° 32 H.			X (20 años)			1
TOTAL	2	1	3	1	1	8
PORCENTAJE	25.00%	12.50%	37.50%	12.50%	12.50%	100.00%

Figura 23
Tiempo evaluado, HDM-4


Para el modelo “HDM-4” los estudios han empleado los 5 rangos de tiempo, los estudios del modelo HDM-4 cuenta con un rango máximo de tiempo de 30 años.

Tabla 20
Longitudes por cada estudio.

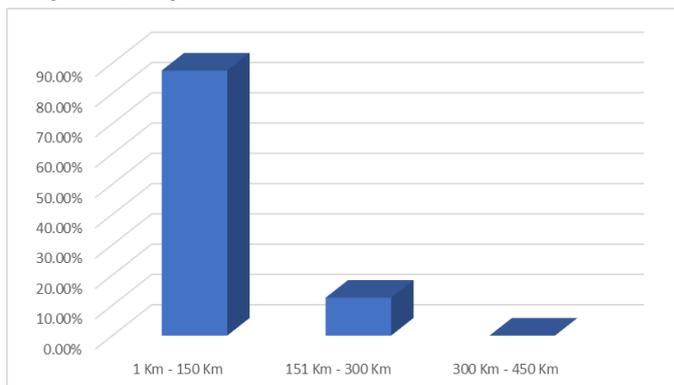
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	RANGO DE LONGITUDES			TOTAL
	1 Km - 150 Km	151 Km - 300 Km	300 Km - 450 Km	
N° 01 R.	X (48 Km)			1
N° 02 R.	X (22.5 Km)			1
N° 03 R.	X (100 Km)			1
N° 04 R.	X (26 Km)			1
N° 05 R.		X (187.5 Km)		1
N° 06 R.	X (13 Km)			1
N° 07 R.	X (800 m)			1
N° 08 R.	X (100 Km)			1
N° 09 M.		X (151 Km)		1
N° 10 M.	X (7.5 Km)			1
N° 11 M.	X (60 Km)			1
N° 12 M.	X (46.5 Km)			1
N° 13 M.		X (213.53 Km)		1
N° 14 M.	X (78.395 Km)			1
N° 15 M.			X (480 Km)	1
N° 16 M.	X (48 Km)			1
N° 17 RN.	X (1 Km)			1
N° 18 RN.	X (24 Km)			1
N° 19 RN.			X (428.6 Km)	1
N° 20 RN.	X (10 Km)			1
N° 21 RN.	X (28 Km)			1
N° 22 RN.	X (4 Km)			1
N° 23 RN.	X (1 Km)			1
N° 24 RN.	X (1 Km)			1
N° 25 H.	X (105 Km)			1
N° 26 H.	X (1 Km)			1
N° 27 H.		X (196.5 Km)		1
N° 28 H.	X (44.2 Km)			1
N° 29 H.	X (10.9 Km)			1
N° 30 H.	X (148 Km)			1
N° 31 H.			X (342.668 Km)	1
N° 32 H.	X (1 Km)			1
TOTAL	25	4	3	32
PORCENTAJE	78.13%	12.50%	9.38%	100.00%

Figura 24
Longitudes por cada estudio.


En la figura podemos evidenciar que el rango de longitudes con mayor incidencia es de 1 Km a 150 km con un porcentaje de 78.13%, siendo el modelo regresión lineal el que tienen mayor longitud de carretera evaluada dentro de dicho rango.

Tabla 21
Longitudes, Regresión

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN			TOTAL
	1 Km - 150 Km	151 Km - 300 Km	300 Km - 450 Km	
N° 01 R.	X (48 Km)			1
N° 02 R.	X (22.5 Km)			1
N° 03 R.	X (100 Km)			1
N° 04 R.	X (26 Km)			1
N° 05 R.		X (187.5 Km)		1
N° 06 R.	X (13 Km)			1
N° 07 R.	X (800 m)			1
N° 08 R.	X (100 Km)			1
TOTAL	7	1	0	8
PORCENTAJE	87.50%	12.50%	0.00%	100.00%

Figura 25
Longitudes, Regresión


El rango de longitud con mayor incidencia en el modelo regresión es de 1 km – 150 km con un 87.5 %, y 151 km – 300 km con un 12.5 %, no se evidencio estudios con longitudes entre 300 km – 450 km.

Tabla 22
Longitudes, Curvas de Márkov.

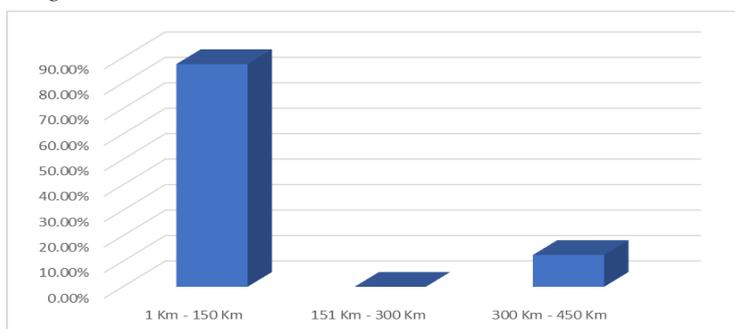
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV			TOTAL
	1 Km - 150 Km	151 Km - 300 Km	300 Km - 450 Km	
N° 09 M.		X (151 Km)		1
N° 10 M.	X (7.5 Km)			1
N° 11 M.	X (60 Km)			1
N° 12 M.	X (46.5 Km)			1
N° 13 M.		X (213.53 Km)		1
N° 14 M.	X (78.395 Km)			1
N° 15 M.			X (480 Km)	1
N° 16 M.	X (48 Km)			1
TOTAL	5	2	1	8
PORCENTAJE	62.50%	25.00%	12.50%	100.00%

Figura 26
Longitudes, Curvas de Márkov.


El rango de longitud con mayor incidencia en el modelo Cadenas de Márkov de 1 km – 150 km con un 62.5 %, 151 km – 300 km con un 25% y 300 km – 450 km con un 12.5 %.

Tabla 23
Longitudes, Redes neuronales.

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES			TOTAL
	1 Km - 150 Km	151 Km - 300 Km	300 Km - 450 Km	
N° 17 RN.	X (1 Km)			1
N° 18 RN.	X (24 Km)			1
N° 19 RN.			X (428.6 Km)	1
N° 20 RN.	X (10 Km)			1
N° 21 RN.	X (28 Km)			1
N° 22 RN.	X (4 Km)			1
N° 23 RN.	X (1 Km)			1
N° 24 RN.	X (1 Km)			1
TOTAL	7	0	1	8
PORCENTAJE	87.50%	0.00%	12.50%	100.00%

Figura 27
Longitudes, Redes neuronales.


El rango de longitud con mayor incidencia en el modelo Redes neuronales de 1 km – 150 km con un 87.5 %, y 300 km – 450 km con un 12.5%, siendo el rango de longitud más largo, no se evidenció estudios con longitudes entre 151 km – 300 km.

Tabla 24
Longitudes, HDM-4.

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4			TOTAL
	1 Km - 150 Km	151 Km - 300 Km	300 Km - 450 Km	
N° 25 H.	X (105 Km)			1
N° 26 H.	X (1 Km)			1
N° 27 H.		X (196.5 Km)		1
N° 28 H.	X (44.2 Km)			1
N° 29 H.	X (10.9 Km)			1
N° 30 H.	X (148 Km)			1
N° 31 H.			X (342.668 Km)	1
N° 32 H.	X (1 Km)			1
TOTAL	6	1	1	8
PORCENTAJE	75.00%	12.50%	12.50%	100.00%

Figura 28

Longitudes, HDM-4.



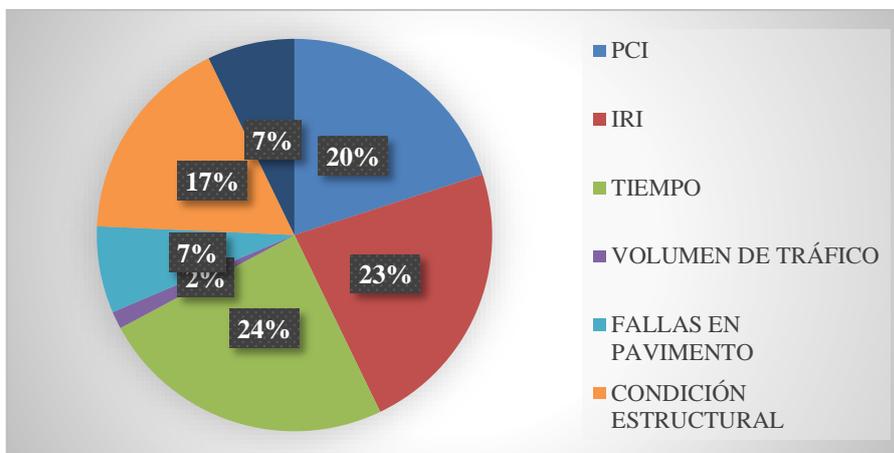
En la figura N° 24 encontramos el rango de longitud con mayor incidencia en el modelo HDM-4 de 1 km – 150 km con un 75 %, y 151 km – 300 km, 300 km – 450 km. con un 12.5 %.

Tabla 25
Parámetros de evaluación

CÓD. INVES.	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN							TOTAL
	PCI	IRI	TIEM.	VOLUMEN DE TRÁFICO	FALLAS EN PAV.	CONDICIÓN ESTRUCTURAL	EVAL. ECONÓMICA	
N° 01 R.	X		X	X				3
N° 02 R.	X		X		X			3
N° 03 R.	X		X					2
N° 04 R.			X			X		2
N° 05 R.	X		X				X	3
N° 06 R.	X		X				X	3
N° 07 R.	X							1
N° 08 R.	X		X				X	3
N° 09 M.		X	X					2
N° 10 M.	X		X				X	3
N° 11 M.	X							1
N° 12 M.		X	X					2
N° 13 M.	X		X		X		X	4
N° 14 M.		X				X		2
N° 15 M.		X				X		2
N° 16 M.		X				X		2
N° 17 RN.			X			X		2
N° 18 RN.			X			X		2
N° 19 RN.		X	X					2
N° 20 RN.						X		1
N° 21 RN.		X			X			2
N° 22 RN.	X							1
N° 23 RN.	X	X				X		3
N° 24 RN.	X							1
N° 25 H.		X			X			2
N° 26 H.		X				X		2
N° 27 H.	X	X	X					3
N° 28 H.		X	X			X		3
N° 29 H.		X	X					2
N° 30 H.		X				X		2
N° 31 H.		X				X		2
N° 32 H.		X			X			2
TOTAL	14	16	17	1	5	12	5	70
PORCENTAJE	20.00%	22.86%	24.29%	1.43%	7.14%	17.14%	7.14%	100.00%

Figura 29

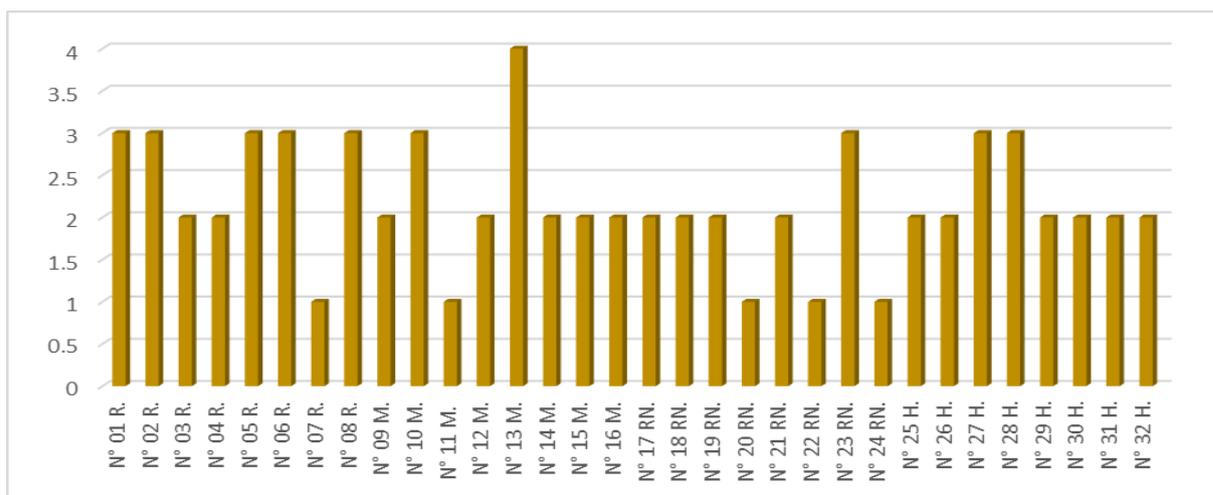
Porcentaje de parámetros evaluados



La figura muestra los porcentajes de cada parámetro utilizado en los modelos, siendo el 24.29% el mayor porcentaje, le corresponde al tiempo, ya que el deterioro se da en el tiempo, sin embargo, hay condiciones del pavimento que se evalúan en dicho tiempo, el de mayor incidencia son las condiciones funcionales, este corresponde al índice de servicialidad (PCI), con un 20 % de incidencia en los estudios.

Figura 30

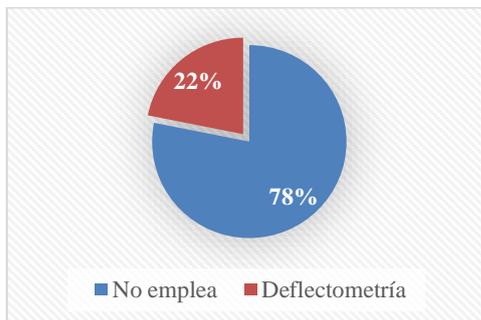
Número de parámetros evaluados por los artículos.



El estudio que más parámetros evaluó es el N° 13 M, el modelo estudiado por este artículo es cadenas de Márkov, el cual evalúa 4 parámetros, sacando ventaja con respecto a los otros modelos.

Tabla 26
Tipo de evaluación estructural

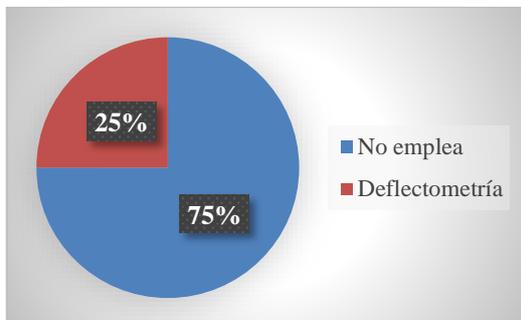
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		TOTAL
	No emplea	Deflectometría	
N° 01 R.	X		1
N° 02 R.	X		1
N° 03 R.		X	1
N° 04 R.		X	1
N° 05 R.	X		1
N° 06 R.	X		1
N° 07 R.	X		1
N° 08 R.	X		1
N° 09 M.	X		1
N° 10 M.	X		1
N° 11 M.	X		1
N° 12 M.	X		1
N° 13 M.	X		1
N° 14 M.	X		1
N° 15 M.	X		1
N° 16 M.	X		1
N° 17 R.N.		X	1
N° 18 R.N.		X	1
N° 19 R.N.	X		1
N° 20 R.N.	X		1
N° 21 R.N.		X	1
N° 22 R.N.	X		1
N° 23 R.N.		X	1
N° 24 R.N.	X		1
N° 25 H.	X		1
N° 26 H.	X		1
N° 27 H.	X		1
N° 28 H.	X		1
N° 29 H.	X		1
N° 30 H.	X		1
N° 31 H.	X		1
N° 32 H.		X	1
TOTAL	25	7	32
PORCENTAJE	78.13%	21.88%	100.00%

Figura 31
Tipo de evaluación estructural


El tipo de evaluación estructural que más se utilizó en los modelos de deterioro fue la deflectometría, con un 22%, el 78% de todos los estudios no emplea una evaluación estructural.

Tabla 27
Tipo de evaluación estructural, Regresión

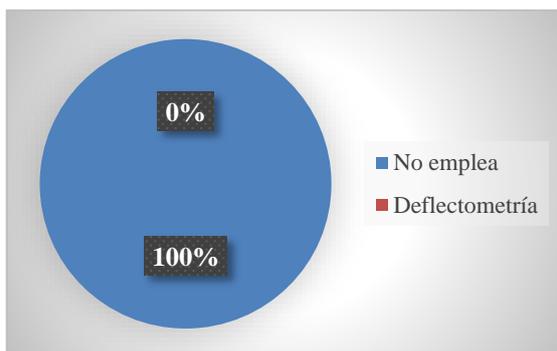
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN		TOTAL
	No emplea	Deflectometría	
N° 01 R.	X		1
N° 02 R.	X		1
N° 03 R.		X	1
N° 04 R.		X	1
N° 05 R.	X		1
N° 06 R.	X		1
N° 07 R.	X		1
N° 08 R.	X		1
TOTAL	6	2	8
PORCENTAJE	75.00%	25.00%	100.00%

Figura 32
Tipo de evaluación estructural, Regresión


En los estudios del modelo de regresión un 25% emplea evaluación estructural, como la deflectometría, y el 75% de los estudios no emplea ningún tipo de evaluación estructural.

Tabla 28
Tipo de evaluación estructural, Cadenas de Márkov

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV		TOTAL
	No emplea	Deflectometría	
N° 09 M.	X		1
N° 10 M.	X		1
N° 11 M.	X		1
N° 12 M.	X		1
N° 13 M.	X		1
N° 14 M.	X		1
N° 15 M.	X		1
N° 16 M.	X		1
TOTAL	8	0	8
PORCENTAJE	100.00%	0.00%	100.00%

Figura 33
Tipo de evaluación estructural, Cadenas de Márkov


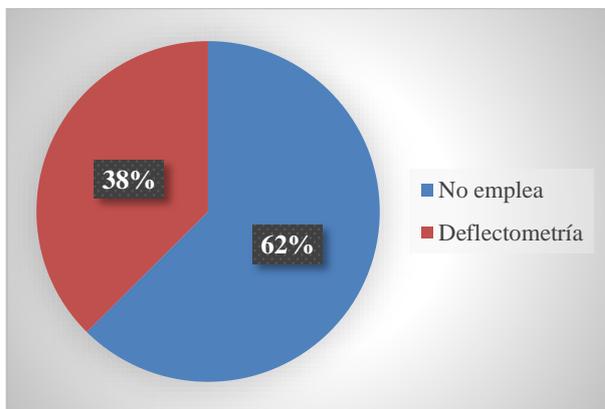
En los estudios del modelo de cadenas de Márkov no se han empleado ningún tipo de evaluación estructural.

Tabla 29
Tipo de evaluación estructural, Redes neuronales

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES		TOTAL
	No emplea	Deflectometría	
N° 17 R.N.		X	1
N° 18 R.N.		X	1
N° 19 R.N.	X		1
N° 20 R.N.	X		1
N° 21 R.N.		X	1
N° 22 R.N.	X		1
N° 23 R.N.	X		1
N° 24 R.N.	X		1
TOTAL	5	3	8
PORCENTAJE	62.50%	37.50%	100.00%

Figura 34

Tipo de evaluación estructural, Redes neuronales



En los estudios del modelo Redes neuronales un 37.50% emplea evaluación estructural, como la deflectometría, y el 62.50% de los estudios no emplea ningún tipo de evaluación estructural.

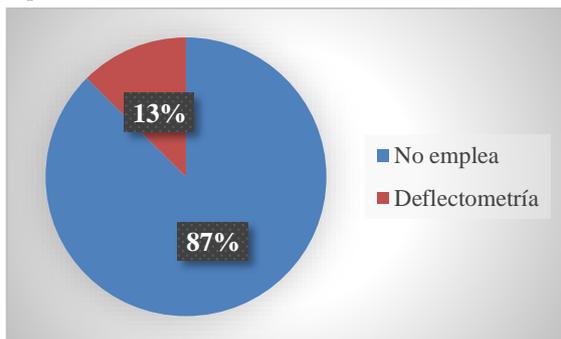
Tabla 30

Tipo de evaluación estructural, HDM-4

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4		TOTAL
	No emplea	Deflectometría	
N° 25 H.	X		1
N° 26 H.	X		1
N° 27 H.	X		1
N° 28 H.	X		1
N° 29 H.	X		1
N° 30 H.	X		1
N° 31 H.	X		1
N° 32 H.		X	1
TOTAL	7	1	8
PORCENTAJE	87.50%	12.50%	100.00%

Figura 35

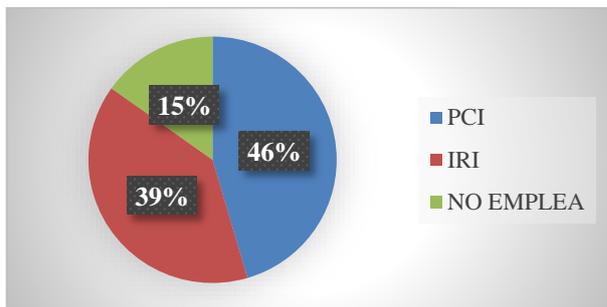
Tipo de evaluación estructural, HDM-4



En los estudios del modelo HDM-4 un 13% emplea evaluación estructural, como la deflectometría, y el 87% de los estudios no emplea ningún tipo de evaluación estructural.

Tabla 31
Tipo de evaluación funcional

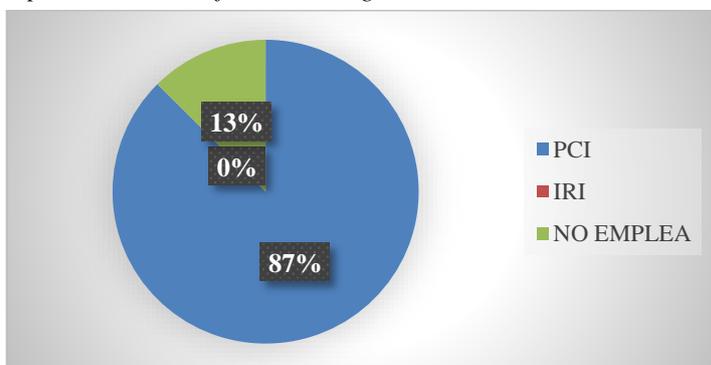
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL			TOTAL
	PCI	IRI	NO EMPLEA	
N° 01 R.	X			1
N° 02 R.	X			1
N° 03 R.	X			1
N° 04 R.			X	1
N° 05 R.	X			1
N° 06 R.	X			1
N° 07 R.	X			1
N° 08 R.	X			1
N° 09 M.		X		1
N° 10 M.	X			1
N° 11 M.	X			1
N° 12 M.		X		1
N° 13 M.	X			1
N° 14 M.		X		1
N° 15 M.		X		1
N° 16 M.		X		1
N° 17 R.N.			X	1
N° 18 R.N.			X	1
N° 19 R.N.		X		1
N° 20 R.N.	X			1
N° 21 R.N.			X	1
N° 22 R.N.	X			1
N° 23 R.N.	X			1
N° 24 R.N.	X			1
N° 25 H.		X		1
N° 26 H.		X		1
N° 27 H.	X	X		1
N° 28 H.		X		1
N° 29 H.		X		1
N° 30 H.		X		1
N° 31 H.		X		1
N° 32 H.			X	1
TOTAL	15	13	5	32
PORCENTAJE	46.88%	40.63%	15.63%	100.00%

Figura 36
Tipo de evaluación funcional


De todos los estudios de los cuatro modelos de deterioro, el tipo de evaluación funcional más empleado es el PCI con un porcentaje de 46.88%, seguidamente se encuentra el IRI con un 40.63% y el 15.63 % no emplea ningún tipo de evaluación funcional.

Tabla 32
Tipo de evaluación funcional, Regresión

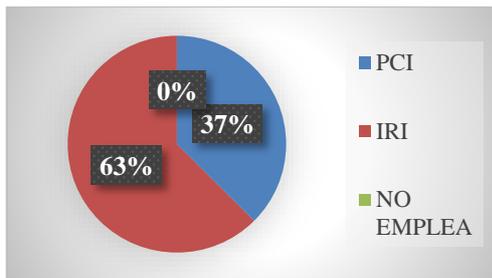
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN			TOTAL
	PCI	IRI	NO EMPLEA	
Nº 01 R.	X			1
Nº 02 R.	X			1
Nº 03 R.	X			1
Nº 04 R.			X	1
Nº 05 R.	X			1
Nº 06 R.	X			1
Nº 07 R.	X			1
Nº 08 R.	X			1
TOTAL	7	0	1	8
PORCENTAJE	87.50%	0.00%	12.50%	100.00%

Figura 37
Tipo de evaluación funcional, Regresión


El tipo de evaluación funcional más empleado en los estudios del modelo de deterioro “Regresión”, es el PCI con una incidencia del 87.50%.

Tabla 33
Tipo de evaluación funcional, Cadenas Márkov

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV			TOTAL
	PCI	IRI	NO EMPLEA	
N° 09 M.		X		1
N° 10 M.	X			1
N° 11 M.	X			1
N° 12 M.		X		1
N° 13 M.	X			1
N° 14 M.		X		1
N° 15 M.		X		1
N° 16 M.		X		1
TOTAL	3	5	0	8
PORCENTAJE	37.50%	62.50%	0.00%	100.00%

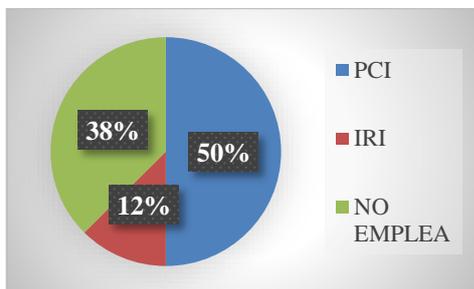
Figura 38
Tipo de evaluación funcional, Cadenas Márkov


El tipo de evaluación funcional más empleado en los estudios del modelo de deterioro

“Cadenas de Márkov”, es el PCI con una incidencia del 37.50% y el IRI con un 62.50%.

Tabla 34
Tipo de evaluación funcional, Redes neuronales

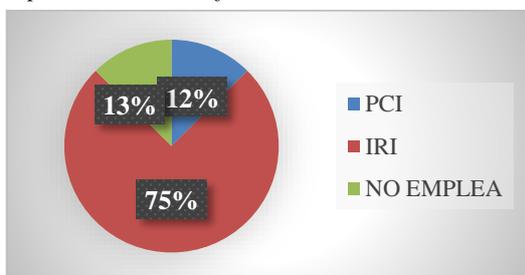
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES			TOTAL
	PCI	IRI	NO EMPLEA	
N° 17 R.N.			X	1
N° 18 R.N.			X	1
N° 19 R.N.		X		1
N° 20 R.N.	X			1
N° 21 R.N.			X	1
N° 22 R.N.	X			1
N° 23 R.N.	X			1
N° 24 R.N.	X			1
TOTAL	4	1	3	8
PORCENTAJE	50.00%	12.50%	37.50%	100.00%

Figura 39
Tipo de evaluación funcional, Redes neuronales


El tipo de evaluación funcional más empleado en los estudios del modelo de deterioro “Redes Neuronales”, es el PCI con una incidencia del 50% y el IRI con un 12.50%, sin embargo, el 37.50% no emplea ningún tipo de evaluación funcional.

Tabla 35
Tipo de evaluación funcional, HDM-4

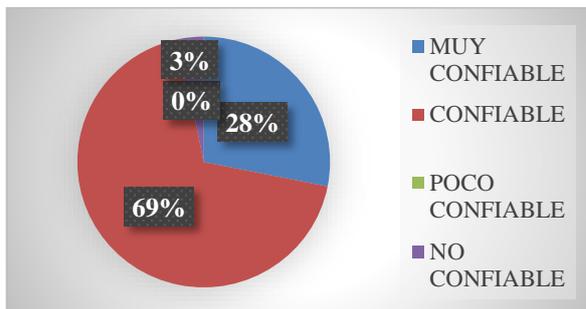
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4			TOTAL
	PCI	IRI	NO EMPLEA	
N° 25 H.		X		1
N° 26 H.		X		1
N° 27 H.	X			1
N° 28 H.		X		1
N° 29 H.		X		1
N° 30 H.		X		1
N° 31 H.		X		1
N° 32 H.			X	1
TOTAL	1	6	1	8
PORCENTAJE	12.50%	75.00%	12.50%	100.00%

Figura 40
Tipo de evaluación funcional, HDM-4


El tipo de evaluación funcional más empleado en los estudios del modelo de deterioro “HDM-4”, es el IRI con una incidencia del 75% y el PCI con un 12.50%.

Tabla 36
Confiabilidad de los modelos de deterioro.

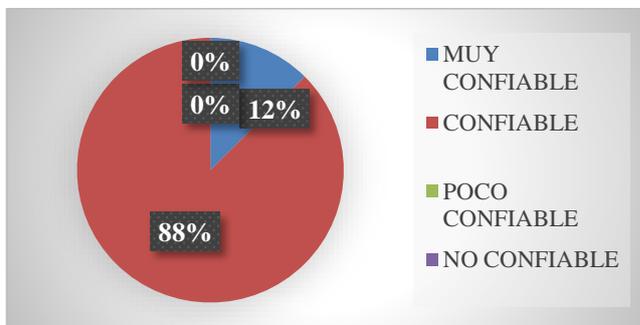
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	CONFIABILIDAD				TOTAL
	MUY CONFIABLE	CONFIABLE	POCO CONFIABLE	NO CONFIABLE	
N° 01 R.		X			1
N° 02 R.		X			1
N° 03 R.	X				1
N° 04 R.		X			1
N° 05 R.		X			1
N° 06 R.		X			1
N° 07 R.		X			1
N° 08 R.		X			1
N° 09 M.	X				1
N° 10 M.		X			1
N° 11 M.	X				1
N° 12 M.		X			1
N° 13 M.	X				1
N° 14 M.		X			1
N° 15 M.	X				1
N° 16 M.		X			1
N° 17 R.N.		X			1
N° 18 R.N.	X				1
N° 19 R.N.				X	1
N° 20 R.N.		X			1
N° 21 R.N.		X			1
N° 22 R.N.		X			1
N° 23 R.N.		X			1
N° 24 R.N.		X			1
N° 25 H.	X				1
N° 26 H.	X				1
N° 27 H.	X				1
N° 28 H.		X			1
N° 29 H.		X			1
N° 30 H.		X			1
N° 31 H.		X			1
N° 32 H.		X			1
TOTAL	9	22	0	1	32
PORCENTAJE	28.13%	68.75%	0.00%	3.13%	100.00%

Figura 41
Confiabilidad de los modelos de deterioro.


Según los resultados obtenidos de cada estudio, se obtuvo que el 68.75% son confiables, 28.13% muy confiables, 3.13% no confiable.

Tabla 37
Confiabilidad, Regresión

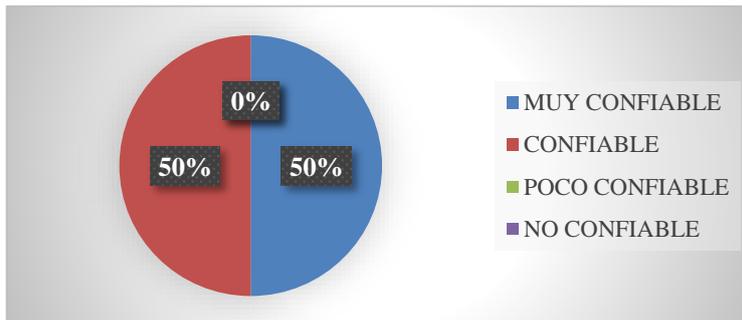
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN				TOTAL
	MUY CONFIABLE	CONFIABLE	POCO CONFIABLE	NO CONFIABLE	
N° 01 R.		X			1
N° 02 R.		X			1
N° 03 R.	X				1
N° 04 R.		X			1
N° 05 R.		X			1
N° 06 R.		X			1
N° 07 R.		X			1
N° 08 R.		X			1
TOTAL	1	7	0	0	8
PORCENTAJE	12.50%	87.50%	0.00%	0.00%	100.00%

Figura 42
Confiabilidad, Regresión


Según los estudios del modelo de regresión, 87.50% obtuvo resultados confiables y el 12.50 % muy confiables.

Tabla 38
Confiabilidad, Cadenas de Márkov

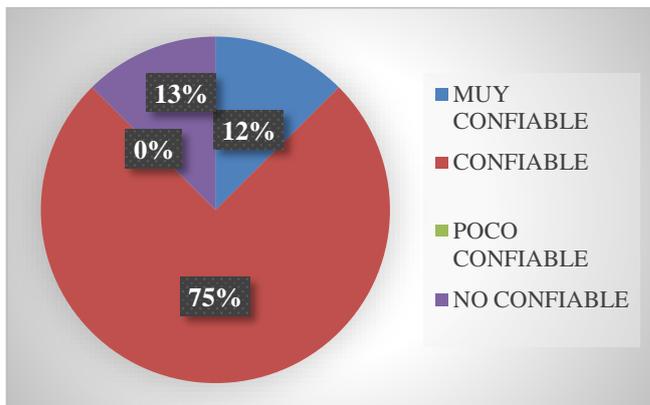
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV				TOTAL
	MUY CONFIABLE	CONFIABLE	POCO CONFIABLE	NO CONFIABLE	
N° 09 M.	X				1
N° 10 M.		X			1
N° 11 M.	X				1
N° 12 M.		X			1
N° 13 M.	X				1
N° 14 M.		X			1
N° 15 M.	X				1
N° 16 M.		X			1
TOTAL	4	4	0	0	8
PORCENTAJE	50.00%	50.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Figura 43
Confiabilidad, Cadenas de Márkov


Según los estudios del modelo de cadenas de Márkov, 50% obtuvo resultados muy confiables y el 50% confiables.

Tabla 39
Confiabilidad, Redes neuronales

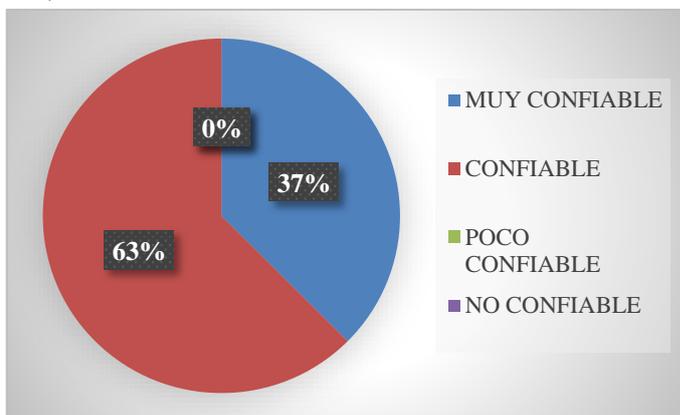
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES				TOTAL
	MUY CONFIABLE	CONFIABLE	POCO CONFIABLE	NO CONFIABLE	
N° 17 R.N.		X			1
N° 18 R.N.	X				1
N° 19 R.N.				X	1
N° 20 R.N.		X			1
N° 21 R.N.		X			1
N° 22 R.N.		X			1
N° 23 R.N.		X			1
N° 24 R.N.		X			1
TOTAL	1	6	0	1	8
PORCENTAJE	12.50%	75.00%	0.00%	12.50%	100.00%

Figura 44
Confiabilidad, Redes neuronales


Según los estudios del modelo de Redes neuronales, 75% obtuvo resultados confiables, muy confiables el 12.50% y no confiables el 12.50%.

Tabla 40
Confiabilidad, HDM-4

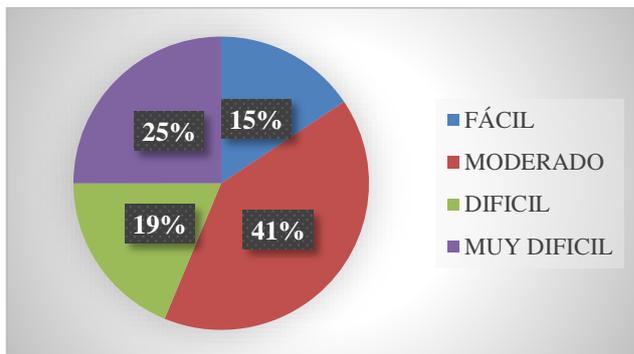
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4				TOTAL
	MUY CONFIABLE	CONFIABLE	POCO CONFIABLE	NO CONFIABLE	
N° 25 H.	X				1
N° 26 H.	X				1
N° 27 H.	X				1
N° 28 H.		X			1
N° 29 H.		X			1
N° 30 H.		X			1
N° 31 H.		X			1
N° 32 H.		X			1
TOTAL	3	5	0	0	8
PORCENTAJE	37.50%	62.50%	0.00%	0.00%	100.00%

Figura 45
Confiabilidad, HDM-4


Según los estudios del modelo de HDM-4, 37.50% obtuvo resultados muy confiables, confiables el 62.50%.

Tabla 41
Dificultad del modelo

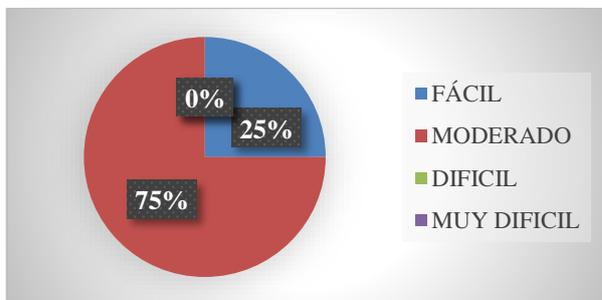
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	DIFICULTAD DEL MODELO				TOTAL
	FÁCIL	MODERADO	DIFÍCIL	MUY DIFÍCIL	
N° 01 R.	X				1
N° 02 R.		X			1
N° 03 R.	X				1
N° 04 R.		X			1
N° 05 R.		X			1
N° 06 R.		X			1
N° 07 R.		X			1
N° 08 R.		X			1
N° 09 M.		X			1
N° 10 M.		X			1
N° 11 M.		X			1
N° 12 M.		X			1
N° 13 M.		X			1
N° 14 M.	X				1
N° 15 M.	X				1
N° 16 M.	X				1
N° 17 R.N.				X	1
N° 18 R.N.				X	1
N° 19 R.N.				X	1
N° 20 R.N.			X		1
N° 21 R.N.			X		1
N° 22 R.N.			X		1
N° 23 R.N.		X			1
N° 24 R.N.		X			1
N° 25 H.			X		1
N° 26 H.			X		1
N° 27 H.			X		1
N° 28 H.				X	1
N° 29 H.				X	1
N° 30 H.				X	1
N° 31 H.				X	1
N° 32 H.				X	1
TOTAL	5	13	6	8	32
PORCENTAJE	15.63%	40.63%	18.75%	25.00%	100.00%

Figura 46
Dificultad del modelo


La dificultad de los modelos en un gran porcentaje es de 40.63% moderado, 18.75% difícil, 25% muy difícil y 15.63% fácil.

Tabla 42
Dificultad del modelo, Regresión

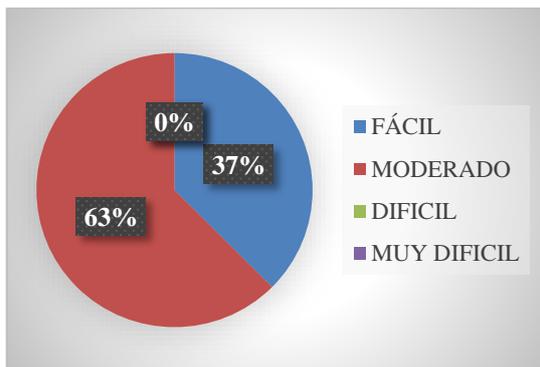
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN				TOTAL
	FÁCIL	MODERADO	DIFÍCIL	MUY DIFÍCIL	
N° 01 R.	X				1
N° 02 R.		X			1
N° 03 R.	X				1
N° 04 R.		X			1
N° 05 R.		X			1
N° 06 R.		X			1
N° 07 R.		X			1
N° 08 R.		X			1
TOTAL	2	6	0	0	8
PORCENTAJE	25.00%	75.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Figura 47
Dificultad del modelo, Regresión


El 75% de los estudios del modelo “Regresión” consideran con una dificultad moderada y 25% lo consideran fácil.

Tabla 43
Dificultad del modelo, Cadenas de Márkov

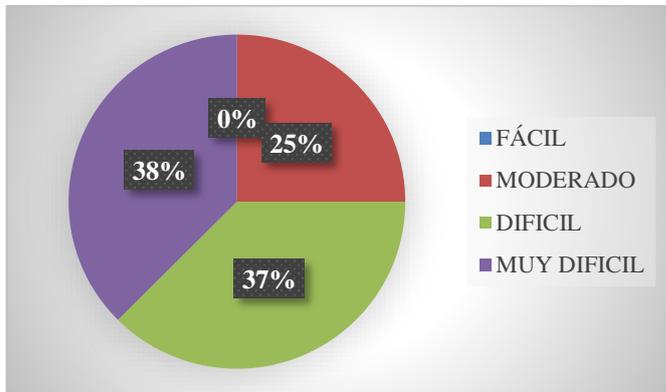
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV				TOTAL
	FÁCIL	MODERADO	DIFÍCIL	MUY DIFÍCIL	
N° 09 M.		X			1
N° 10 M.		X			1
N° 11 M.		X			1
N° 12 M.		X			1
N° 13 M.		X			1
N° 14 M.	X				1
N° 15 M.	X				1
N° 16 M.	X				1
TOTAL	3	5	0	0	8
PORCENTAJE	37.50%	62.50%	0.00%	0.00%	62.50%

Figura 48
Dificultad del modelo, Cadenas de Márkov


El 62.50% de los estudios del modelo “Cadenas de Márkov” consideran con una dificultad moderada y el 37.50% considera que el modelo es de fácil aplicación.

Tabla 44
Dificultad del modelo, Redes neuronales

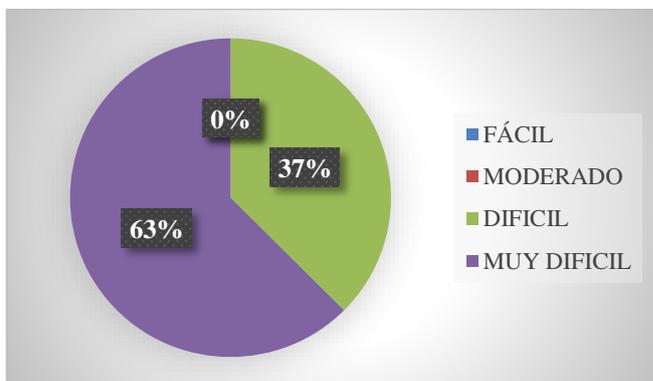
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES				TOTAL
	FÁCIL	MODERADO	DIFÍCIL	MUY DIFÍCIL	
N° 17 R.N.				X	1
N° 18 R.N.				X	1
N° 19 R.N.				X	1
N° 20 R.N.			X		1
N° 21 R.N.			X		1
N° 22 R.N.			X		1
N° 23 R.N.		X			1
N° 24 R.N.		X			1
TOTAL	0	2	3	3	8
PORCENTAJE	0.00%	25.00%	37.50%	37.50%	100.00%

Figura 49
Dificultad del modelo, Redes neuronales


El 37.50% de los estudios del modelo “Redes neuronales” consideran con una dificultad muy difícil, el 37.50% lo consideran difícil y el 25% lo considera de moderada aplicación.

Tabla 45
Dificultad del modelo, HDM-4

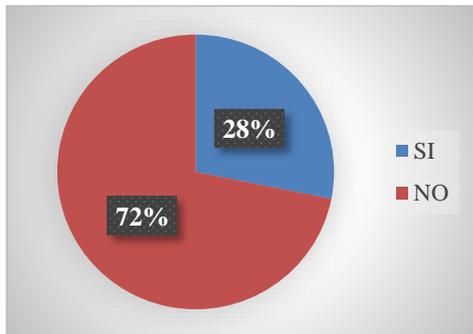
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4				TOTAL
	FÁCIL	MODERADO	DIFÍCIL	MUY DIFÍCIL	
N° 25 H.			X		1
N° 26 H.			X		1
N° 27 H.			X		1
N° 28 H.				X	1
N° 29 H.				X	1
N° 30 H.				X	1
N° 31 H.				X	1
N° 32 H.				X	1
TOTAL	0	0	3	5	8
PORCENTAJE	0.00%	0.00%	37.50%	62.50%	100.00%

Figura 50
Dificultad del modelo, HDM-4


En la figura 50, el 62.50% de los estudios del modelo “HDM-4” consideran con una dificultad difícil y el 37.50% lo consideran muy difícil.

Tabla 46
Evaluación económica

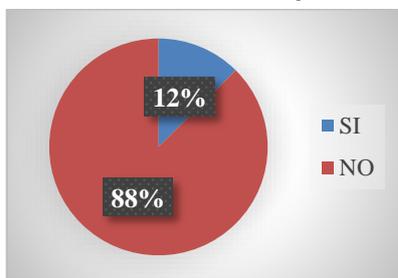
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	EVALUACIÓN ECONÓMICA		TOTAL
	SI	NO	
N° 01 R.		X	1
N° 02 R.		X	1
N° 03 R.		X	1
N° 04 R.		X	1
N° 05 R.	X		1
N° 06 R.		X	1
N° 07 R.		X	1
N° 08 R.		X	1
N° 09 M.		X	1
N° 10 M.	X		1
N° 11 M.	X		1
N° 12 M.		X	1
N° 13 M.	X		1
N° 14 M.	X		1
N° 15 M.	X		1
N° 16 M.	X		1
N° 17 R.N.		X	1
N° 18 R.N.		X	1
N° 19 R.N.		X	1
N° 20 R.N.		X	1
N° 21 R.N.		X	1
N° 22 R.N.		X	1
N° 23 R.N.		X	1
N° 24 R.N.		X	1
N° 25 H.		X	1
N° 26 H.		X	1
N° 27 H.		X	1
N° 28 H.		X	1
N° 29 H.	X		1
N° 30 H.		X	1
N° 31 H.	X		1
N° 32 H.		X	1
TOTAL	9	23	32
PORCENTAJE	28.13%	71.88%	100.00%

Figura 51
Evaluación económica


El 71.88% de los estudios no realiza evaluación económica y el 28.13% realiza algún tipo de evaluación económica.

Tabla 47
Evaluación económica, Regresión

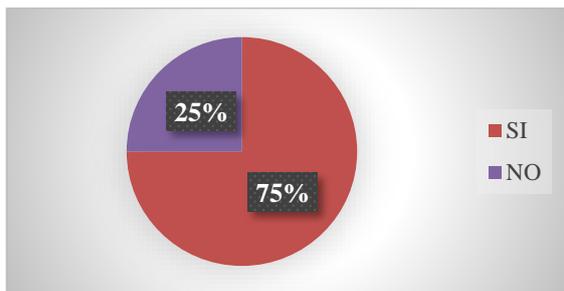
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REGRESIÓN		TOTAL
	SI	NO	
N° 01 R.		X	1
N° 02 R.		X	1
N° 03 R.		X	1
N° 04 R.		X	1
N° 05 R.	X		1
N° 06 R.		X	1
N° 07 R.		X	1
N° 08 R.		X	1
TOTAL	1	7	8
PORCENTAJE	12.50%	87.50%	100.00%

Figura 52
Evaluación económica, Regresión


Para el modelo de regresión se obtiene que el 87.50% no realiza una evaluación económica y el 12.50% si ha realizado evaluación económica.

Tabla 48
Evaluación económica, Cadenas de Márkov

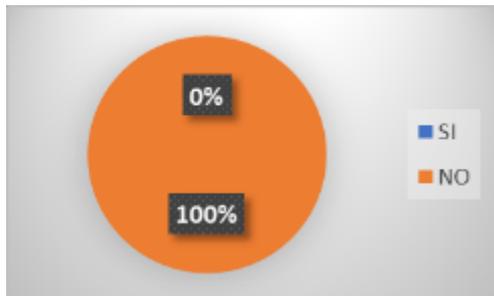
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	MARKÓV		TOTAL
	SI	NO	
N° 09 M.		X	1
N° 10 M.	X		1
N° 11 M.	X		1
N° 12 M.		X	1
N° 13 M.	X		1
N° 14 M.	X		1
N° 15 M.	X		1
N° 16 M.	X		1
TOTAL	6	2	8
PORCENTAJE	75.00%	25.00%	100.00%

Figura 53
Evaluación económica, Cadenas de Márkov


Para el modelo de cadenas de Márkov se obtiene que el 75% ha realiza una evaluación económica y el 25% no ha realizado evaluación económica.

Tabla 49
Evaluación económica, Redes neuronales

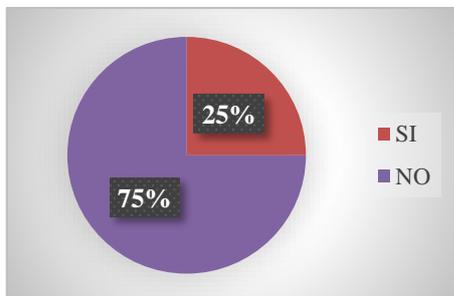
CÓDIGO INVESTIGACIÓN	REDES NEURONALES		TOTAL
	SI	NO	
N° 17 R.N.		X	1
N° 18 R.N.		X	1
N° 19 R.N.		X	1
N° 20 R.N.		X	1
N° 21 R.N.		X	1
N° 22 R.N.		X	1
N° 23 R.N.		X	1
N° 24 R.N.		X	1
TOTAL	0	8	8
PORCENTAJE	0.00%	100.00%	100.00%

Figura 54
Evaluación económica, Redes neuronales


Para el modelo redes neuronales se obtuvo que el 100% de los estudios no ha realizado evaluación económica.

Tabla 50
Evaluación económica, HDM-4

CÓDIGO INVESTIGACIÓN	HDM-4		TOTAL
	SI	NO	
N° 25 H.		X	1
N° 26 H.		X	1
N° 27 H.		X	1
N° 28 H.		X	1
N° 29 H.	X		1
N° 30 H.		X	1
N° 31 H.	X		1
N° 32 H.		X	1
TOTAL	2	6	8
PORCENTAJE	25.00%	75.00%	100.00%

Figura 55
Evaluación económica, HDM-4


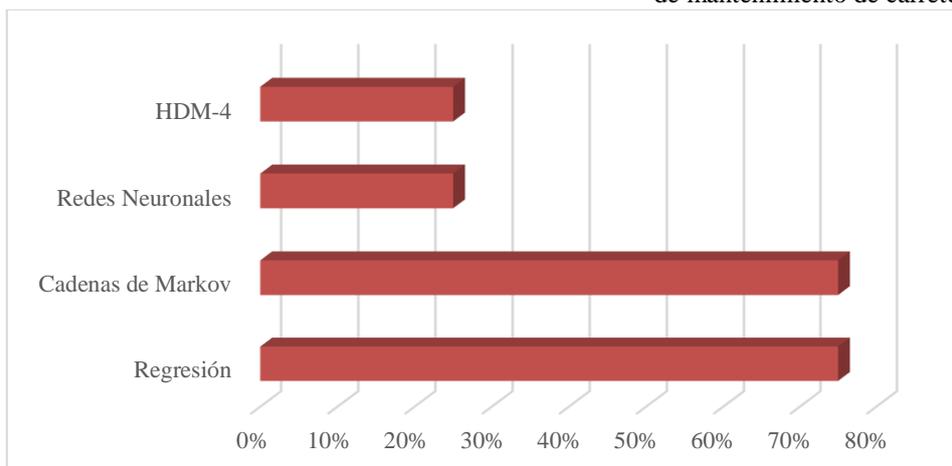
Para el modelo HDM-4 se obtuvo que el 75% no realiza una evaluación económica y el 25% si ha realizado evaluación económica.

Tabla 51
Tipo de mantenimiento

MANTENIMIENTO	TIPO DE MANENIMIENTO	CANTIDAD	MODELO	%CM
N° 01 R.	Si 1. recapeo o reconstrucción 2.Parchar baches y piel de cocodrilo 3. Sellado de fisuras	3		
N° 02 R.	No No especifica	0		
N° 03 R.	Si 1. Rehabilitación 2. Mantenimiento rutinario 3. Mantenimiento rutinario inmediato	3		
N° 04 R.	No No especifica	0		
N° 05 R.	Si 1. Mantenimiento 2. Rehabilitación 3. Reconstrucción	3	Regresión	75%
N° 06 R.	Si 1. Mantenimiento 2. Rehabilitación 3. Reconstrucción	3		
N° 07 R.	Si 1. Mantenimiento 2. Rehabilitación	2		
N° 08 R.	Si 1. Mantenimiento 2. Rehabilitación	2		
N° 09 M.	Si No especifica	0		
N° 10 M.	Si 1. Mantenimiento Periódico 2. Rutinario 3. Rehabilitación	3		
N° 11 M.	Si 1. Mantenimiento preventivo 2. Mantenimiento correctivo 3. Rehabilitación 4. Refuerzo estructural 5. Reconstrucción	5	Cadenas de Markov	75%
N° 12 M.	No No especifica	0		
N° 13 M.	Si 1. Parchado superficial 2. Parchado profundo 3. Sellado de fisuras moderadas 4. Sello asfáltico 5. Slurry Seal 6. Sello asfáltico TSB	6		
N° 14 M.	Si Sellado de fisuras y grietas	1		

N° 15 M.	No	No especifica	0		
N° 16 M.	Si	1. Bacheo superficial 2. Sellado de fisuras	2		
N° 17 RN.	No	No especifica	0		
N° 18 RN.	No	No especifica	0		
N° 19 RN.	No	No especifica	0		
N° 20 RN.	Si	1. Soluciones de restauración 2. Prácticas de monitoreo	2		
N° 21 RN.	No	No especifica	0	Redes Neuronales	25%
N° 22 RN.	No	No especifica	0		
N° 23 RN.	Si	1. Mantenimiento Periódico 2. Rehabilitación 3. Reconstrucción	3		
N° 24 RN.	No	No especifica	0		
N° 25 H.	No	No especifica	0		
N° 26 H.	No	No especifica	0		
N° 27 H.	No	No especifica	0		
N° 28 H.	No	No especifica	0		
N° 29 H.	Si	1. Parcheo y sello de fisuras 2. Parcheo y sello de fisuras y sobre carpeta de 5 cm. 3. Parcheo y sello de fisuras y sobre carpeta de 10 cm.	3	HDM-4	25%
N° 30 H.	No	No especifica	0		
N° 31 H.	Si	Parchado de fisuras	1		
N° 32 H.	No	No especifica	0		

Figura 56
Tipo de mantenimiento



La figura 56 muestra los porcentajes de incidencia de los estudios de modelos de deterioro que han dado como resultado algún tipo de mantenimiento, siendo los modelos de regresión y curvas de Márkov los que mayor incidencia tienen con un 75%, dentro de cada estudio, los modelos HDM-4 y redes neuronales cuentan con un 25%.

Tabla 52

Caracterización de los modelos de deterioro.

MODELO	REGRESIÓN	CURVAS DE MARKÓV	REDES NEURONALES	HDM-4
PARÁMETROS				
Tipo de red vial (5)	X (Vecinal-37.50%)	X (Vecinal-37.50%)	25% Vecinal	12.50% Vecinal
Tipo de pavimento (6)	flexible	X (flexible, rígido y mixto)	Flexible	flexible
Tiempo evaluado por modelo (4)	25 años	20 años	20 años	X (30 años)
Longitud de tramos en estudio (6)	187.5 km	X (480 km)	428.613 km	342.668 km
Parámetros de evaluación (4)	3	X (4)	3	3
Tipo de evaluación estructural (6)	25%	0%	X (37.50%)	12.50 %
Tipo de evaluación funcional (6)	87.50%	X (100 %)	62.50%	87.50 %
Confiabilidad (10)	Confiable	X (Muy Confiable)	Confiable	Confiable
Dificultad del modelo (9)	X (Moderado)	X (Moderado)	Muy difícil	Muy difícil
Evaluación económica (10)	12.50 %	X (75%)	0%	25%
Mantenimiento (7)	X (75%)	X (75%)	25%	25%
TOTAL	14	63	6	4

El modelo de deterioro con los resultados deseados, es el de Cadenas de Márkov, superando a los 3 modelos, con una puntuación de 63, siendo el modelo que se adecua más a las condiciones viales que tiene nuestra la ciudad de Cajamarca.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar el uso de los modelos de deterioro para optimizar la gestión del mantenimiento de carreteras, para lo cual se recolectó y revisó estudios sobre modelos de deterioro aplicados a vías, específicamente de 4, los cuales fueron de Regresión, Cadenas de Márkov, Redes Neuronales y HDM-4.

Se caracterizó el uso de los modelos mediante la elaboración de tablas y figuras estadísticas, con la información obtenida de las fichas de recolección de datos.

El primer parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro fue el tipo de red vial evaluada, existiendo tres tipos de redes viales, red vial vecinal, departamental y nacional, en la tabla 9 se muestra el porcentaje de incidencia del tipo de red vial evaluado por los modelos, siendo la red vial nacional la de mayor incidencia con un 56.25%, sin embargo en los municipios se tiene control del mantenimiento de redes vecinales, debido a la descentralización de PROVIAS, por lo tanto es más factible implementar los modelos de deterioro de carreteras en las redes vecinales, por lo que los modelos que más han realizado el modelamiento del deterioro en redes vecinales son las Cadenas de Márkov y de Regresión con un 37.50 % de incidencia.

El segundo parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro fue el tipo de pavimento evaluado, se consideraron tres tipos, los cuales fueron pavimento flexible, pavimento rígido y mixto, la tabla 14 evidencia que en los 32 artículos en estudio se analizó el pavimento flexible.

El tercer parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro fue el rango de tiempo evaluado, el rango de tiempo con mayor incidencia es el de 16 a 20 años de evaluación (62.5 %), es importante definir el tiempo de vida útil de la carretera, ya que está vinculada directamente con el indicador costo – eficiencia, y además permitirá establecer los lapsos de tiempo en los que se deberá dar el mantenimiento, de esta manera se llegará a cumplir con la vida útil del pavimento, el modelo que más tiempo evalúa es el software HDM4 con 30 años.

El cuarto parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro de carreteras fue las longitudes de carreteras evaluadas por cada modelo, considerando que el mejor modelo sería el que ha evaluado mayores distancias de carreteras, ya que al poder evaluar una amplia longitud de carreteras se estaría optimizando tiempo y costos, en la tabla 20, podemos evidenciar que el rango de longitudes con mayor incidencia es de 1 Km a 150 km con un porcentaje de 78.13 %, el modelo Cadenas de Márkov, con una longitud de 480 km.

La quinta medida de caracterización del uso de los modelos de deterioro de carreteras fue los parámetros evaluados por los modelos, se consideraron siete parámetros, los cuales fueron PCI, IRI, Tiempo, Volumen de tráfico, Fallas en pavimento, Condición estructural, Evaluación económica, en la tabla 25 se muestra los porcentajes de cada parámetro utilizado en los modelos, siendo el 24.29 % el mayor porcentaje, el cual le corresponde al tiempo, ya que el deterioro se da en el tiempo, sin embargo, hay condiciones del pavimento que se evalúan en el tiempo, el de mayor incidencia son las condiciones funcionales, este corresponde al Índice de Condición del Pavimento (PCI), con un 17 % de incidencia en los estudios, en la

figura 30, se muestra que el estudio que más parámetros evaluó es el N° 10 M, el modelo estudiado por este artículo es Cadenas de Márkov, el cual evalúa 4 parámetros, sacando ventaja con respecto a los otros modelos.

El sexto parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro fue la incidencia del tipo de evaluación estructural utilizado por los modelos, en la tabla 26 se muestra una probabilidad de incidencia en porcentaje de 22 % del total de estudios que utilizaron como parámetro evaluación estructural (deflectometría), se obtuvo que el modelo de redes neuronales es el que más utiliza una evaluación estructural, con un porcentaje del 62.50%.

El séptimo parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro fue la incidencia del tipo de evaluación funcional, se consideraron tres condiciones, las cuales fueron PCI, IRI y No Emplea, en la tabla 31, se muestra que el tipo de evaluación funcional más empleado en los estudios es el PCI, con un 46.88% de incidencia del total de estudios, en la tabla 33 se muestra que para el modelo de Cadenas de Márkov utiliza 100% evaluación funcional.

El octavo parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro fue la confiabilidad, cabe recalcar, que este parámetro se estableció para cuatro rangos, los cuales fueron Muy Confiable, Confiable y Poco Confiable y No Confiable, este valor se tomó del resultado obtenido de la correlación, comprobación y verificación realizado en los 32 estudios, con la finalidad de verificar la veracidad del modelo. En la tabla 36 se muestra como resultado que en un 68.75% el uso de modelos de deterioro es confiable, en la tabla 38 se muestra que el modelo de Cadenas de Márkov es en un 50% muy confiable.

El noveno parámetro de caracterización del uso de modelos de deterioro

fue la dificultad del modelo, este parámetro se obtuvo según el requerimiento observado en las investigaciones para el empleo del modelo de deterioro, se utilizó un grado de dificultad según la cantidad de datos utilizados, del proceso a realizar, de la complejidad de las fórmulas utilizadas en los modelos y según los softwares empleados, a partir de esto se clasificó según 4 grados, los cuales fueron Fácil, Moderado, Difícil y Muy Difícil, en la tabla 43 se muestra que la dificultad del modelo de Cadenas de Márkov es fácil en un 37.50% y moderado en un 62.50%.

El décimo parámetro de caracterización del uso de modelos de deterioro

fue la incidencia de la evaluación económica realizada por los modelos, en la tabla 46, se muestra que el 71.88% de los estudios no realiza evaluación económica y el 28.13% realiza algún tipo de evaluación económica, en la tabla 47 se muestra que para el modelo de regresión el 87.50% no realiza una evaluación económica y el 12.50% si ha realizado evaluación económica, en la tabla 48 se muestra que para el modelo de cadenas de Márkov el 75% ha realiza una evaluación económica y el 25% no ha realizado evaluación económica, en la tabla 49 se muestra que para el modelo redes neuronales el 100% de los estudios no ha realizado evaluación económica, en la tabla 50 se muestra que para el modelo HDM-4 el 75% no realiza una evaluación económica y el 25% si ha realizado evaluación económica.

El onceavo parámetro de caracterización del uso de los modelos de deterioro, es la incidencia de mantenimientos empleados, en la tabla 51 se muestra los porcentajes de incidencia de los estudios de modelos de deterioro que han dado como resultado algún tipo de mantenimiento, siendo los modelos de regresión y



curvas de Márkov los que mayor incidencia tienen con un 75%, dentro de cada estudio, los modelos HDM-4 y redes neuronales cuentan con un 25%.

Los resultados obtenidos se compararon con investigaciones realizadas a nivel internacional.

Khadka, Mukesh & Paz, Alexander, 2017 en su artículo científico “Estimation of optimal pavement performance models for highways”, propone que todas las observaciones al realizar el PCI deben ser correctas y certeras, ya que cualquier error de recopilación de datos se puede minimizar hasta cierto punto siempre que se tenga la agrupación de datos de varios años y sitios de muestras similares, de esta manera la estimación de la condición futura del pavimento será más certera al aplicar el modelo de regresión; así mismo de los resultados obtenidos en la presente investigación tenemos que el modelo de regresión no es tan complejo de aplicar, pero necesita que los datos sean certeros, para obtener resultados confiables y aplicables al mantenimiento de las carreteras siendo clasificado como un modelo confiable.

Según los resultados obtenidos del modelo Curvas de Márkov, su implementación es de moderada aplicación y el uso de este modelo es confiable, porque sus resultados se acercan a la realidad, además en los estudios de dicho modelo un 75 % realiza evaluaciones económicas, en comparación con las investigaciones de los otros tres modelos, curvas de Márkov es el más completo, es importante que los modelos nos proporcionen la evaluación económica para poder optimizar, además del tiempo, el costo, esto se afirma, ya que en la investigación de Jimmy Fernando Paredes Giler, 2019, en su proyecto de fin de máster titulado “Modelos de gestión para la conservación de puentes tipo fábrica”, donde su objetivo principal fue optimizar los recursos económicos en la conservación de pavimentos mediante modelos de

Cadenas de Márkov y además este modelo da opciones de mantenimiento en un 75% del total de estudios de este modelo.

El modelo de redes neuronales es el modelo que más ha utilizado evaluación estructural, en un 37.50%, este resultado se comprueba en la investigación de Gilvonio Cano, Gina Patricia. 2017, titulada “Desempeño de micropavimento con mezcla asfáltica modificada y predicción de la vida útil mediante un modelo de falla”, se empleó el modelo de redes neuronales, para lo cual utilizó en su evaluación de condición del pavimento la deflectometría, que es un tipo de evaluación estructural no destructiva que permite determinar el estado estructural actual del pavimento, sin embargo, emplear este tipo de evaluación requiere de equipos especiales (viga Benkelman, deflectómetro de Impacto, entre otros) los cuales significan un costo elevado de no contar con ellos.

El modelo HDM-4, es de difícil aplicación, ya que requiere mucha información de ingreso al software, como se menciona en la tesis de Vargas León, Juan Carlos, titulada “Evaluación técnica y económica entre las modalidades ejecutivas de conservación vial aplicando el modelo HDM-4 en la carretera PE-38 tramo Tacna – Tarata”, además en esta investigación realizaron evaluación económica, sin embargo los resultados obtenidos en esta tesis, en la mayoría de estudios no realizan evaluación económica, solo el 25% realizó evaluación económica.

Finalmente se obtuvo que el modelo de deterioro con los resultados deseados, es el de Cadenas de Márkov, superando a los 3 modelos, con una puntuación de 63 lo cual se evidencia en la tabla 52.

4.2. Limitaciones y recomendaciones

- ❖ Una limitación fue el acceso restringido de información para esta investigación, ya que son pocos los estudios realizados sobre los modelos de deterioro de carreteras, sin embargo, la información obtenida de las investigaciones encontradas fue sustancial para caracterizar a los modelos de deterioro.
- ❖ Otra limitación fue que, al no poder hacer estudios en campo, ya que se tenía que evaluar la condición del pavimento mediante el PCI, se tuvo que optar por hacer una tesis descriptiva, es decir se realizaron comparaciones y caracterización del uso de los modelos de deterioro de carreteras de investigaciones ya realizadas.
- ❖ Nos limitamos a caracterizar 4 modelos de deterioro, sin embargo, existen más modelos de deterioro, de los cuales no se tiene mucha información, ya que no son tan difundidos, los modelos elegidos son los que más han sido utilizados en las investigaciones de gestión de mantenimiento vial a nivel internacional.
- ❖ Se recomienda realizar una base de datos de las carreteras pavimentadas en Cajamarca, el mantenimiento que se les da, y el PCI anual de cada una de las carreteras.
- ❖ Otra recomendación es realizar más investigaciones enfocadas a los modelos de deterioro de carreteras.
- ❖ Finalmente se recomienda realizar la aplicación de la guía realizada en esta tesis.
- ❖ Como implicancia esta investigación tiene la finalidad de entregar una guía del uso del modelo de deterioro de Cadenas de Márkov, el cual se encuentra en el Anexo 4, ya que, según el resultado de esta investigación, es el mejor modelo para la predicción del deterioro, esta guía contendrá todos los pasos para integrar este modelo a la gestión de carreteras de Cajamarca y optimizar dicho sistema, además se deja paso a seguir complementando esta investigación.

4.3. Conclusiones

- ❖ Se caracterizó el uso de modelos de deterioro, a través de la ficha de recolección de datos, obteniendo que el mejor modelo de deterioro es el de Cadenas de Márkov, ya que es aplicable a redes vecinales en el 37.50% de los estudios, hace análisis en pavimentos flexibles, rígidos y mixtos, además abarca la mayor longitud de carretera modelada (480km), utiliza evaluación funcional como el PCI e IRI en el 100% de las investigaciones, es muy confiable (50%) y confiable (50%), tiene una dificultad moderada, se puede realizar evaluaciones económicas, demostrado en el 75% de las investigaciones y tener opciones de mantenimiento en el 75% de las investigaciones, este modelo obtuvo una puntuación de 63 en cuanto a los parámetros evaluados, además de que se adecua mas a las condiciones viales de Cajamarca.
- ❖ Se selecciono y reviso 32 artículos sobre modelos de deterioro en la gestión de mantenimiento de carreteras, siendo 4 los modelos elegidos a caracterizar, Regresión, Cadenas de Márkov, Redes neuronales y HDM-4, dichos artículos cumplieron con los criterios de inclusión, garantizando resultados veraces y que aportaron a la investigación.
- ❖ Mediante la información brindada de los artículos elegidos, se realizó una descripción de cada uno de los modelos de deterioro.
- ❖ Las comparaciones entre modelos, se realizó por cada parámetro de la ficha de recolección de datos, lo cual se presentó en los apartados de resultados y discusión, creándose una tabla general con todos los parámetros evaluados, obteniendo que los mejores resultados le corresponden al modelo Cadenas de Márkov.



- ❖ Se rechaza la hipótesis ya que el modelo de deterioro que optimiza más la gestión de mantenimiento de carreteras es el modelo de Cadenas de Márkov, obteniendo una puntuación de 63 en la tabla de Caracterización de modelos de deterioro.
- ❖ Se realizó una guía sobre el uso del modelo de deterioro Cadenas de Márkov en pavimentos flexibles, en dicha guía se encuentran los pasos a seguir para poder aplicar el modelo de Cadenas de Márkov efectivamente.

REFERENCIAS

- Alejos, J., & Cribillero, E. (2017). *Aplicación del software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa-Tamboreal*. Lima-Perú: Universidad nacional del Santa.
- Andrade, V. A. (2018). *Mejora de la gestión de mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro*. València: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Argueta Mejía, J. E., & Castro Hernández, E. E. (2009). *Metodología para la calibración de los modelos de deterioro de pavimentos generados por el programa HDM4*. El salvador: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Banco Mundial. (2016). *Mejorando la confiabilidad de la red vial de Perú*. Lima, Perú.
- Becerra Espinosa, J. M. (s.f.). *Estadística descriptiva*. Perú: Facultad de Contaduría y Administración. UNAM.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo - Perú.
- Burneo, L. C. (2013). *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction*. . Perú: Universidad de Piura.
- Chávez, A. S. (2014). *Distematización de información sobre diseño, gestión construcción y reparación de pavimentos urbanos*. Lima: SENCICO.
- Chávez, A. S. (2014). *Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales*. Perú.
- Chavez, A. S. (2014). *Sistematización de información sobre diseño, gestión, construcción y reparación de pavimentos urbanos*. Lima: SENCICO.

- Collier, D. (1993). *Método comparativo*. Berkeley: Universidad de California.
- Foro Económico Mundial. (2019). *Reporte de Competitividad Global*.
- Galindo, G. D. (2019). *Gestión del pavimento de la Avenida San Carlos mediante el uso del modelo HDM-4, Huancayo -2017*. Huancayo-Perú.
- García Segura, T., & Montalbán Domingo, L. (2018). *Mejora de la gestión de mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro*. València: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA .
- Goicochea, J. E. (2007). *Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos*. Perú.
- HDMGLOBAL. (2005). *HDMGLOBAL*. Obtenido de <http://www.hdmglobal.com/media/2214/hdm-4-leaflet-2005-s-web.pdf>
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Guía para la comparsión holística de la ciencia*. Venezuela.
- Instituto Peruano de Economía. (2017). ¿Hacia dónde va la infraestructura del Perú. *Revista Costos*.
- Jarrin Coral, I. P. (2019). Aplicación del modelo HDM-4 en el análisis y evaluación de las alternativas para el mantenimiento vial de Avenida Cristóbal Colón, Quito. *Google académico*.
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del compartamiento* . México: McGraw-Hill.
- Montoya, J. (2007). *Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca*. Perú.
- Murillo, J. R. (2013). Metodología para la elaboración de anteproyectos de presupuesto para la conservación de autopiastas con HDM-4. *Intituto Mexicano del Transaporte*.

- Nuñez, C., & Perez, I. (2005). El modelo HDM-4: descripción y posibilidades de aplicación dentro de un sistema de gestión de carreteras. *Universidad de Coruña*, 1-2.
- Ochoa, M. D., & Túpac, M. E. (2017). *Optimización de Recursos Económicos en la Conservación de pavimentos Basado en el Método estocástico-Probabilístico*. Lima-Perú.
- Ríos, d. I. (2019). *Modelos de deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari - Azángaro*. Lima, Perú.
- Rodríguez, M., Theenoux, G., & González, A. (2016). Determinación Probabilística del Tiempo de Servicio de Estructuras de Pavimentos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 8.
- Salvatierra Rodríguez, V. R. (2017). *ESTRATEGIAS OPTIMAS PARA LA CONSERVACION Y DESARROLLO VIAL POR NIVELES DE SERVICIO, DE SUPERFICIES DE RODADURA ASFALTICAS EN CARRETERAS DEL PERU*. Trujillo-Perú: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Simón, R. L. (2019). *Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón*. Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Solorio, M. R. (2004). *Análisis de la sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos*. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Turrado, R. P. (2016). *Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la gestión de la conservación de redes de carreteras*. Madrid.
- Valera, F. (2017). HDM-4 versus otras herramientas informáticas, Cuarta conferencia internacional de HDM-4.

Vargas León, J. C. (2017). Evaluación técnica y económica entre las modalidades ejecutivas de conservación vial aplicando el modelo HDM-4 en la carretera PE-38 tramo Tacna - Tarata. *Google academico*.

Vila, Z. R. (2017). *Análisis del comportamiento Lineal de la Estructura del Pavimento Flexible Mediante Redes Neuronales en la Carretera Panamericana Norte*. Huancayo-Perú.

Visser, R. A. (1985). *Analysis of longitudinal data in behavioural and social research*. Leiden.

ANEXOS

ANEXO N° 01. Matriz de consistencia

Titulo	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Diseño de la investigación
Caracterización del uso de modelos de deterioro para optimizar la gestión de mantenimiento de carreteras, Cajamarca	¿Cuál es el mejor modelo de deterioro para optimizar la gestión de mantenimiento de carreteras?	Objetivo general: Caracterizar el uso de los modelos de deterioro para optimizar la gestión del mantenimiento de carreteras.	Hipótesis general. El modelo de deterioro que optimiza más la gestión de mantenimiento de carreteras son las curvas de regresión.	Modelos de Deterioro	Tipo de red vial.	Metodología no experimental de corte longitudinal.
		Objetivos específicos:			Tipo de pavimento.	
		a) Investigar cómo se encuentra la gestión del mantenimiento de carreteras en Perú. b) Realizar una descripción de los modelos de deterioro. c) Realizar comparaciones de los modelos de predicción de deterioro de carreteras. d) Proponer un modelo de gestión de mantenimiento de carreteras para Cajamarca.			Tiempo de periodo de vida útil. Tipo de evaluación de condición del pavimento.	
		Metodología.				

ANEXO N° 02. Ficha recolección de datos.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS: CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 01
TÍTULO:	Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro.
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input type="checkbox"/> Regresión <input checked="" type="checkbox"/> Mاركov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	21 años
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	24 vías (48 Km en total)
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Edad de vía/ PCI/Volumen de tráfico. / Composición estructural del pavimento. / Cargas de eje único equivalentes.
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	IRI <input type="checkbox"/> PCI <input checked="" type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se recomienda recapeo o reconstrucción. 2. Se recomienda parchar los baches y piel de cocodrilo 3. Se recomienda sellado de fisuras.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCION DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACION DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTION DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SANCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 02</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SANCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 02
ANA LILIANA, MURRUGARRA SANCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 02					
TÍTULO:	Curvas de deducción del índice de condición del pavimento enfocadas a Ecuador basados en Índice de Servicio de Pavimento.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>		
Nacional	Departamental	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años						
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	15 vías (22.5 Km en total)						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI/ Falla en pavimentos./ Tiempo.						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER	
IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil	
Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No específica.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 03</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 03
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 03					
TÍTULO:	Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal		
Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	17 años						
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	188 caminos (100 Km en total)						
PARAMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI / Año						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Deflectometría.						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER	
IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado	Difícil	Muy difícil	
Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO			
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Las intervenciones se darán de acuerdo a las tres agrupaciones: 1° Los caminos con estructura suficiente, si se aplica adecuadamente las actividades de mantenimiento, el pavimento necesitara una rehabilitación en 10 años. 2° Los caminos con estructura media, necesitaran de mantenimiento rutinario en un periodo cercano a los 3 años. 3° Los caminos con estructura insuficiente requerirán de manteniendo rutinario en un periodo de tiempo casi inmediato.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td style="width: 10%;">ASESOR:</td> <td style="width: 40%;">ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 04</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 04
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 04					
TÍTULO:	Determinación probabilística del tiempo de servicio de estructuras de pavimento						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td>X</td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	X	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	X	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Nacional</td> <td>X</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	X	Departamental	Vecinal		
Nacional	X	Departamental	Vecinal				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Flexible</td> <td>X</td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	X	Rígido	Mixto		
Flexible	X	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	25 años						
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	13 tramos (26 Km en total)						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Número estructural, Módulo resiliente / tiempo						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Número estructural (SN)						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	VIZIR	PASER		
IRI	PCI	VIZIR	PASER				
CONFIABILIDAD:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td>X</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	X	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	Confiable	X	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>X</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil	
Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </table>	SI	NO	X			
SI	NO	X					
MANTENIMIENTO:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </table>	SI	NO	X			
SI	NO	X					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 05
TÍTULO:	Modelos de optimización lineal para realizar planes de inversiones de largo plazo en una red de pavimentos
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input type="checkbox"/> Regresión <input checked="" type="checkbox"/> Márkov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	20 tramos (9.375 km cada uno) Total 187.5 km
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI/ Inversiones / tiempo
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	IRI <input type="checkbox"/> PCI <input checked="" type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	1. Mantenimiento 2. Rehabilitación 3. reconstrucción.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 06</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 06		
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO							
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 06							
TÍTULO:	Desarrollo de una herramienta de toma de decisiones para la gestión del mantenimiento de pavimentos bajo criterios de sostenibilidad. Aplicación a la red vial urbana de la ciudad de Valencia.								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td></td> <td>Redes neuronales</td> <td></td> <td>Regresión</td> <td>X</td> <td>Mákov</td> <td></td> </tr> </table>	HDM-4		Redes neuronales		Regresión	X	Mákov	
HDM-4		Redes neuronales		Regresión	X	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td></td> <td>Departamental</td> <td></td> <td>Vecinal</td> <td>X</td> </tr> </table>	Nacional		Departamental		Vecinal	X		
Nacional		Departamental		Vecinal	X				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td>X</td> <td>Rigido</td> <td></td> <td>Mixto</td> <td></td> </tr> </table>	Flexible	X	Rigido		Mixto			
Flexible	X	Rigido		Mixto					
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años								
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	1 tramo (1.100 km)								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI/ Inversiones / tiempo								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td></td> <td>PCI</td> <td>X</td> <td>VIZIR</td> <td></td> <td>PASER</td> <td></td> </tr> </table>	IRI		PCI	X	VIZIR		PASER	
IRI		PCI	X	VIZIR		PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td></td> <td>Confiable</td> <td>X</td> <td>Poco confiable</td> <td></td> <td>No confiable</td> <td></td> </tr> </table>	Muy confiable		Confiable	X	Poco confiable		No confiable	
Muy confiable		Confiable	X	Poco confiable		No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td></td> <td>Moderado</td> <td>X</td> <td>Difícil</td> <td></td> <td>Muy difícil</td> <td></td> </tr> </table>	Fácil		Moderado	X	Difícil		Muy difícil	
Fácil		Moderado	X	Difícil		Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td></td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </table>	SI		NO	X				
SI		NO	X						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	SI	X	NO					
SI	X	NO							
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>1. Mantenimiento</td> </tr> <tr> <td>2. Rehabilitación</td> </tr> <tr> <td>3. Reconstrucción.</td> </tr> </table>	1. Mantenimiento	2. Rehabilitación	3. Reconstrucción.					
1. Mantenimiento									
2. Rehabilitación									
3. Reconstrucción.									

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS						
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.					
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 07					
TÍTULO:	Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la carretera Jaén - Chamaya					
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal	
Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal			
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto	
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto			
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años					
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	800 m					
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI					
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea					
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER
IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable
Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil
Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>		
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO		
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO				
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> Mantenimiento Rehabilitación 					

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILLIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 08</td> </tr> </table>	ANA LILLIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 08
ANA LILLIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 08					
TÍTULO:	Desarrollo de curvas de deterioro para la Red Vial Cantonal en pavimentos flexibles.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	<input checked="" type="checkbox"/>	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	Vecinal		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	Vecinal				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	17 años						
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	3418 km						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI/ Inversiones / tiempo						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER	
IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil	
Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO			
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> Mantenimiento Rehabilitación 						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 09</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 09
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 09					
TÍTULO:	Modelos de deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari-Azángaro						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td>Mákov</td> <td>X</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Mákov	X	
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Mákov	X			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> <td>X</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	Vecinal	X		
Nacional	Departamental	Vecinal	X				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td>X</td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	X	Rígido	Mixto		
Flexible	X	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años						
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	151 tramos de un kilómetro						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI/Tiempo						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>X</td> <td>PCI</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	X	PCI	VIZIR	PASER	
IRI	X	PCI	VIZIR	PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>X</td> <td>Confiable</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	X	Confiable	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	X	Confiable	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>X</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil	
Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </table>	SI	NO	X			
SI	NO	X					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </table>	SI	NO	X			
SI	NO	X					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS						
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.					
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 10					
TÍTULO:	Propuesta de priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, mediante la aplicación del índice de condición del pavimento flexible, en la condición funcional de la Av. Lomas de Carabayllo, Lima					
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td>Mákov</td> <td>X</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Mákov	X
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Mákov	X		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> <td>X</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	Vecinal	X	
Nacional	Departamental	Vecinal	X			
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td>X</td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	X	Rígido	Mixto	
Flexible	X	Rígido	Mixto			
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años					
N° TRAMOS EN ESTUDIO:	3 tramos (7.5 Km en total)					
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI/TIEMPO/COSTOS					
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea.					
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td>X</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	X	VIZIR	PASER
IRI	PCI	X	VIZIR	PASER		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td>X</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	X	Poco confiable	No confiable
Muy confiable	Confiable	X	Poco confiable	No confiable		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>X</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil
Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	X	NO		
SI	X	NO				
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	X	NO		
SI	X	NO				
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Tres tipos de mantenimiento: 1. Periódico. 2. Rutinario. 3. Rehabilitación.					

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020								
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 11</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 11		
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO							
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 11							
TÍTULO:	Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td></td> <td>Redes neuronales</td> <td></td> <td>Regresión</td> <td></td> <td>Márkov</td> <td>X</td> </tr> </table>	HDM-4		Redes neuronales		Regresión		Márkov	X
HDM-4		Redes neuronales		Regresión		Márkov	X		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>X</td> <td>Departamental</td> <td></td> <td>Vecinal</td> <td></td> </tr> </table>	Nacional	X	Departamental		Vecinal			
Nacional	X	Departamental		Vecinal					
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td>X</td> <td>Rígido</td> <td>X</td> <td>Mixto</td> <td>X</td> </tr> </table>	Flexible	X	Rígido	X	Mixto	X		
Flexible	X	Rígido	X	Mixto	X				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	1 tramo (60km)								
PARAMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td></td> <td>PCI</td> <td>X</td> <td>VIZIR</td> <td></td> <td>PASER</td> <td></td> </tr> </table>	IRI		PCI	X	VIZIR		PASER	
IRI		PCI	X	VIZIR		PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>X</td> <td>Confiable</td> <td></td> <td>Poco confiable</td> <td></td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	X	Confiable		Poco confiable		No confiable	
Muy confiable	X	Confiable		Poco confiable		No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td></td> <td>Moderado</td> <td>X</td> <td>Difícil</td> <td></td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil		Moderado	X	Difícil		Muy difícil	
Fácil		Moderado	X	Difícil		Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	SI	X	NO					
SI	X	NO							
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	SI	X	NO					
SI	X	NO							
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento preventivo. 2. Mantenimiento correctivo. 3. Rehabilitación. 4. Refuerzo estructural. 5. Reconstrucción. 								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 12
TÍTULO:	Aplicación de métodos markovianos en el modelado del deterioro de carreteras.
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Markov <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input checked="" type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	2 carreteras (30 km y 16.5 km)
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI / Tiempo (año)
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	IRI <input checked="" type="checkbox"/> PCI <input type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 13</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 13
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 13					
TÍTULO:	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.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td>Márkov</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Márkov	<input checked="" type="checkbox"/>	
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Márkov	<input checked="" type="checkbox"/>			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal		
Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	5 años						
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	4 tramos (38.124km; 44.177 km; 30.228 y 101.00 km)						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI / Tiempo / Fallas en pavimentos. / Presupuesto económico.						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER	
IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil	
Fácil	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO			
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO			
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parchado superficial 2. Parchado profundo. 3. Sellado de fisuras moderadas. 4. Sello asfáltico Slurry Seal. 5. Sello asfáltico TSB. 						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCION DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 14</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 14		
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO							
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 14							
TÍTULO:	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								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input checked="" type="checkbox"/>
HDM-4	<input type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input checked="" type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	10 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	2 tramos (78.395 Km en total)								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Edad de via/IRI								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACION FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>
Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	1. Sellado de fisuras y grietas								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 15
TÍTULO:	Evaluación de series temporales existentes de IRI para la predicción del deterioro de pavimentos
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Márkov <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	9 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	(480 Km en total)
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Edad de via/IRI
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACION FUNCIONAL:	IRI <input checked="" type="checkbox"/> PCI <input type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	-

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS						
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.					
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 16					
TÍTULO:	Propuesta de implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos para la carretera central margen izquierda del km 34 al km 78 basándose en el IRI clase III					
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>Regresión</td> <td>Márkov</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Márkov	<input checked="" type="checkbox"/>
HDM-4	Redes neuronales	Regresión	Márkov	<input checked="" type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>	
Nacional	Departamental	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>			
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto	
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto			
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años					
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	(48 Km en total)					
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Edad de vía/IRI					
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea					
TIPO DE EVALUACION FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	VIZIR	PASER
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	VIZIR	PASER		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable
Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado	Difícil	Muy difícil
Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado	Difícil	Muy difícil		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO		
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO				
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO		
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO				
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>-Bacheo superficial. -Sellado de fisuras.</td> </tr> </table>	-Bacheo superficial. -Sellado de fisuras.				
-Bacheo superficial. -Sellado de fisuras.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI
ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
CÓDIGO:	N° 17

TÍTULO:	Red neuronal artificial en el retro cálculo de módulos en capas de pavimento flexible
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input checked="" type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Mákov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	1 tramo de 1 Km
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Deflexiones / Tiempo (año)
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Deflexiones (deflectógrafo Lacroix)
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	IRI <input type="checkbox"/> PCI <input type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input checked="" type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 18</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 18
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 18					
TÍTULO:	Análisis del comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante redes neuronales en la carretera Panamericana Norte						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	Vecinal		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	Vecinal				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años						
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	Un tramo (24km)						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Deflexión / Módulo de elasticidad / Tiempo (año)						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Deflectómetro						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	VIZIR	PASER		
IRI	PCI	VIZIR	PASER				
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	Difícil	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	
Fácil	Moderado	Difícil	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS: CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO: N° 19</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 19				
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO								
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 19								
TÍTULO:	Estimación del Índice de Regularidad Internacional en Pavimentos Flexibles Usando Redes Neuronales Artificiales								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td></td> <td>Mákov</td> <td></td> </tr> </table>	HDM-4		Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión		Mákov	
HDM-4		Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión		Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td></td> <td>Vecinal</td> <td></td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental		Vecinal			
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental		Vecinal					
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td></td> <td>Mixto</td> <td></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido		Mixto			
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido		Mixto					
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	4 tramos de la vía Panamericana Sur (428.613 km)								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI / Tiempo (año)								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td></td> <td>VIZIR</td> <td></td> <td>PASER</td> <td></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI		VIZIR		PASER	
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI		VIZIR		PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td></td> <td>Confiable</td> <td></td> <td>Poco confiable</td> <td></td> <td>No confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable		Confiable		Poco confiable		No confiable	<input checked="" type="checkbox"/>
Muy confiable		Confiable		Poco confiable		No confiable	<input checked="" type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td></td> <td>Moderado</td> <td></td> <td>Difícil</td> <td></td> <td>Muy difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil		Moderado		Difícil		Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>
Fácil		Moderado		Difícil		Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI		NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI		NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI		NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI		NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 20</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 20
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 20					
TÍTULO:	Evaluación estructural de Pavimentos Flexibles con Métodos de Inteligencia Artificial y Auscultación no destructiva.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal		
Nacional	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	5 años						
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	8 tramos (10 Km)						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Pruebas de deflexión. / Espesor de capa de asfalto. / Tipo de material. / Relación de poisson.						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER	
IRI	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	PASER			
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>Difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	
Fácil	Moderado	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO			
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> Soluciones de restauración. Prácticas de monitoreo. 						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 21</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 21
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO					
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 21					
TÍTULO:	Evaluación del desempeño de redes neuronales artificiales para estimar propiedades de capas de pavimentos.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	<input checked="" type="checkbox"/>	Regresión	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>		
Nacional	Departamental	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	5 años						
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	1 carretera de 28 km						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Pruebas de deflexión. / Espesor de capa de asfalto. / Parámetros de rigidez. / Cargas aplicadas.						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Ensayo de deflexión por carga de impacto.						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>PCI</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	PCI	VIZIR	PASER		
IRI	PCI	VIZIR	PASER				
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>Difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	
Fácil	Moderado	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>			
SI	NO	<input checked="" type="checkbox"/>					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 22
TÍTULO:	Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales.
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input checked="" type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Márkov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	4 Km
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	IRI <input type="checkbox"/> PCI <input checked="" type="checkbox"/> VIZIR <input checked="" type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Difícil <input checked="" type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No aplica

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS							
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.						
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO						
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 23						
TÍTULO:	Incidencia de redes neuronales para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica.						
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td>Redes neuronales</td> <td>X</td> <td>Regresión</td> <td>Mákov</td> </tr> </table>	HDM-4	Redes neuronales	X	Regresión	Mákov	
HDM-4	Redes neuronales	X	Regresión	Mákov			
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td>Departamental</td> <td>Vecinal</td> <td>X</td> </tr> </table>	Nacional	Departamental	Vecinal	X		
Nacional	Departamental	Vecinal	X				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td>X</td> <td>Rígido</td> <td>Mixto</td> </tr> </table>	Flexible	X	Rígido	Mixto		
Flexible	X	Rígido	Mixto				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años						
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	1 Km						
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI/ Deflexión/IRI						
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica.						
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td>X</td> <td>PCI</td> <td>X</td> <td>VIZIR</td> <td>PASER</td> </tr> </table>	IRI	X	PCI	X	VIZIR	PASER
IRI	X	PCI	X	VIZIR	PASER		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td>Confiable</td> <td>X</td> <td>Poco confiable</td> <td>No confiable</td> </tr> </table>	Muy confiable	Confiable	X	Poco confiable	No confiable	
Muy confiable	Confiable	X	Poco confiable	No confiable			
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td>Moderado</td> <td>X</td> <td>Difícil</td> <td>Muy difícil</td> </tr> </table>	Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil	
Fácil	Moderado	X	Difícil	Muy difícil			
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </table>	SI	NO	X			
SI	NO	X					
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> </tr> </table>	SI	X	NO			
SI	X	NO					
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>1. Mantenimiento</td> </tr> <tr> <td>2. Rehabilitación</td> </tr> <tr> <td>3. Reconstrucción.</td> </tr> </table>	1. Mantenimiento	2. Rehabilitación	3. Reconstrucción.			
1. Mantenimiento							
2. Rehabilitación							
3. Reconstrucción.							

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 24
TÍTULO:	Sistema integral de mantenimiento eficiente de pavimentos urbanos (SIMEPU)
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input type="checkbox"/> Redes neuronales <input checked="" type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Márkov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	1 Tramo (1 Km)
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	PCI
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	IRI <input type="checkbox"/> PCI <input checked="" type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO								
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 25								
TÍTULO:	Calibración de modelos de ahuellamiento para pavimentos flexibles del programa HDM-4 en El Salvador.								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>
HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	13 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	42 tramos de 250 m								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI / Porcentaje de fallas.								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	<input type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	<input type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>
Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO								
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 26								
TÍTULO:	Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos.								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>
HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	10 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	1 tramo de 1 km								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI / Elasticidad del impacto								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	<input type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	<input type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>
Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR:</td> <td>ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO:</td> <td>N° 27</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 27		
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO							
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 27							
TÍTULO:	Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la Gestión de la conservación de redes de Carreteras.								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Márkov</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Márkov	<input type="checkbox"/>
HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Márkov	<input type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	86 tramos (196.5 Km)								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI / PCI / Tiempo								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input checked="" type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	<input type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Confiable	<input type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>
Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy difícil	<input type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No especifica.								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO								
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N° 28								
TÍTULO:	Calibración del modelo de progresión del índice de regularidad internacional con HDM-4, para el proyecto vial Conococha-Cátac								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>
HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input type="checkbox"/>	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>		
Nacional	<input type="checkbox"/>	Departamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	25 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	Un tramo (44.23 km)								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI (Perfilómetro RSPL-L5) / Tiempo (año)								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>
Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>				
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No específica.								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	<table border="1"> <tr> <td>ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ</td> <td>ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</td> </tr> <tr> <td>JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI</td> <td>CÓDIGO: N° 29</td> </tr> </table>	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 29				
ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO								
JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 29								
TÍTULO:	Análisis técnico del tramo comprendido entre el Km 34+160 – km 45+100 de la doble calzada Bogotá-Villavicencio con base en el software HDM-4								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>
HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>		
Nacional	<input type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input checked="" type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	30 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	Tramo 1 (4.19 km) Tramo 2 (1.85 km) Tramo 3 (4.90 km)								
PARAMETROS DE EVALUACIÓN:	IRI / Tiempo (año)								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>
Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alternativa base: parcheo y sello de fisuras de forma anual. 2. Alternativa 1: parcheo y sello de fisuras de forma anual y sobre carpeta de 5cm cada 5 años. 3. Alternativa 2: parcheo con criterio de intervención anual y la realización de fresado y reposición de carpeta asfáltica con un espesor de 10 cm con un criterio de intervención cada 10 años 								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCION DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N°30
TÍTULO:	Calibración de modelos de ahuellamiento para pavimentos flexibles del programa HDM - 4 en el salvador
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input checked="" type="checkbox"/> Redes neuronales <input type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Márkov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	13 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	(148 Km en total)
PARAMETROS DE EVALUACIÓN:	Edad de via/IRI
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea
TIPO DE EVALUACION FUNCIONAL:	IRI <input checked="" type="checkbox"/> PCI <input type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input checked="" type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	- No realiza.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS									
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.								
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ								
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI								
ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO								
CÓDIGO:	N°31								
TÍTULO:	Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la gestión de la conservación de redes de carreteras								
MODELO DE DETERIORO:	<table border="1"> <tr> <td>HDM-4</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Redes neuronales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Regresión</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mákov</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>
HDM-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Redes neuronales	<input type="checkbox"/>	Regresión	<input type="checkbox"/>	Mákov	<input type="checkbox"/>		
TIPO DE RED VIAL:	<table border="1"> <tr> <td>Nacional</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Departamental</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vecinal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>		
Nacional	<input checked="" type="checkbox"/>	Departamental	<input type="checkbox"/>	Vecinal	<input type="checkbox"/>				
TIPO DE PAVIMENTO:	<table border="1"> <tr> <td>Flexible</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Rígido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Mixto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>		
Flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Rígido	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>				
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años								
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	(342.668 Km en total)								
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:	Edad de vía/IRI								
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	No emplea								
TIPO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL:	<table border="1"> <tr> <td>IRI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>PCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>VIZIR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>PASER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>
IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	PCI	<input type="checkbox"/>	VIZIR	<input type="checkbox"/>	PASER	<input type="checkbox"/>		
CONFIABILIDAD:	<table border="1"> <tr> <td>Muy confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Confiable</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Poco confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>No confiable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>
Muy confiable	<input type="checkbox"/>	Confiable	<input checked="" type="checkbox"/>	Poco confiable	<input type="checkbox"/>	No confiable	<input type="checkbox"/>		
DIFICULTAD DEL MODELO:	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Moderado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Difícil</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muy difícil</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>
Fácil	<input type="checkbox"/>	Moderado	<input type="checkbox"/>	Difícil	<input type="checkbox"/>	Muy difícil	<input checked="" type="checkbox"/>		
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
MANTENIMIENTO:	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
TIPO DE MANTENIMIENTO:	- Parchado de fisuras.								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
FICHA RECOLECCION DE DATOS	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI CÓDIGO: N°32
TÍTULO:	Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos
MODELO DE DETERIORO:	HDM-4 <input checked="" type="checkbox"/> Redes neuronales <input type="checkbox"/> Regresión <input type="checkbox"/> Márkov <input type="checkbox"/>
TIPO DE RED VIAL:	Nacional <input checked="" type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Vecinal <input type="checkbox"/>
TIPO DE PAVIMENTO:	Flexible <input checked="" type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
TIEMPO EVALUADO POR EL MODELO:	20 años
Nº TRAMOS EN ESTUDIO:	(1 Km en total)
PARAMETROS DE EVALUACIÓN:	Elasticidad del impacto/IRI
TIPO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:	Elasticidad del Impacto
TIPO DE EVALUACION FUNCIONAL:	IRI <input checked="" type="checkbox"/> PCI <input type="checkbox"/> VIZIR <input type="checkbox"/> PASER <input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD:	Muy confiable <input type="checkbox"/> Confiable <input checked="" type="checkbox"/> Poco confiable <input type="checkbox"/> No confiable <input type="checkbox"/>
DIFICULTAD DEL MODELO:	Fácil <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Muy difícil <input checked="" type="checkbox"/>
EVALUACIÓN ECONÓMICA:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
MANTENIMIENTO:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO:	No específica.

ANEXO N° 03. Ficha resumen.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 01
TÍTULO:	Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Alexis Iván Andrade Valle		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2018	PAÍS: España	N° DE PÁGINAS: 81
RESUMEN:	La investigación se basó en desarrollar una metodología para la predicción del deterioro, dicha metodología se denomina regresión, emplearon como herramienta Google Earth, obtuvieron imágenes en el tiempo de las vías en estudio, calculando el PCI de cada imagen, se realizó una comparación entre el PCI obtenido de Google Earth vs PCI teórico, encontrando para cada vía una ecuación que permitirá evaluar el deterioro del pavimento. El error con el que se demostró la metodología es inferior al 5%. Aseverando que la propuesta realizada es la óptima para poder llegar a la predicción del deterioro del pavimento a lo largo del tiempo.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar una metodología para la predicción del deterioro.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	De no se llevarse a cabo un análisis de cada una de las vías a través de la predicción de deterioro, es muy complicado optimizar el mantenimiento, aumentar la vida útil de las infraestructuras y optimizar el presupuesto disponible.		
HIPÓTESIS:	Obtener resultados acercados a la realidad en base a la predicción del deterioro, a través de la revisión detalla de los daños en las vías en años anteriores y compararlos con el indicador de la condición del pavimento actual.		
METODOLOGÍA:	1) Toma de muestras (vías a analizar). 2) Revisión de imágenes en el tiempo obtenida de Google Earth. 3) Evaluación de la condición de pavimentos de las imágenes de Google Earth (Obtener PCI) 4) Obtención de la ecuación teórica para la predicción del pavimento. 5) Generar la ecuación que gobierne la curva de deterioro teórica. 6) Obtener la edad del pavimento Teórica. 7) Identificar el mantenimiento (si existiese) que posee cada vía. 8) Generar ecuación que sirva para predecir el deterioro en base a los datos de Google Earth.		
CONCLUSIÓN:	Se concluye, por tanto, que la metodología propuesta permitirá gestionar de una mejor manera el mantenimiento a realizar y con ello conservar la vía con índices de servicio adecuados a lo largo de su vida útil.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 02
TÍTULO:	Curvas de deducción del índice de condición del pavimento enfocadas a Ecuador basados en Índice de Servicio de Pavimento.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Alexis Iván Andrade Valle Jéssica Paulina Brito Noboa		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2017	PAÍS: Ecuador	N° DE PÁGINAS: 44
RESUMEN:	Mediante datos históricos se escogió 15 vías en mejor estado según el PCI Ecuador, al comparar dicho PCI con el PCI AASHTO, se obtuvo una variación de 20%, esto se debe a que el lugar de origen (Estados Unidos) de la reglamentación AASHTO, busca vías en condiciones óptimas y no con una realidad ecuatoriana en donde influyen factores económicos, se busca obtener curvas de regresión que ayuden a predecir el deterioro y poder tomar las acciones adecuadas en el momento indicado.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Generar una propuesta que contenga los valores deducidos adecuados al Ecuador en base al Índice de servicio local.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	Los valores dados por la norma AASHTO no se acercan a la realidad de Ecuador por lo cual, en busca de obtener nuevas curvas de regresión con datos reales de la realidad en Ecuador es que se surge la siguiente pregunta: ¿Cuáles serán los valores deducidos apropiados para determinar el Índice de 3 condición pavimento en Ecuador?		
HIPÓTESIS:	Los valores deducidos son adecuados a la realidad de Ecuador, ya que estos fueron encontrados en base al índice de servicio local.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión bibliográfica de estudios previos y estado del arte. 2. Revisión método PCI (Índice de condición del pavimento). 3. Revisión de las condiciones de las vías locales. 4. Modificación de parámetros de la metodología PCI. 5. Elaboración de nuevas curvas de deducción de la metodología PCI adaptada al Ecuador. 6. Cálculo del PCI local. 7. Método de validación, entrevista a profesionales con experiencia en carreteras. 		
CONCLUSIÓN:	La diferencia entre los PCI varía en un 20 %, por la cual se apoyaron en AutoCAD para determinar cada uno de los puntos en los que se encuentra definidas las curvas de valores deducidos, con la ayuda de Microsoft Excel pudieron generar las ecuaciones polinómicas que gobiernan cada curva logarítmica, para en las 19 fallas considerar su porcentaje de penalidad en un 80%.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 03
TÍTULO:	Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Greivin Picado Muñoz		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2016	PAÍS: Costa Rica	N° DE PÁGINAS: 9
RESUMEN:	En el estudio se menciona que gran cantidad de los caminos cuentan con un nivel avanzado de deterioro, esto se debería a que se realizan trabajos de mantenimiento, en un tiempo no adecuado, generando un gran costo económico, puesto que se deben realizar intervenciones mayores, con un costo superior, en comparación con intervenciones adecuadas, en el momento oportuno y a un costo menor, por lo cual se empleó el método de regresión lineal, en una primera instancia se separó en tres grupos los caminos según su condición, posterior se calculó el PCI, el PCI vs el tiempo dio como resultado una ecuación para cada grupo, esta metodología es muy útil ya que ayudara a determinar el tiempo oportuno de intervención de mantenimiento.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Generar las curvas de deterioro para pavimentos flexibles, utilizando los Índices de Condición de Pavimento y el año de su última intervención en conservación vial.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	En Costa Rica se cuenta con poca información acerca del estado de la Red Vial Cantonal, es entonces donde se dificulta la labor de planificación, puesto que no se conoce cuál es la condición de cada camino, ni como se deteriora a lo largo del tiempo, dificultando la priorización de las intervenciones de conservación vial, rehabilitación, reconstrucción; o bien, definir la necesidad de nuevos proyectos.		
HIPÓTESIS:	Las curvas permiten tener una mejor conceptualización de las condiciones que se están presentando en un momento dado; y a la vez predecir la condición a futuro.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección de información sobre las vías en estudio. 2. Reconocimiento de campo, medición de ancho promedio de calzada. 3. Cálculo de PCI de la Unidad de muestreo. 4. Graficas PCI ponderado y año, última intervención. 5. Análisis estadístico y generación de las curvas de deterioro. 6. Obtención de la ecuación para cada grupo de camino según condición de estructura. 		
CONCLUSIÓN:	Se pudo observar la importancia de las curvas de deterioro para la administración de las estructuras de pavimento, puesto que permiten conocer el tiempo oportuno de intervención, reduciendo los costos y optimizando los recursos.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
FICHA RESUMEN				
	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 04	
TÍTULO:	Determinación probabilística del tiempo de servicio de estructuras de pavimento			
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	M. Rodríguez, G. Thenoux, A. Gonzales			
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2016	PAÍS: Chile	N° DE PÁGINAS:	08
RESUMEN:	En esta investigación se determinó la forma probabilística de regresión, el ciclo de vida de una muestra de 13 pavimentos, bajo condiciones chilenas, para lo cual se desarrolló una herramienta de simulación, que permitió evaluar la capacidad estructural y tránsito, además del tiempo de servicio expresado en términos del número de ejes equivalentes de 80kN.			
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Esta investigación tiene como objetivo incorporar la probabilidad en la estimación del ciclo de vida de una estructura de pavimento.			
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál es el modelo probabilístico de deterioro de carreteras que se ajusta a las condiciones de Chile?			
HIPÓTESIS:	El modelo probabilístico de curvas de regresión predice la duración del ciclo de vida de un pavimento.			
METODOLOGÍA:	a. Fase 1: arquitectura de la información <ol style="list-style-type: none"> 1. Consultas al Dpto de Gestión Vial 2. Recolección de la información 3. Arquitectura, ajuste, parámetros y coeficientes para SN-Mr (Datos de entrada) b. Fase 2: Desarrollo del modelo de simulación <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición del programa computacional 2. Desarrollo del simulador 3. Validación del simulador 4. Simulador calibrado y validado c. Fase 3: implementación del modelo de simulación Análisis de los resultados de la simulación.			
CONCLUSIÓN:	La investigación presenta expresiones que predicen la duración del ciclo de vida de un pavimento usando curvas probabilísticas de regresión, evaluando la capacidad estructural, además esta metodología puede ser replicada en cualquier latitud, pero solo para condiciones chilenas.			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 05
TÍTULO:	Modelos de optimización lineal para realizar planes de inversiones de largo plazo en una red de pavimentos		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Jenny Chaverri Jiménez Daniel Madrigal Salazar		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2011	PAÍS: Costa rica	N° DE PÁGINAS: 09
RESUMEN:	Se efectuó un plan de inversiones a nivel estratégico a largo plazo (20 años) para los pavimentos. Se toma el caso de estudio de la zona 1-9 (Heredia), donde se generan diferentes escenarios presupuestarios, incluyendo la asignación presupuestaria del año 2007. Se estudia únicamente la estructura de pavimentos, Se generó un indicador de condición de pavimento (PCI), curvas de deterioro, los tratamientos a aplicar (mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción) y análisis económicos.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Utilizar técnicas de optimización lineal y realizan escenarios de inversión con diferentes presupuestos fijos, así como la estimación del presupuesto requerido anualmente para eliminar las carreteras en mal estado en un periodo determinado.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál es el escenario de inversión con diferentes presupuestos fijos, así como la estimación del presupuesto requerido anualmente para eliminar las carreteras en mal estado en un periodo determinado?		
HIPÓTESIS:	Los escenarios de inversión presentados utilizan las premisas fundamentales de un Sistema de Administración de Carreteras, el cual consiste en aplicar la medida de mantenimiento.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar información al Ministerio de obras Públicas y Transportes de Costa Rica (MOPT). 2. Evaluación de PCI. 3. Formulación de Inversiones. 4. Elaboración de las curvas de deterioro. 5. Correlación del modelo. 		
CONCLUSIÓN:	Demostraron que, mediante la comparación de escenarios de inversión en el largo plazo a un nivel estratégico, se pueden tomar decisiones más efectivas para la recuperación de una red de carreteras, así como para rendición de cuentas y como instrumento para solicitar más presupuesto.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 06
TÍTULO:	Desarrollo de una herramienta de toma de decisiones para la gestión del mantenimiento de pavimentos bajo criterios de sostenibilidad. Aplicación a la red vial urbana de la ciudad de Valencia.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Pedro Antonio Espinoza Valarezo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2018	PAÍS: España	Nº DE PÁGINAS: 150
RESUMEN:	La metodología propuesta establece una serie de criterios económicos, técnicos, ambientales y sociales, los cuales son valorados de manera cuantitativa. Esta valoración combinada con el método SAW, permite establecer anualmente un ranking de priorización de las vías en las que se debe actuar con trabajos de mantenimiento y rehabilitación. Para la calibración de los pesos relativos de cada criterio, la herramienta de toma de decisiones, es aplicada a una muestra de la red vial urbana de Valencia. Para ello, se plantea un análisis de sensibilidad en el que se comparan 22 escenarios con combinaciones de pesos diferentes. El criterio de comparación utilizado, es la ratio beneficio-coste, obtenido de la evaluación económica en un horizonte de 4 años para cada uno de los escenarios.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar una herramienta de toma de decisiones para la gestión del mantenimiento de pavimentos bajo criterios de sostenibilidad con aplicación a la red vial urbana de la ciudad de Valencia.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	Las agencias gestoras de redes viales deben tratar con un problema: contar con un presupuesto limitado. Es aquí cuando la gestión de mantenimiento de carreteras se dificulta, puesto que se debe procurar invertir de manera correcta el dinero disponible con la finalidad de alcanzar beneficios a corto y largo plazo.		
HIPÓTESIS:	En este apartado, se definirá: emisiones de CO ₂ generadas por cada una de las actuaciones típicas señaladas, sus rendimientos de construcción, modelo de deterioro a utilizar y presupuesto anual destinado al mantenimiento de pavimentos.		
METODOLOGÍA:	La metodología utilizada consiste en partir de un marco teórico para establecer e identificar criterios y estrategias de valoración utilizados en la gestión de mantenimiento de pavimentos. Posteriormente se propone 6 criterios de valoración y un sistema de toma de decisiones. Finalmente, mediante la aplicación de la herramienta propuesta a una muestra de la red vial urbana de Valencia, se realiza un análisis de sensibilidad en donde a través de 22 escenarios se calibra la herramienta con los pesos relativos más convenientes para cada criterio.		
CONCLUSIÓN:	Se desarrolló una herramienta de toma de decisiones para la gestión de mantenimiento de pavimentos, los criterios de valoración seleccionados fueron: confort de los usuarios, coste de accidentalidad, eficiencia económica, proximidad a infraestructura, eficiencia ambiental y molestias generadas		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 07
TÍTULO:	Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la carretera Jaén • Chamaya		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Jose Mercy Tocto Olivera		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2014	PAÍS: Perú	N° DE PÁGINAS: 132
RESUMEN:	<p>El método PCI se aplicó siguiendo el criterio y parámetros de la norma ASTM 5340-98 método de evaluación del PCI, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, con un trabajo de campo, en el cual se realiza el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos, después del levantamiento de fallas se realiza el trabajo en gabinete con el cálculo final del PCI. Con un PCI ponderado igual a 68. Según la variación del PCI a lo largo de la vía se identificaron 25 tramos homogéneos, para los cuales se halló el PCI ponderado y las muestras excepcionales, es decir, aquellas que presentan un estado marcadamente desfavorable de la condición del pavimento con relación a las de su vecindad. Al analizar el estado y las causas más generales del daño mostrado por los diferentes tramos observados.</p> <p>La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales.</p>		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Analizar los daños presentes en el pavimento asfáltico, así como determinar el índice de condición del pavimento en la carretera Jaén - Chamaya, de la ciudad de Jaén.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál es el Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya?		
HIPÓTESIS:	El cálculo del índice de condición. De pavimento (ICP), del tramo en estudio de la carretera Jaén - Chamaya, se encuentra en la clasificación de condición REGULAR.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de la carretera. 2. Empleo de PCI (campo) 3. Procesar los datos de campo. 4. Obtener el resultado de la condición del pavimento. 5. Determinar el mantenimiento que necesita la carretera. 		
CONCLUSIÓN:	Concluyeron que la carretera Jaén-Chamaya, Tiene un pavimento de estado Bueno. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de mantenimiento que se realiza cada cierto tiempo que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 08
TÍTULO:	Desarrollo de curvas de deterioro para la Red Vial Cantonal en pavimentos flexibles.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/> Artículo científico	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Adriana Vargas Nordbeck		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2015	PAÍS: Costa rica	Nº DE PÁGINAS: 145
RESUMEN:	<p>Debido a al problema de planificación que existe a nivel de red vial, las carreteras no se encuentran en el mejor estado. Esto se debe a que muchas de las Unidades Técnicas de Gestión Vial Municipal no cuentan con estudios e información básica necesaria para generar las curvas de deterioro que permitan establecer un modelo e identificar el estado de las carreteras.</p> <p>Por lo cual realizaron una evaluación de las carreteras de la Gran Área Metropolitana; conociendo así la condición en la que se encuentran los caminos, así mismo, obtuvieron las curvas de deterioro a partir de la información recolectada en campo.</p>		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Generar las curvas de deterioro de pavimentos flexibles para carreteras de la Red Vial Cantonal.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	El mal estado de las carreteras de la Red Vial Cantonal, debido a la tardía intervención en el mantenimiento adecuado.		
HIPÓTESIS:	Con la información de las carreteras de la Gran Área Metropolitana, se conseguirá las curvas de deterioro que ayudaran a intervenir en el tiempo adecuado.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fase Preliminar (visita a campo y selección de las carreteras a evaluar) 2. Fase Desarrollo (Evaluación de las carreteras y el procesamiento de datos) 3. Fase Final (Se menciona las recomendaciones y se define el tipo intervención a las carreteras) 		
CONCLUSIÓN:	Se pudo observar la importancia de las curvas de deterioro para la administración de las estructuras de pavimento, puesto que permiten conocer el tiempo oportuno de intervención, reduciendo los costos y optimizando los recursos.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 09
TÍTULO:	Modelos de deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari-Azángaro		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/> Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	Rios de la Cruz Isaac		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2019	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 147
RESUMEN:	Realizaron una evaluación de los modelos de deterioro estocástico – probabilístico, dichos modelos lo desarrollaron en función a mediciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los años 2010 a 2016, esta investigación es cuantitativa, aplicada de diseño experimental, hallaron un valor que les dio una medida del grado de ajuste de la curva a la nube de puntos.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar modelos de deterioro estocástico-probabilístico y empírico, en función a mediciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los años 2010 al 2016 en la carretera Inambari-Azángaro y determinar su correlación para predecir el deterioro funcional del pavimento flexible.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál de los modelos de deterioro estocástico-probabilístico y empírico, desarrollados en función a mediciones del Índice de Rugosidad Internacional IRI de los años 2010 al 2016 en la carretera Inambari-Azángaro, presenta mejor correlación para predecir el deterioro funcional del pavimento flexible?		
HIPÓTESIS:	El desarrollo de modelos de deterioro estocástico-probabilístico y empírico, en función a las mediciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los años 2010 al 2016 en la carretera de Inambari-Azángaro, presentan buena correlación para predecir el deterioro funcional del pavimento flexible.		
METODOLOGÍA:	1. Revisión de datos. 2. Análisis documental con análisis del contenido. 3. Observación directa de campo. 4. Listas de verificación sobre información utilizada. 5. Elaboración del modelo de deterioro estocástico-probabilístico (cadenas de Markov). Correlación del modelo.		
CONCLUSIÓN:	Obtuvieron que el modelo estocástico probabilístico presenta una correlación de 0.6731 y se encuentra en el rango de $0.5 < R_2 < 0.8$ considerado como positivo moderado. La correlación obtenida con el modelo de deterioro empírico es de 0.8449 y se encuentra dentro del rango $0.80 \leq R_2 < 1$ considerado como positivo fuerte, concluyendo que dichos resultados presentan buena correlación para predecir el deterioro funcional del pavimento flexible.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 10
TÍTULO:	Propuesta de priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, mediante la aplicación del índice de condición del pavimento flexible, en la condición funcional de la Av. Lomas de Carabayllo, Lima		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Ríos de la Cruz Isaac		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2018	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 208
RESUMEN:	Evaluaron la incidencia de la priorización de asignación de recursos económicos para el tratamiento de pavimentos sobre la condición funcional de la vía en evaluación, presentaron aspectos importantes para la ejecución de acciones según el nivel de intervención: mantenimiento rutinario o periódico y rehabilitación, para los cuales usaron cadenas de Markov para 20 años, el cual les permitió evaluar el deterioro de la carretera.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar cómo incide la priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos en la condición funcional.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cómo incide la priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, con la aplicación del PCI, en la condición funcional?		
HIPÓTESIS:	La priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos contribuye a la mejora de la condición funcional		
METODOLOGÍA:	1. Determinación de las unidades de muestreo 2. Recolección de datos 3. Registro en campo y estimación del PCI 4. Planificación de las intervenciones 5. Estimación de recursos 6. Aplicación de cadenas de Markov, evaluación del deterioro progresivo monitoreo		
CONCLUSIÓN:	Realizaron una comparación entre el sistema de conservación de carácter preventivo y modelos que representan la gestión en gobiernos locales obteniendo una denotada diferencia en términos de la condición funcional futura y económicos, permitiendo concluir que la asignación del fondo de inversión anual logra incrementar significativamente el estado de la vía.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 11
TÍTULO:	Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/> Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	Andrés Sotil Chávez		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2014	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 12
RESUMEN:	Se propone un ejemplo aplicativo productivo y que podría ser utilizado como guía para otras jurisdicciones, la cual puede implementarse en un manual nacional para la gestión de pavimentos. En esta investigación utilizan cadenas de Markov para la predicción del deterioro de las carreteras. La propuesta esta basada en una metodología inicial estocástica probabilística, asumiendo tasas de deterioro, que, con el tiempo, deberán ser verificadas y/o corregidas con la información conseguida en campo, para luego en un futuro dar el salto a la solución empírica.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Proponer a las jurisdicciones respectivas la metodología que le permita abandonar las decisiones de reparación basadas en política para pasar a un sistema objetivo.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál es la guía que serviría a otras jurisdicciones, la cual puede implementarse en un manual nacional para la gestión de pavimentos?		
HIPÓTESIS:	Esta propuesta de guía para la gestión de pavimentos mejora la conservación del firme y se puede implementar a un manual nacional para la gestión de pavimentos.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inventario 2. Inspección 3. Clasificación del sistema vial 4. Determinación de tipo de mantenimiento 5. Estimación de recursos 6. Planificación de mantenimiento del sistema de pavimentos 7. Calculo del deterioro (cadenas de Markov) 8. Análisis de resultados. 		
CONCLUSIÓN:	Comprobaron que atendiendo a pavimentos en excelente y buena condición. Evitando que estos se deterioren permitirá un crecimiento sostenido en el numero de vías en excelentes condiciones, por o que se recomienda implementar esta guía en los pavimentos de Perú.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	AÑA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 12
TÍTULO:	Aplicación de métodos markovianos en el modelado del deterioro de carreteras		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/> Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	José Ricardo Solorio Murillo Monserrat Montoya Ortega		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2017	PAÍS: México	Nº DE PÁGINAS: 76
RESUMEN:	El estudio presenta el desarrollo de las curvas de Markov en dos carreteras la primera de pavimento flexible y la segunda de pavimento rígido, para el desarrollo de dicha metodología primero se segmentó los tramos, para facilitar el procesamiento de datos y disminuir el error del método, con la información sobre el IRI de cada carretera, se determinó los vectores de estado y matriz de probabilidades, obteniendo así la curva de deterioro, en la cual se evidenciara el proceso de deterioro del pavimento, para cada carretera.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar ejemplos de aplicación de cadenas de Markov para predecir el deterioro de carreteras mexicanas, usando datos de autopistas del Fondo Nacional de Infraestructura.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	México carece de modelos de deterioro propios, lo que ha llevado a los profesionales mexicanos a adoptar modelos desarrollados en otros países— y, por otra, la aplicación de las cadenas de Markov es relativamente sencilla.		
HIPÓTESIS:	Sin duda, el uso de cadenas de Markov para modelar el deterioro de carreteras, constituye tareas de gran interés en el ámbito de la ingeniería mexicana de carreteras.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener información sobre IRI correspondiente a los años 2008 y 2009. 2. La longitud de los 2 tramos segmentarlos en 100 m, asignando a cada segmento el promedio de las mediciones a cada 20 m. 3. Obtener la estadística descriptiva de las series originales. 4. Eliminar valores atípicos de las series originales y someterlas a un proceso de filtrado simple. 5. Definir rangos IRI para caracterizar el estado de cada uno de los segmentos. 6. Obtener la matriz de probabilidades de transición (MPT). 7. Determinar la evolución de los vectores de estado de cada tramo en el tiempo. 8. Curva de deterioro a partir de los valores esperados de los vectores de estado. 		
CONCLUSIÓN:	La predicción del deterioro mediante cadenas de Markov está limitada por los valores máximos existentes en las series de datos, además que el método no considera la evolución de variables importantes como el tránsito o la adecuación estructural, puede limitar significativamente la capacidad predictiva de las cadenas homogéneas conforme se avanza en el periodo de análisis.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 13
TÍTULO:	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.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Diego Alonso Ochoa Maldonado Eduardo Raúl Tupac Meza		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2017	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 180
RESUMEN:	Para la investigación analizaron rutas pertenecientes a la ruta nacional y ruta departamental, siendo estas rutas de tercera clase, emplearon el método de curvas de Markov, para lo cual utilizaron el PCI de las rutas mencionada y datos históricos, determinando según el tipo de fallas encontradas en los pavimentos el costo de las actividades de conservación, y el deterioro que tendrá el pavimento de no tener ninguna intervención.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar si la aplicación de un Sistema de Gestión de Pavimentos basado en el método estocástico – probabilístico, permite optimizar la asignación de recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos rurales de tercera clase.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	La base de datos de daños de los pavimentos peruanos es dispersa, lo que lleva al desconocimiento de la condición real del pavimento por lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿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?		
HIPÓTESIS:	Si se aplica un SGP basado en el método estocástico – probabilístico, se optimiza la asignación de recursos económicos destinados a la conservación de pavimentos rurales de tercera clase.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Base de datos para el desarrollo del sistema de gestión de pavimentos. 2. Inspección visual del pavimento en estudio. 3. Monto disponible para mantenimiento. 4. Con las gráficas de degradación de cada falla detectada. 5. Ensamblaje de la matriz de probabilidad de transición.. 6. Tabla de cadena de condición final sin mantenimiento de un pavimento. 7. Obtención una optimización de los recursos económicos en 5 años. 		
CONCLUSIÓN:	Concluyeron que el que se invierta mayor cantidad de dinero en donde el PCI está más deteriorado, no garantiza una mejora optima. Por ello es necesario utilizar modelos matemáticos como el propuesto para saber a ciencia cierta qué porcentaje en cada condición reparar a fin de obtener la condición final optimizada.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 14
TÍTULO:	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		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	Artículo científico <input type="checkbox"/>	
AUTOR (ES):	Judith Jeidy Atalaya Rimac		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2018	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 190
RESUMEN:	La investigación realizada se baso en determinar 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, esta investigación utilizó el IRI para el análisis del deterioro del pavimento, estudiaron tres escenarios, cuando no se realiza mantenimientos, cuando se realiza mantenimiento, y finalmente cuando se realiza mantenimiento aplicando el SGP, como resultado obtuvieron que la mejor opción es cuando se aplica el SGP, ya que empleando el 20 % del monto necesario para un mantenimiento, el pavimento se mantiene en condiciones aceptables ($IRI \geq 3.6$).		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	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 Conococha – Huaraz, 2018.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿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?		
HIPÓTESIS:	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.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 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. 		
CONCLUSIÓN:	Aplicando el sistema de gestión de pavimentos 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 y la carretera se conserva en un buen estado.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 15
TÍTULO:	Evaluación de series temporales existentes de IRI para la predicción del deterioro de pavimentos		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	José Ricardo Solorio Murillo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2015	PAÍS: México	Nº DE PÁGINAS: 190
RESUMEN:	La investigación se basó en un estudio piloto para el desarrollo de una metodología destinada a la generación de modelos de deterioro basados en cadenas de Márkov con un enfoque de red. El estudio utilizó información de tramos de la red federal de carreteras ubicados en la región sureste del país de México, el IRI se utilizó como parámetro de deterioro.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar una metodología destinada a la generación de modelos de deterioro basados en cadenas de Márkov con un enfoque de red de carreteras.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	-		
HIPÓTESIS:	-		
METODOLOGÍA:	1. Clasificar la red de interés en familias. 2. Determinar los tramos con datos útiles, en función de la información disponible sobre intervenciones. 3. Obtener promedios de IRI a cada kilómetro. 4. Para cada familia y cada par consecutivo de series anuales de promedios: - Determinar si se cumple el supuesto de normalidad. - Obtener el intervalo de confianza al 95% para la diferencia entre las medias, empleando la prueba t por pares. - Si el límite superior del intervalo es mayor que cero filtrar las series para eliminar diferencias negativas, obtener la MPT y la cadena de Márkov que corresponden al par de series. 5. Calcular la MPT promedio de cada familia, a partir de las matrices de pares consecutivos disponibles. 6. Obtener la proyección del vector de estado y de la curva de IRI esperado.		
CONCLUSIÓN:	El uso de cadenas de Márkov a nivel de red constituye una alternativa viable para modelar el comportamiento de los pavimentos.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 16
TÍTULO:	Propuesta de implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos para la carretera central margen izquierda del km 34 al km 78 basándose en el IRI clase III		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Jhoselyn Kristhina Santana Surichaqui		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2020	PAÍS:	Perú
		Nº DE PÁGINAS:	380
RESUMEN:	En la investigación se determinó los principales beneficios de implementar un sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) en el tramo: Emp. PE-3S del km 34 al km 78 utilizando como variable de medición al IRI, el SGP está basado en el método estocástico-probabilístico, que optimiza los recursos económicos para un periodo de 20 años.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar los beneficios de implementar un Sistema de Gestión de Pavimentos en el tramo: Emp. PE-3S del km 34 al km 78 utilizando como variable de medición el IRI de precisión Clase III.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuáles son los beneficios de implementar un Sistema de Gestión de Pavimentos en el tramo: Emp. PE-3S del km 34 al km 78 utilizando como variable de medición el IRI de precisión Clase III?		
HIPÓTESIS:	Al aplicar un sistema de Gestión de pavimentos en el tramo: Emp. PE-3S del km 34 al km 78 utilizando como variable de medición el IRI de precisión Clase III, se reducirá el costo de mantenimiento y mejorará en el nivel de servicio.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levantamiento de datos con el programa ROOGA (IRI Clase III) en los kilómetros establecidos en el tramo de la carretera en estudio. 2. Tratamiento de datos. 3. determinación del estado de la carretera. 4. Determinación de costos. 5. Determinar la probabilidad de deterioro para un pavimento nuevo usando modelos estocásticos. 6. Curva de deterioro del tramo de la carretera en estudio sin realizar mantenimiento. 7. Probabilidad y curva de deterioro del tramo de la carretera en estudio con mantenimiento. 8. Análisis de los resultados. 		
CONCLUSIÓN:	Al implementar un sistema de gestión de pavimentos, se identificarán los niveles de servicio de manera que se cuantificarán los estados de servicio del tramo: 135 Emp. PE-3S del km 34 al km 78, es por ello que se puede prever cómo se va a dañar el pavimento en 20 años con las curvas de deterioro obtenidas con los modelos de deterioro a 5, 10, 15 y 20 años. Con el modelo de deterioro a 10 años, el pavimento a partir del segundo año, se mantiene en un rango IRI B, es decir, llega a un estado de Bueno, manteniéndose en este estado en las tres probabilidades 10 %, 25 % y 50 %, es por ello que es el mejor modelo para determinar los costos de los trabajos de mantenimiento, ya que se usa la menor cantidad de dinero de los 4 escenarios.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 17
TÍTULO:	Red neuronal artificial en el retro cálculo de módulos en capas de pavimento flexible		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Andrea del Pilar Silva Carmona Camilo Alberto Alfaro		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2004	PAÍS: Colombia	Nº DE PÁGINAS: 165
RESUMEN:	Este trabajo sigue una metodología de retrocálculo, que implementa una Red Neuronal Artificial para determinar los valores de los módulos en las capas de un pavimento flexible. Con la cuenca de deflexiones, los espesores de cada capa y con ayuda del programa ALIZA WIN, se obtienen los módulos de los materiales asfálticos, granulares y de la subrasante en cada punto de análisis. Además, se entrena la Red Neuronal usando Matlab, la base de datos está compuesta por 1400 casos.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Realizar el retrocálculo de módulos en estructuras de pavimento flexible, haciendo uso de una Red Neuronal Artificial como un procedimiento alternativo.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Se puede determinar el retrocálculo de módulos en estructuras de pavimento flexible, haciendo uso de una red neuronal artificial?		
HIPÓTESIS:	Se puede determinar el retrocálculo de módulos en estructuras de pavimento flexible, haciendo uso de una red neuronal artificial		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear la base de datos 2. Arquitectura de la red neuronal 3. Establecer la configuración de la RNA 4. Análisis de datos de salida de la RNA 		
CONCLUSIÓN:	El desarrollo de una red neuronal en el retrocálculo de módulos requiere de una extensa y apropiada base de datos para que sea representativa de las estructuras a modelar en la práctica. Así mismo, es necesario el desarrollo de varios modelos de redes neuronales que permitan encontrar un resultado óptimo para el problema propuesto.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 18
TÍTULO:	Análisis del comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante redes neuronales en la carretera Panamericana Norte		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Rocío Vila Zúñiga		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2017	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 171
RESUMEN:	Esta investigación realiza la descripción del análisis del comportamiento lineal de pavimentos flexibles mediante sistemas no convencionales, como la Inteligencia Artificial, obtuvieron un modelo de redes neuronales capaz de estimar los módulos de elasticidad a partir de datos de deflexión mediante pruebas no destructivas y retro análisis modulares.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar el comportamiento lineal de la estructura de pavimento flexible mediante el uso de redes neuronales en la carretera Panamericana Norte Ruta PE1NL 1003 km al 1027 km en el año 2010.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	La infraestructura de carreteras debe garantizar la estabilidad de los pavimentos durante su vida útil, para lo cual se deben realizar evaluaciones en determinados momentos. ¿Cómo se determina el Comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante el uso de redes neuronales en la carretera Panamericana Norte Ruta PE1N 1003 km al 1027 km en el año 2010?		
HIPÓTESIS:	Se puede determinar el comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante el uso de redes neuronales en la carretera Panamericana Norte PE1N 1003 km al 1027 km.		
METODOLOGÍA:	a. Etapa I (conformación de Base de Datos Globales y Específicas) <ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción de la zona del proyecto. 2. Registro de pruebas no destructivas de deflexión. 3. Componentes de evaluación de la estructura del pavimento. b. Etapa II (Análisis Preliminares) <ol style="list-style-type: none"> 1. Conformación de datos para el análisis lineal con el software Backvid. 2. Sectorización del tramo a evaluar el comportamiento lineal. c. Etapa III (Conformación del modelo Neuronal) <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño del modelo Neuronal Óptimo 2. Verificación de la calidad de las Predicciones-Ajuste de las deflexiones medidas 		
CONCLUSIÓN:	Se logró obtener una red neuronal para evaluar el comportamiento lineal de un pavimento flexible a partir de cuenco de deflexiones. El pavimento flexible es un sistema multicapa compuesto por Carpeta asfáltica, Base granular, Subbase granular y Subrasante, con una confiabilidad de los resultados de 94%.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 19
TÍTULO:	Estimación del Índice de Regularidad Internacional en Pavimentos Flexibles Usando Redes Neuronales Artificiales		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Jhonatan Paytán Ordoñez		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2018	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 84
RESUMEN:	<p>En esta investigación se pretendió construir un modelo basado en Redes Neuronales Artificiales que permita estimar el valor del Índice de Regularidad Internacional en pavimentos flexibles a partir del conocimiento de la condición superficial (fisuras, parches, ahuellamiento, hundimiento, exudación, peladuras y grietas de centro y borde). La construcción del modelo neuronal se hizo con ayuda del software Matlab, para su validación, el modelo neuronal fue usado para estimar los valores del Índice de Regularidad Internacional, tomando como datos de entrada una base diferente a la usada en la etapa de entrenamiento. Estos resultados fueron comparados con los valores de IRI que resultaron de mediciones con el perfilómetro láser. El coeficiente de correlación obtenido fue $R=0.365513$, el cual refleja una baja relación entre los valores y nos llevó a concluir que las Redes Neuronales Artificiales no tuvieron un buen comportamiento en esta vía específica</p>		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar cómo difiere el valor del Índice de Regularidad Internacional de la vía PE-1S estimado mediante un modelo de Redes Neuronales Artificiales del valor obtenido mediante el Perfilómetro Láser.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cómo difiere el valor del Índice de Regularidad Internacional de la vía PE-1S estimado mediante un modelo de Redes Neuronales Artificiales del valor obtenido mediante el Perfilómetro Láser?		
HIPÓTESIS:	El valor del Índice de Regularidad Internacional, difiere con un índice de correlación de 0.50, de la vía PE-1S estimado mediante un modelo de Redes Neuronales Artificiales del valor obtenido mediante el Perfilómetro Láser?		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> Etapa I: Construcción de distintos modelos neuronales, con el software Matlab Etapa II: Análisis de la relación entre cada uno de los parámetros de deterioro y el IRI, usando el software Excel Etapa III: En la cuarta etapa se cálculo el valor del IRI usando el modelo neuronal que mejores resultados alcanzó. 		
CONCLUSIÓN:	La arquitectura del modelo neuronal que mejores resultados alcanzó durante la etapa de entrenamiento fue la red 03-07, la cual está conformada por dos capas ocultas, la primera capa con siete (7) neuronas y la segunda con quince (15). El coeficiente de correlación alcanzado por el modelo neuronal fue de $R=0.57053$, que refleja un buen resultado, aunque no suficiente.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 20
TÍTULO:	Evaluación estructural de Pavimentos Flexibles con Métodos de Inteligencia Artificial y Auscultación no destructiva.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Gloria Inés Beltrán Calvo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2012	PAÍS: México	Nº DE PÁGINAS: 184
RESUMEN:	La investigación ha propuesto un sistema no convencional, para la gestión de mantenimiento vial, en el planteamiento del sistema, convergen algunas herramientas de la inteligencia artificial, tales como las redes neuronales artificiales, para el desarrollo de las redes neuronales se ha necesitado variables de pruebas de deflexión, los diferentes espesores de capa, el tipo de material y la relación de poisson, dichas variables se categorizaran como datos de entrada y datos de salida, obteniendo como resultado tablas de condición estructural integral y soluciones, de esta manera se podrá tomar las medidas pertinentes para cada carretera.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Estructurar un sistema de modelación no convencional, basado en Redes Neuronales Artificiales - RNAs y Lógica Difusa - LD, para identificar parámetros de comportamiento de pavimentos, establecer la condición de rigidez y deterioro.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	Por mucho tiempo se ha utilizado criterio técnico para la toma de decisiones sin embargo hoy en día se hace necesario acudir a técnicas y herramientas que puedan ayudar al proceso, dada la rapidez que se requiere en las decisiones, la gran cantidad de factores a tener en cuenta y la diversidad de alternativas de solución que existen.		
HIPÓTESIS:	Plantear un sistema que combina los recursos intelectuales de los expertos, las capacidades de las herramientas de cómputo y la información técnica disponible, para identificar problemas y tomar decisiones oportunas de conservación de pavimentos con buenos niveles de confianza.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conformación de base de datos global y específicas. 2. Análisis preliminar. 3. Identificación de parámetros mecánicos – Modelos neuronales. 4. Evaluación estructural del pavimento – Sistema de inferencia difusos. 5. Soluciones potenciales: Sistema de inferencia difuso 6. Programa de intervención: Modelos de deterioro. 		
CONCLUSIÓN:	El sistema de modelación planteado, aporta simplicidad, precisión (apego a la realidad) y rapidez (bajo costo computacional) y resultó suficientemente robusto para evaluar pavimentos de 3 y 4 capas, con estructuras convencionales y estructuras con sección invertida.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 21
TÍTULO:	Evaluación del desempeño de redes neuronales artificiales para estimar propiedades de capas de pavimentos.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/> Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	G. Beltrán M. Romo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2014	PAÍS: Estados Unidos	Nº DE PÁGINAS: 6
RESUMEN:	La investigación propuso desarrollar la metodología denominada Redes neuronales en tres etapas, mediante estudios no destructivos de deflexión, base de datos del pavimento, en la primera etapa se identificaron 12 variables entre entrada y salida, con dichas variables se diseñó la red neuronal y se determinaron los procesos de verificación de la cuenca de deflexión; en la segunda etapa se realizó una evaluación de la capacidad de generalización de la red neuronal óptima utilizando un conjunto de datos diferente al utilizado para diseñar y entrenar la red y en la última etapa se verificó adicional del modelo comparando la condición real en el carril izquierdo de la carretera con los valores de módulos de capa predichos.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar una metodología de tres etapas para diseñar y validar un modelo basado en redes neuronales "óptimas".		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	La estimación de propiedades mecánicas de las capas es un gran problema, útiles para el diseño y toma de decisiones en los sistemas de gestión de carreteras. Este problema de identificación de parámetros es realmente complejo, debido al gran número de variables involucradas en el comportamiento de los pavimentos.		
HIPÓTESIS:	La evaluación del modelo neuronal resultante, muestra su capacidad y eficiencia de predicción para resolver un problema complejo de identificación de parámetros en pavimentos.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Base de datos del pavimento. 2. Determinar los datos de entrada y salida. 3. Cada variable se asocia a una neurona. 4. La red asignará valores y se producirá una iteración sucesiva. 5. Las salidas se comparan con las salidas deseadas, hasta que se satisface un criterio de error dado. 		
CONCLUSIÓN:	La metodología desarrollada de tres pasos permitió tanto el diseño como la validación del modelo de redes neuronales, aseverando su empleo con seguridad para la predicción de módulos de capas de pavimentos flexibles.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 22
TÍTULO:	Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	
AUTOR (ES):	Lizette Tello-Cifuentes; Marcela Aguirre-Sánchez; Jean P. Díaz-Paz; Francisco Hernández		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2020	PAÍS: Colombia	Nº DE PÁGINAS: 13
RESUMEN:	Este documento presenta una metodología para la evaluación de los deterioros presentes en pavimento flexible usando técnicas de fotogrametría terrestre y redes neuronales que está compuesta por seis etapas. La metodología se evaluó con imágenes reales de pavimento con tres tipos de deterioro: grieta longitudinal, piel de cocodrilo y bache. Como clasificador se utilizó una red neuronal multicapa con configuración (12 12 3), entrenada utilizando el algoritmo Levenberg Marquardt de retropropagación.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar la categoría a la que pertenece cada conjunto de características.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	Los métodos que se emplean en Colombia para la evaluación del estado de pavimento son inventarios manuales e inspecciones visuales. Los métodos de evaluación del estado de las vías adoptados por el INVIAS son VIZIR y PCI, sin embargo, pueden ser tediosos, subjetivos y requieren de la experiencia de un evaluador		
HIPÓTESIS:	Con la implementación de una Red neuronal multicapa con configuración (12 12 3), entrenada utilizando el algoritmo Levenberg Marquardt de retro propagación, obtendremos el estado del pavimento.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Captura de las imágenes 2. Preprocesamiento de las imágenes 3. Segmentación mediante técnicas de detección de bordes 4. Extracción de las características 5. Clasificación utilizando redes neuronales 6. Evaluación del área de afectación del deterioro. 		
CONCLUSIÓN:	Se obtuvo una exactitud del 96 % en el clasificador, una sensibilidad de 93.33 % y una índice kappa de 0.936. Esta metodología es la base para la creación de un sistema automatizado de evaluación del deterioro presente en las vías, el cual puede contribuir en la reducción en tiempo y costo en los planes de gestión de mantenimiento de la infraestructura vial.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO CÓDIGO: N° 23
TÍTULO:	Incidencia de redes neuronales para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/> Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	Peñaloza Bustamante, Jul Anderli		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2020	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 101
RESUMEN:	Considerando a la inteligencia artificial como análisis de multicriterio y la diversidad en alternativas de solución que existen asociados con el desarrollo en programas de cómputo "inteligentes", existe la necesidad para modelar variables complejas con la posibilidad de involucrar cada vez más el reforzamiento y pensamiento humano en la programación de algoritmos computacionales mediante la aplicación de la inteligencia artificial es posible almacenar grandes volúmenes de información, solucionar problemas en diversas áreas, con la capacidad de adaptarse a nuevas condiciones y adquirir nuevos conocimientos desde la experiencia; de ahí, el reto constante de la ingeniería de vías terrestres por mejorar los procesos a través de metodologías cada vez más eficientes y confiables a que puedan ayudar al proceso, dada la rapidez que se requiere en las decisiones.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Establecer la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál es la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica?		
HIPÓTESIS:	Existe relación entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.		
METODOLOGÍA:	1. Población y muestra. 2. Uso de las técnicas, e instrumentos de recolección de datos como fichas de evaluación, que contienen datos reales y exactos. 3. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.		
CONCLUSIÓN:	Después de una evaluación se estableció que existe una correlación significativa entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	Nº 24
TÍTULO:	Sistema integral de mantenimiento eficiente de pavimentos urbanos (SIMEPU)		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	
AUTOR (ES):	Jose Ramón López Marco Juan Sánchez-Robles Bello David Llopis Castelló Tatiana García Segura Roberto Paredes Palacios		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2020	PAÍS: España	Nº DE PÁGINAS: 11
RESUMEN:	La gestión eficiente de los recursos destinados a la conservación de los firmes de las vías públicas requiere que la información acerca del estado del firme se encuentre actualizada y en un formato que facilite la toma de decisiones más adecuada en cada momento. Este proceso se encuentra ampliamente cubierto para la gestión de grandes redes de carreteras, existiendo sistemas que se alimentan de las auscultaciones realizadas por vehículos de alto rendimiento.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	La información recolectada acabe siendo gestionada por un Sistema de Información Geográfica, con modelos predictivos de aprendizaje automático para pronosticar el estado de la red en años sucesivos.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	El coste de equipos necesarios para mejorar la gestión de mantenimiento, estos no están al alcance de todas las administraciones públicas, especialmente de aquellas que administran redes locales más pequeñas, como las diputaciones o los ayuntamientos. En estos casos, la revisión del firme se realiza de una forma mucho más rudimentaria, generalmente por inspección visual, resultado ser poco eficiente, lenta y con baja frecuencia de actualización.		
HIPÓTESIS:	Usar redes neuronales convolucionales para la detección, categorización y cuantificación automática de la condición del pavimento, de forma objetiva e independiente.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener imágenes del pavimento. 2. Confección de las bibliotecas de daños. 3. Identificación y cuantificación de daños mediante Redes neuronales. 4. Evaluación de la condición mediante PCI. 5. Priorización de actuaciones, optimización multiobjetivo e interfaz de comunicación. 		
CONCLUSIÓN:	La integración de videocámaras en vehículos públicos y el empleo de modernas técnicas de Deep Learning permiten que el sistema sea capaz de detectar los daños del pavimento de toda una red de forma continuada con un coste bajo.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 25
TÍTULO:	Calibración de modelos de ahuellamiento para pavimentos flexibles del programa HDM-4 en El Salvador.		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Ana Gabriela Barrera Fuentes		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2018	PAÍS:	El Salvador
		Nº DE PÁGINAS:	253
RESUMEN:	La investigación empleo el modelo de deterioro HDM-4, para la calibración del ahuellamiento, esto les permitirá predecir el comportamiento del pavimento analizado y de pavimentos con condiciones similares, esta metodología les permitirá manejar de una manera adecuada el presupuesto asignada en mantenimiento; para la calibración del ahuellamiento en un principio realizaron una recolección de información del pavimento, con dicha información calibraron el modelo HDM.4, para le reducción del error, se busco que las graficas del modelo se acercaran a la grafica con los datos observados, de tal manera obtuvieron un factor de calibración con error dentro de la tendencia aceptada.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar una propuesta de Calibración de Modelos de Ahuellamiento en Pavimentos Flexibles mediante el programa HDM-4.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	El Salvador no cuenta con un estudio de los modelos de comportamiento que hayan sido calibrados para ahuellamiento, dificultando la evaluación en un pavimento que presente este tipo de daño por no tener un modelo de comportamiento de ahuellamiento adecuado para pavimentos, obteniendo resultados que no son confiables y con cierto grado de incerteza en las predicciones.		
HIPÓTESIS:	La implementación del modelo HDM-4 mejora la optimización de recursos disponibles y <u>minimiza los costos totales en la operación, mantenimiento del camino.</u>		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilación de datos de clima, de mantenimiento, auscultación, estructurales, geométricos y generales. 2. Agrupar los tramos según las similitudes de fallas 3. Calibrar el modelo HDM.4, ingresando el factor de deformación por grupos. 4. Graficar los resultados obtenidos del modelo. 5. Graficar hasta obtener una curva cercana a los datos reales. 6. Finalmente se obtuvo los factores de calibración para ahuellamiento. 		
CONCLUSIÓN:	Los factores de calibración obtenidos permiten desarrollar predicciones más realistas del comportamiento de un pavimento, sin embargo deberán ser utilizados en condiciones similares a las del pavimento analizado.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 26

TÍTULO: Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos.

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Tesis Artículo científico

AUTOR (ES): Ricardo Solorio Murillo
Roberto Israel Hernández Domínguez
José Antonio Gómez López

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2004 **PAÍS:** México **Nº DE PÁGINAS:** 91

RESUMEN: El modelo HDM-4 necesita una gran cantidad de datos de entrada, dichos datos son tomados de campo para lo cual se requiere de presupuesto elevado, siendo el fin de la investigación jerarquizar cada uno de los parámetros que intervienen en ellos, de acuerdo con su impacto en los resultados del sistema, y generar un listado de las variables cuyos valores resulta indispensable obtener en campo o en gabinete a fin de garantizar la validez de los resultados generados.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN: Analizar la sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos, tomando en cuenta la variedad de condiciones en la que pueden aplicarse.

FORMULACIÓN DE PROBLEMA: Una de las principales desventajas del HDM-4 consiste en que su aplicación implica un número muy importante de datos de entrada (del orden de 800 para una aplicación común), muchos de los cuales es necesario obtener en campo a costos frecuentemente prohibitivos.

HIPÓTESIS: Mediante el análisis de sensibilidad para identificar los parámetros con mayor influencia en los resultados, se puede optimizar el uso de los recursos disponibles en la recopilación de información en campo y en gabinete.

METODOLOGÍA:

1. Recopilación de datos históricos de los pavimentos.
2. Definir las condiciones del análisis, asignando valores iniciales a todas las variables requeridas por el sistema.
3. Elegir un parámetro.
4. Utilizando el valor inicial del parámetro, calcular el pronóstico del resultado de referencia para periodos comprendidos entre 1 y 20 años.
5. Variar el parámetro elegido en un porcentaje determinado.
6. Repetir el cálculo del punto 3 con el nuevo valor del parámetro.
7. Calcular el valor de elasticidad del impacto correspondiente a cada periodo.
8. Repetir los pasos hasta concluir el análisis de todos los parámetros que intervienen en los modelos de deterioro para pavimentos asfálticos.

CONCLUSIÓN: Comprobaron que, en la mayoría de los casos, la sensibilidad de los modelos de deterioro depende de los porcentajes de variación de los parámetros y del nivel de deterioro del pavimento en el momento de evaluar la sensibilidad.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 27
TÍTULO:	Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la Gestión de la conservación de redes de Carreteras		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Pablo Turrado Rabanedo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2016	PAÍS: España	Nº DE PÁGINAS: 143
RESUMEN:	Debido a la diversidad de modelos que existen en la actualidad, se ha realizado la comparación del modelo HDM-4 y ICARO, para ambos modelos se necesita de una base de datos de las carreteras, para poder ingresar los datos y calibrar los modelos, los modelos analizan las acciones a tomar ante el deterioro de las carreteras con un enfoque diferente por lo cual no se pudo realizar una comparación entre ambos modelos.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Realizar un análisis de los Modelos de Deterioro de firmes, comparando los empleados por la empresa Rauros, con los utilizados por el Banco Mundial.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	Con el fin de proporcionar el resultados más eficiente y sostenible en la gestión de la conservación de redes de carreteras, se emplean los Modelos de Deterioro de firmes, que son unas herramientas que permiten estimar la posible evolución del estado de un pavimento a lo largo del tiempo.		
HIPÓTESIS:	Diseñar y realizar un sistema de gestión que tenga validez y aplicabilidad genérica no es demasiado factible, es necesario que cada gestor independiente realice su propio sistema en base a sus propias exigencias y características de su infraestructura.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección de datos históricos. 2. Calibración de los modelos. 3. Determinar los costes de operación de vehículos en función del estado de vía. 4. Obtener los calendarios de actuación de ambos modelos. 5. Con dichos calendarios se podrá tomar acción ante el deterioro, determinando el coste de las actividades requeridas. 		
CONCLUSIÓN:	El Modelo Socio- económico HDM-4 evalúa los costes socio-económicos de varias alternativas definidas, analizando la aplicación de cada una de ellas de forma independiente y aislada.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 28
TÍTULO:	Calibración del modelo de progresión del índice de regularidad internacional con HDM-4, para el proyecto vial Conococha-Cátac		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Rainer Lagos Lapa		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2019	PAÍS: Perú	Nº DE PÁGINAS: 175
RESUMEN:	El presente trabajo de tesis, se enfoca en el Índice de Regularidad Internacional (IRI) está directamente relacionado con el comportamiento del pavimento en su vida útil” (Pradera, 2006). Asimismo, el HDM-4 es una herramienta creada por el Banco Mundial, que permite analizar el ciclo de vida de las carreteras bajo las condiciones de carga de tráfico, factores medioambientales, características estructurales del pavimento, entre otros.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar el desempeño de deterioro de la regularidad superficial medido con el IRI, a partir de la calibración de modelos de deterioro existentes en el software HDM-4 comparando con valores medidos en pista para el proyecto vial Conococha – Cátac para el periodo año 2011 al 2015.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Será posible establecer un modelo de comportamiento del Índice de Regularidad Internacional en el tramo del proyecto vial Conococha – Cátac construyendo una curva de calibración a partir de una curva de deterioro real y del estimado utilizando el software HDM4?		
HIPÓTESIS:	Es posible construir un modelo de deterioro calibrado de progresión del IRI evaluado por el HDM-4 con datos medidos en pista para la carretera Conococha-Cátac, periodo 2011-2015 para predecir el comportamiento funcional de la vía.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección de datos 2. Calibración del modelo HDM-4 3. Ingreso de datos al modelo HDM-4. 4. Generación de curvas de deterioro IRI versus Tiempo 5. Correlación del modelo. 		
CONCLUSIÓN:	Después de realizar la calibración respectiva de los modelos de deterioro en base a los valores estimados por el HDM-4 y valores medidos en campo desde el 2011 al 2015, se procedió a determinar la confiabilidad de los resultados mediante el procesamiento de datos, con el valor de error cuadrático medio (RMSE), obteniéndose un error mínimo de 6% y máximo de 23%, mientras que el coeficiente de determinación (r^2) para ambos parámetros resultaron superiores al mínimo requerido, con valores de 0.5 a 1.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 29
TÍTULO:	Análisis técnico del tramo comprendido entre el Km 34+160 – km 45+100 de la doble calzada Bogotá-Villavicencio con base en el software HDM-4		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis	<input type="checkbox"/> Artículo científico	<input checked="" type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Francisco Javier Igua Cortes		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2015	PAÍS: Colombia	N° DE PÁGINAS: 15
RESUMEN:	Este artículo presenta la experiencia de la implementación del uso de nuevas metodologías para la planificación de proyectos de infraestructura vial en Colombia. Fue aplicado el software HDM-4 (Highway Design and Maintenance Standards Model).		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Determinar la mejor opción de mantenimiento del pavimento que requiere este tipo de infraestructura vial.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál es la mejor opción de mantenimiento del pavimento que requiere este tipo de infraestructura vial?		
HIPÓTESIS:	La mejor opción de mantenimiento es un mantenimiento rutinario periódico, conformado por actividades de parcheo y sello de fisuras con criterios de intervención anuales y la realización de una sobre carpeta con un espesor de 5 cm con criterio de intervención cada 5 años.		
METODOLOGÍA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. La revisión del desarrollo del modelo 2. La cuantificación de parámetros y costos 3. La simulación del proceso de mantenimiento en el tramo vial de estudio 4. La importancia del IRI dentro de la evaluación del HDM-4. 		
CONCLUSIÓN:	Se determinó las velocidades de circulación de los diferentes tipos de vehículos, la irregularidad en la superficie del pavimento, la densidad vehicular en los tramos de análisis y el daño en la capa superficial de la estructura del pavimento. Luego de la realización de los trabajos de mantenimiento, se pudo determinar que dentro de los primeros nueve (9) años de funcionamiento de la vía se presentará un aumento progresivo de la irregularidad en la superficie del pavimento, generando así posibles mayores costos a los usuarios de la vía debido al mayor consumo de combustible de los vehículos. Adicionalmente se verá afectada la seguridad y comodidad de los usuarios, es por esto que se recomienda la realización de un mantenimiento rutinario periódico con criterio de intervención cada 5 años tal como se plantea en la alternativa 1.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.		
INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR:	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
	JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO:	N° 30
TÍTULO:	Calibración de modelos de ahuellamiento para pavimentos flexibles del programa HDM -4 en el salvador		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/>	Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Ana Gabriela Barrera Fuentes		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2016	PAÍS:	El Salvador
		Nº DE PÁGINAS:	253
RESUMEN:	Para desarrollar la investigación se empleó datos del inventario vial, que abarcan los años 2002, 2007 y la última consultoría realizada el pasado 2015, proporcionada por la Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP). El periodo de análisis es abarca 13 años. Se utilizó el Software hDm-4 y se realizó una propuesta de calibración del modelo de deterioro de ahuellamiento.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Desarrollar una propuesta de Calibración de Modelos de Ahuellamiento en Pavimentos Flexibles mediante el programa HDM-4.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cómo desarrollar una propuesta de Calibración de Modelos de Ahuellamiento en Pavimentos Flexibles mediante el programa HDM-4?		
HIPÓTESIS:	Para calibrar un determinado modelo de comportamiento de pavimentos es necesario contar con un conjunto de datos de deterioro que permitan reconstruir la curva de su comportamiento real.		
METODOLOGÍA:	Esta metodología consiste en registrar la evolución de los diferentes deterioros en un conjunto de tramos testigo de pavimento a lo largo de un lapso determinado de tiempo, y con estos datos ajustar los modelos de deterioro para cada tramo testigo por separado, obteniendo factores de calibración para cada tipo de pavimento. Esta metodología es la que brinda mayor precisión en la predicción a futuro, pero su confiabilidad depende fuertemente del periodo de medición abarcado; es necesario recabar datos por un lapso prolongado si se desea una predicción confiable		
CONCLUSIÓN:	Producto de la investigación los factores de calibración obtenidos producto serán de mucha utilidad en la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos cuya finalidad es determinar el inicio y evolución del deterioro Ahuellamiento, y así desarrollar planes de mantenimiento que contribuyan a reducir los costos de las intervenciones de manera oportuna.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 31
TÍTULO:	Análisis de los modelos de deterioro de firmes en la gestión de la conservación de redes de carreteras		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/> Artículo científico	<input type="checkbox"/>
AUTOR (ES):	Pablo Turrado Rabanedo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2016	PAÍS: España	Nº DE PÁGINAS: 143
RESUMEN:	En la investigación se realizó un análisis de los modelos de deterioro de firmes, comparando los modelos de fisuración, regularidad (IRI) y resistencia al deslizamiento (CRT) de dos softwares con enfoques muy diferentes: el software icaro con un enfoque técnico-económico; y el software HDM-4 con un enfoque Socio – económico.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	Realizar un análisis de los modelos de deterioro de firmes, comparado los empleados por ICARO, con los utilizados de HDM-4, mediante su aplicación en un caso de estudio.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿Cuál de los modelos de deterioro de firmes es mejor, comparando los empleados por ICARO, con los utilizados de HDM-4, mediante su aplicación en un caso de estudio?		
HIPÓTESIS:	los modelos de deterioro de firmes, utilizados en HDM-4, mediante su aplicación en un caso de estudio son mejores que los de ICARO.		
METODOLOGÍA:	Para realizar el caso de estudio, se ha dividido en dos módulos: el primero de ellos analiza los modelos de deterioro de ambos programas de forma aislada, para poder introducir condiciones y valores no particulares y realizar una evaluación totalmente objetiva, el segundo módulo consta de la simulación de un caso real con valores y características reales, introducidas directamente en los programas.		
CONCLUSIÓN:	Ambos Sistemas presentan grandes diferencias tanto en la complejidad de programación de sus ecuaciones, como en el número de datos y variables empleadas.		

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FICHA RESUMEN			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020.	
	INTEGRANTES:	ANA LILIANA, MURRUGARRA SÁNCHEZ	ASESOR: ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO
		JENNY YADIRA, RUIZ OLÓRTEGUI	CÓDIGO: N° 32
TÍTULO:	Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos		
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	Tesis <input type="checkbox"/> Artículo científico <input checked="" type="checkbox"/>		
AUTOR (ES):	Ricardo Solorio Murillo		
AÑO DE PUBLICACIÓN:	2004	PAÍS: México	Nº DE PÁGINAS: 91
RESUMEN:	Se presenta un análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos, en el cual se ha tratado de tomar en cuenta la variedad de condiciones en las que tales modelos pueden aplicarse. El análisis se basa en el enfoque ceteris paribus, cuyo principio básico consiste en analizar el impacto de un parámetro de entrada en un resultado de referencia, manteniendo constantes los demás parámetros. Al aplicar este enfoque, se ha explorado la influencia de factores como los porcentajes de variación utilizados, y el nivel de deterioro alcanzado por el camino en el momento de calificar el impacto de los parámetros. Como resultados de referencia se han empleado el Índice Internacional de Irregularidad (IRI) y el Número Estructural Ajustado (SNP). La sensibilidad se evaluó a través del concepto de elasticidad del impacto.		
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:	contribuir a conocer la sensibilidad del HDM4, particularmente en lo que se refiere a los modelos de deterioro para pavimentos asfálticos, mediante una metodología de análisis y la medición del impacto de los distintos parámetros utilizados por tales modelos.		
FORMULACIÓN DE PROBLEMA:	¿cómo contribuir a conocer la sensibilidad del HDM4, particularmente en lo que se refiere a los modelos de deterioro para pavimentos asfálticos, mediante una metodología de análisis y la medición del impacto de los distintos parámetros utilizados por tales modelos?		
HIPÓTESIS:	-		
METODOLOGÍA:	1. Definir las condiciones del análisis, asignando valores iniciales a todas las variables requeridas por el sistema. 2. Elegir un parámetro. 3. Utilizando el valor inicial del parámetro, calcular el pronóstico del resultado de referencia para periodos comprendidos entre 1 y 20 años. 4. Variar el parámetro elegido en un porcentaje determinado. 5. Repetir el cálculo del punto 3 con el nuevo valor del parámetro. 6. Calcular el valor de elasticidad del impacto correspondiente a cada periodo. 7. Repetir los pasos 4 a 6 para distintos porcentajes de variación, en un rango tal que permita identificar el comportamiento de la sensibilidad del resultado de referencia con respecto al parámetro elegido, y al mismo tiempo sea compatible con el rango de valores admitidos para el parámetro dentro del HDM-42. 8. Repetir los pasos 2 a 7 hasta concluir el análisis de todos los parámetros que intervienen en los modelos de deterioro para pavimentos asfálticos.		
CONCLUSIÓN:	Se comprobó que en la mayoría de los casos, la sensibilidad de los modelos de deterioro depende de los porcentajes de variación de los parámetros y del nivel de deterioro del pavimento en el momento de evaluar la sensibilidad.		

ANEXO N° 04. GUÍA DE LA APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE CADENAS DE MÁRKOV PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA”



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“GUÍA DE LA APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE CADENAS DE MÁRKOV PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA”

Autor:

Ana Liliana, Murrugarra Sánchez

Jenny Yadira, Ruiz Olórtegui

Asesor:

Ing. Mg. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2020

RESUMEN

La presente “GUÍA DE LA APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE CADENAS DE MÁRKOV PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA” se basó en los resultados de la tesis “CARACTERIZACIÓN DEL USO DE MODELOS DE DETERIORO PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, CAJAMARCA, 2020” tiene como objetivo establecer un procedimiento de implementación y uso del modelo de deterioro de Cadenas de Márkov para optimizar la gestión de mantenimiento de carreteras de Cajamarca, esta guía se podrá utilizar en carreteras que tengan una base de datos de la condición del pavimento; el desarrollo de esta guía se encuentra separado por ítems, paso a paso el proceso de uso del modelo de Cadenas de Márkov, dicho proceso se ejemplifico, del cual se obtuvo las curvas de predicción del deterioro, las cuales permitirán decidir cuándo y cómo invertir los fondos económicos, adicional a ello, se generó una curva con los costos anuales, para tener un mejor criterio de conservación de la carretera.

Palabras clave: Modelo de Cadenas de Márkov, Carreteras, Gestión, Mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Las obras viales son infraestructuras importantes en el mundo moderno y necesarias para el crecimiento de la sociedad, es por ello que emerge la necesidad de mantener la calidad en las carreteras, además se busca abaratar costes, de allí nació la idea de promover un sistema de gestión que permita la utilización eficaz de los fondos públicos en infraestructura vial (Andrade, 2018).

El mantenimiento vial es necesario para poder tener vías en buen estado y conseguir que las mismas cumplan el tiempo de vida útil. Existen varias metodologías para la evaluación de pavimentos, entre las más comunes están: VIZIR, PCI, PASER, IRI, etc, en esta guía se utilizará el PCI.

Para planificar el mantenimiento del pavimento, en el momento adecuado, se necesita conocer la evolución del deterioro, o lo que es lo mismo, la predicción del estado futuro de las vías. En este sentido, aparecen metodologías matemáticas para la predicción del deterioro, una de ellas son las Cadenas de Márkov.

La presente guía se centra en establecer los pasos y modo de uso de este modelo de predicción del deterioro, como etapa clave para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles en la ciudad de Cajamarca.

Una vez que el programa de Sistema de Gestión de Pavimentos se establece en Cajamarca, se propone la metodología para que las jurisdicciones respectivas construyan una base de datos histórica que permita dar el salto a metodologías empíricas propias, con la inclusión de la predicción del deterioro con el modelo de Cadenas de Márkov, que luego nos permitan dar el salto a métodos mecánicos y empíricos.

PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE CADENAS DE MÁRKOV EN CAJAMARCA

Un Sistema de Gestión de Pavimentos es un conjunto de métodos que tienen como objetivo identificar tanto el momento adecuado en el cual se deben aplicar técnicas y trabajos de conservación, como también la distribución de recursos económicos más eficientes con el fin de mantener el pavimento en la mejor condición posible en términos de PCI representativo, y partiendo de la base de datos de deterioros obtenida mediante la inspección visual. (Ochoa & Túpac, 2017)



1. DETERMINAR EL NIVEL DE ANÁLISIS DE SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

1.1. A nivel de red:

Las decisiones tomadas en este nivel afectan a toda la red, por esta razón es necesaria una priorización de trabajos. (Ochoa & Túpac, 2017)

1.2. A 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 con el nivel de deterioro que presenten, en base a las evaluaciones periódicas que se hayan realizado. (Ochoa & Túpac, 2017)

2. INVENTARIO

Se deberá elegir el tramo de carretera a ser evaluado, tomando en cuenta los siguientes parámetros, esto se realizará para todos los tramos de la red en estudio.

2.1. Determinar la longitud: A (m)

2.2. Ancho de la Vía: B (m)

2.3. Área del sistema: $C = A \times B$ (m²)

3. ELEGIR EL SISTEMA DE REFERENCIACIÓN

Se refiere a dividir una carretera o red de carreteras en secciones homogéneas, las cuales a su vez serán el paso más importante para el desarrollo de base de datos del sistema de gestión de pavimentos. El fin consiste en crear secciones de carreteras relativamente uniformes y homogéneas. Una sección homogénea debe tener la misma clasificación funcional y la similitud con respecto al ancho, tipo de superficie de rodadura, estructura del pavimento, tráfico, tipo de suelo de fundación, entre otros aspectos. (Ochoa & Túpac, 2017)

4. ELEGIR LA BASE DE DATOS

En Cajamarca no se cuenta con una base de datos que contenga condiciones funcionales o estructurales de sus carreteras, por lo cual se propone que se realice un relevamiento de todos los pavimentos. Esto se sugiere que se realice con personal capacitado, ya sea de la misma municipalidad, subcontratado, o vía algún convenio con una universidad aledaña que otorgue carreras de ingeniería civil, y pueda ser realizado por estudiantes de

la carrera, esta recolección de datos se realizará mediante PCI que es la evaluación de condición del pavimento.

4.1. Metodología

Para poder evaluar la condición de pavimentos, se utilizará el Índice de condición del pavimento (PCI).

4.2. Índice de condición del pavimento (PCI –Índice de condición del pavimento).

El PCI varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición. En el siguiente cuadro se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento (Armijos Salinas, 2009).

RANGO	CLASIFICACIÓN	VALOR PROMEDIO
100-85 (A)	Excelente	92.5 (V _A)
85-70 (B)	Muy bueno	77.5 (V _B)
70-55 (C)	Bueno	62.5 (V _C)
55-40 (D)	Regular	47.5 (V _D)
40-25 (E)	Malo	32.5 (V _E)
25-10 (F)	Muy malo	17.5 (V _F)
10-00 (G)	Fallado	5 (V _G)

Nota: Fuente: Armijos Salinas (2009)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establece su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño (Armijos Salinas, 2009).

4.3. Procedimiento de Evaluación de la Condición de un Pavimento:

Trabajo en campo

El trabajo de campo se realizará cumpliendo con los parámetros establecido en la ficha de PCI.

1. Determinar la clase de falla del pavimento, a continuación, se presentarán

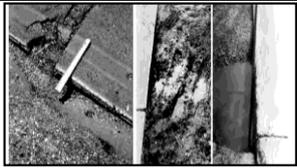
los tipos de fallas y su unidad de medida.

N°	TIPO DE FALLA	Und.	FIGURA
1	<p>Grieta piel de cocodrilo</p> <p>La dificultad en la medida de este tipo de daño está en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
2	<p>Exudación</p> <p>Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
3	<p>Agrietamiento en bloque</p> <p>Si se presenta varios tipos de Severidad en una sección de pavimento deberán medirse y anotarse separadamente (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
4	<p>Abultamiento y hundimiento</p> <p>Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m	

Nota: Fuente: Tacza & Rodriguez (2018)

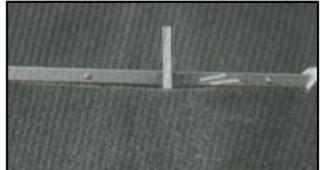
N°	TIPO DE FALLA	Und.	FIGURA
5	<p>Corrugación Se medirá el área afectada en m² (Tacza Herrera & Rodríguez Paez, 2018).</p>	m ²	
6	<p>Depresión Se medirá el área afectada en m² (Tacza Herrera & Rodríguez Paez, 2018).</p>	m ²	
7	<p>Grietas de borde Se medirá en metros lineales (Tacza Herrera & Rodríguez Paez, 2018).</p>	m	
8	<p>Grietas de reflexión de junta Se mide en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse (Tacza Herrera & Rodríguez Paez, 2018).</p>	m	

Nota: Fuente: Tacza & Rodríguez (2018)

Nº	TIPO DE FALLA	Und.	FIGURA
9	<p>Desnivel Carril / Berma Se medirá en ml (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m	
10	<p>Grietas longitudinales/ Transversales Se miden metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m	
11	<p>Parcheo y Acometidas de Servicios se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa) (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
12	<p>Pulimientos y Agregados Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
13	<p>Huecos Se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos</p>	Und	

	separadamente (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).		
--	---	--	---

Nota: Fuente: Tacza & Rodriguez (2018)

N°	TIPO DE FALLA	Und.	FIGURA
14	<p>Cruce de vía férrea</p> <p>El área del cruce se mide en metros cuadrados de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
15	<p>Ahuellamiento</p> <p>El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
16	<p>Desplazamiento</p> <p>Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
17	<p>Grietas Parabólicas</p> <p>El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
18	<p>Hinchamiento</p> <p>El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	

19	<p>Desprendimiento de agregados La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).</p>	m ²	
----	--	----------------	---

Nota: Fuente: Tacza & Rodriguez (2018)

2. Nivel de severidad de la falla, de esta manera se tomará las medidas adecuadas de corrección para dicha falla.

Bajo, (B):	Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.
Medio, (M):	Los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.
Alto, (A):	Los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

Nota: Fuente: Tacza & Rodriguez (2018)

La calidad del tránsito se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal.

3. La extensión

Se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro.

División del Pavimento en Unidades de Muestra

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento, **el procedimiento fue adaptado de la tesis de (Armijos Salinas, 2009).**

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

El área de muestreo debe estar entre $230 \pm 93\text{m}^2$.

En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud - Ancho de calzada pavimentada.

TABLA Relaciones longitud – Ancho de calzada pavimentada.

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx.)	31.50

Nota: Fuente: Vásquez (2002)

Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Donde:

- n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
- N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
- e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = \pm 5\%$).
- σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

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

Si la obtención del nivel de confianza del 95% es crítico, se debe verificar si el número de unidades de muestra inspeccionadas es adecuado. El número de unidades de muestra se determinó inicialmente en base a una desviación estándar asumida. Se debe calcular la desviación estándar actual de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}} ; \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- PCI_i: PCI de la unidad de muestra i.
- PCI_f: PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.
- n: Número total de unidades de muestra analizadas.
- S: Desviación estándar.

El número mínimo de unidades de muestreo será igual a la división entre la longitud total de la muestra para el ancho de la misma, como se muestra a continuación:

$$N = \frac{\text{Longitud total de vía}}{\text{Longitud de la unidad de muestra (tabla N° 02)}} ; \text{Ecuación 3}$$



Luego se reemplaza N en la ecuación 1, obteniendo el número de muestras que deberán ser inspeccionadas.

Selección de las Unidades de Muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar. Esta técnica se la conoce como “sistema aleatorio” descrito en los siguientes tres pasos:

1. El intervalo de muestreo (i), es determinado por:

$$i = \frac{N}{n} ; \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- N : Número total de unidades de muestreo disponible.
 - n : Número mínimo de unidades para evaluar.
 - i : Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.
2. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i . Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S) , $(S + 1)$, $(S + 2)$, etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.
 3. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

4. Cálculos

Cálculo de los Valores Deducidos:

- a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del “ANEXO N° 01”. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

Por ejemplo, en el ANEXO N° 02 se muestra un ejemplo de cálculo; con los datos recogidos de campo que son: falla tipo piel de cocodrilo, numerada como 1, severidad baja y valores tomados de campo, 9.4, 8.8 y 1.5, que sumados dan 19.70. Ese valor se lo coloca en la columna de total.

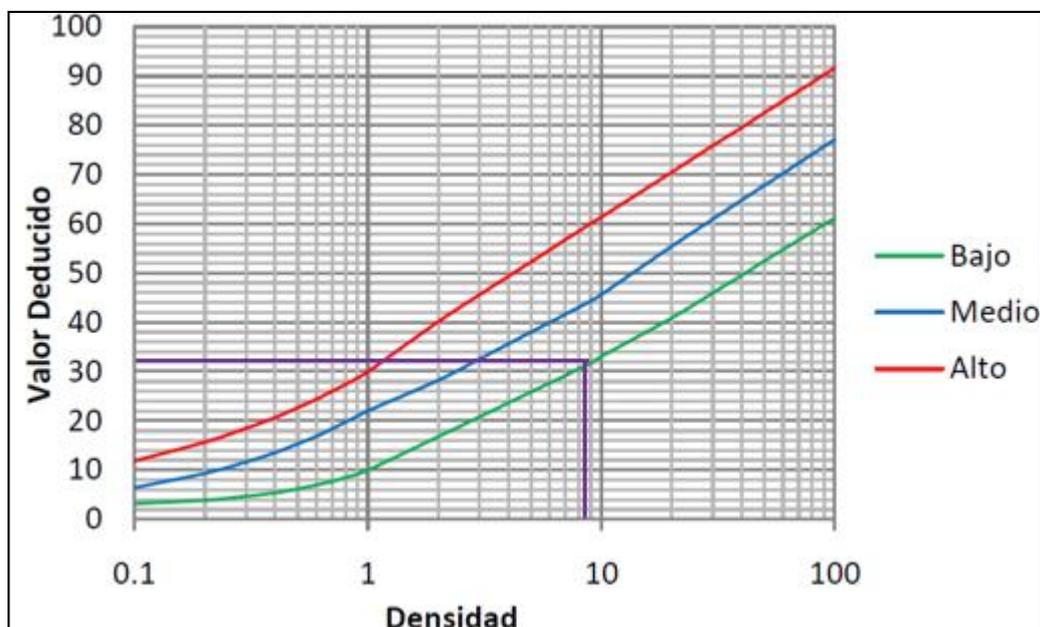
- b. Divida la “cantidad total” de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el “área total” de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

$$\text{Densidad \%} = \frac{\text{Columna "Total"}}{\text{Área total}} ; \text{Ecuación 5}$$

Del ANEXO N° 02, la falla “piel de cocodrilo”, tiene un total de 19.7, siendo el área total a evaluar de 230.1 m², obtenemos 8.56% en cuanto a densidad.

- c. Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para pavimentos flexibles, dichas curvas se encuentran en el ANEXO N° 03.

Por ejemplo, en el ANEXO N° 02, hemos colocado la severidad de la falla, y calculado la densidad, siendo así para la falla “piel de cocodrilo”, la severidad baja (B) y densidad 8.56%, ubicamos la curva (B) y la densidad obteniendo el valor de deducido de 31.12.



Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m):



- a. Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en “Calculo del PCI”. De lo contrario, deben seguirse los pasos **b.** y **c.**
- b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 5:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \quad ; \text{Ecuación 6}$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo i . ($m_i \leq 10$).

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

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

Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a. Determine el número de valores deducidos, **q** , mayores que 2.0.
- b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c. Determine el CDV con **q** y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

- d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas **a.** a **c.** hasta que **q** sea igual a 1.
- e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Determinación del máximo valor deducido corregido (CDV):

- a. Este paso se lo realiza mediante un proceso iterativo que se lo describe a continuación:

Determine el número de valores deducidos (q) mayores que 2. En el ejemplo en el ANEXO N° 02.

- b. Determine del “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales. Siguiendo el ejemplo, se suma los valores 35.36, 31.12 y 0.64; que da un total de 67.12.
- c. Determine el CDV con el q y el “valor deducido total” en la curva de corrección, de acuerdo al tipo de pavimento. En este ejemplo es $q = 2$ por lo tanto el valor leído en las tablas será 49.26.
- d. Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas a hasta c. Este proceso se repite hasta que se cumpla la condición que “ q ” sea igual a 1.
- e. El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en el proceso de iteración indicado. Siguiendo el ejemplo, el máximo valor de CDV es 49.26.

Cálculo del PCI, restando el “máximo CDV” de 100.

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}; \text{ Ecuación 7}$$

Donde:

- PCI: Índice de condición presente
- máx. CDV: Máximo valor corregido deducido.
- Del ejemplo:

- PCI = 100 - máx. CDV
- PCI = 100 – 49.26
- PCI = 50.74
- Por lo tanto, la clasificación del PCI será “regular”.

Diagrama de flujo de PCI



Este procedimiento se repite a todas las unidades de muestra, las cuales se representan mediante un vector:

$$[U] = \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \\ U_D \\ U_E \\ U_F \\ U_G \end{bmatrix} ; \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- U_A, U_B, \dots, U_G son la cantidad de unidades de muestra por cada rango PCI.

Cálculo del PCI representativo del pavimento en estudio

Es necesario calcular un índice de condición general de la carretera, para ello se debe calcular primero los porcentajes de pavimento para cada rango de PCI.

$$[X] = \begin{bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \\ X_D \\ X_E \\ X_F \\ X_G \end{bmatrix} ; \text{Ecuación 9}$$

Donde:

- X_A, X_B, \dots, X_G son los porcentajes en cada rango PCI.

Para poder halla dichos rangos se utiliza la siguiente expresión:

$$[X] = [U]/U_T$$

Donde:

- $[X]$, es el vector que contiene los porcentajes de pavimento en cada rango PCI.
- $[U]$, es el vector que contiene la cantidad de unidades de muestra por cada rango de PCI.
- U_T , es la cantidad total de unidades de muestra.

Finalmente, se calcula el PCI representativo del tramo del pavimento en estudio, mediante un proceso ponderado, utilizando la siguiente ecuación:

$$PCI_R = [X_A \cdot V_A] + [X_B \cdot V_B] + [X_C \cdot V_C] + [X_D \cdot V_D] + [X_E \cdot V_E] + [X_F \cdot V_F] + [X_G \cdot V_G]; \text{ Ecuación 10}$$

Donde:

- X_A, X_B, \dots, X_G son los porcentajes en cada rango PCI.
- V_A, V_B, \dots, V_G son los valores promedio de cada rango PCI.

5. MODELO DE DETERIORO

Este componente del sistema se debe basar en modelos desarrollados, adaptados o calibrados a las condiciones de cada tramo de estudio, para esta guía el modelo utilizado será de Cadenas de Márkov.

Para modelar el deterioro del pavimento en el tiempo es necesario establecer una matriz de probabilidad de transición “P”, la cual tiene la siguiente forma

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix}; \text{ Ecuación 11}$$

Esta matriz contiene toda la información necesaria para modelar el comportamiento de los procesos de los estados de condición.

Las probabilidades de transición, p_{ij} , indican la probabilidad de que un tramo de la red en condición i pase a condición j en un ciclo de trabajo. Un ciclo de trabajo, en el deterioro del pavimento, se refiere a la degradación de la condición debido a los efectos causados por un año de tráfico y exposición al medio ambiente. Similar al



vector inicial, para cada matriz de probabilidad de transición la suma de las entradas en cada columna debe ser igual a 1, y todas las entradas deben ser positivas.

En notación matricial, la distribución de probabilidades de los estados del proceso en un tiempo específico transcurrido en el año, “t = 1”, será:

$$a_1 = a_0 \cdot P \quad ; \text{Ecuación 13}$$

$$a_t = a_0 \cdot P^t \quad ; \text{Ecuación 12}$$

$[a_0]$ = *Dependera de la condición inicial del pavimento*

Para el cálculo de los elementos de la Matriz de Transición de Probabilidad (MTP), consiste en obtenerlos como:

$$p_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i} \quad ; \text{Ecuación 14}$$

Donde N_{ij} es el número de tramos que pasaron del estado i al estado j en un ciclo de servicio, y N_i el total de tramos que se encontraban en el estado i al inicio del ciclo.

De lo anterior puede concluirse que bastan datos de dos años de datos para calcular las probabilidades de transición. (Murillo, 2014)

Matriz de probabilidad de transición cuando no se efectúan actividades de conservación

Para determinar la matriz de deterioro cuando no se efectúa ninguna técnica o trabajo de conservación, se sigue la siguiente forma:

$$P_S = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \end{matrix} \begin{bmatrix} X_{AA} & X_{AB} & X_{AC} & X_{AD} & X_{AE} & X_{AF} & X_{AG} \\ 0 & X_{BB} & X_{BC} & X_{BD} & X_{BE} & X_{BF} & X_{BG} \\ 0 & 0 & X_{CC} & X_{CD} & X_{CE} & X_{CF} & X_{CG} \\ 0 & 0 & 0 & X_{DD} & X_{DE} & X_{DF} & X_{DG} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_{EE} & X_{EF} & X_{EG} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X_{FF} & X_{FG} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X_{GG} \end{bmatrix} ; \text{Ecuación 15}$$

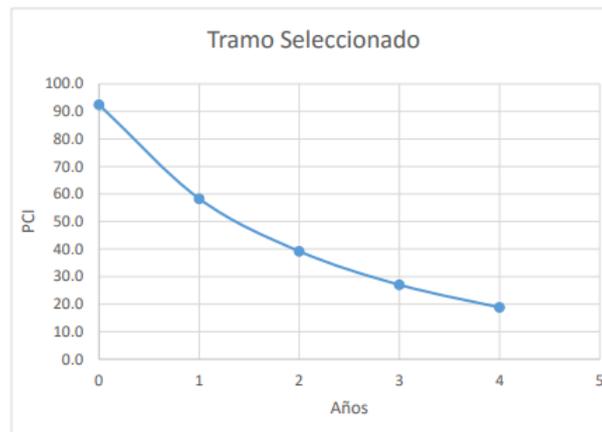
Donde:

- $X_{AA}, X_{AB}, \dots, X_{AG}$, son los porcentajes del total del pavimento que, o se mantendrán en rango A, o pasarán a rango B, C, D, E, F o G respectivamente.
- $X_{BB}, X_{BC}, \dots, X_{BG}$, son los porcentajes del total del pavimento que, o se mantendrán en rango B, o pasarán a rango C, D, E, F o G respectivamente.
- $X_{CC}, X_{CD}, \dots, X_{CG}$, son los porcentajes del total del pavimento que, o se mantendrán en rango C, o pasarán a rango D, E, F o G respectivamente. XDD,
- X_{DE}, \dots, X_{DG} , son los porcentajes del total del pavimento que, o se mantendrán en rango D, o pasarán a rango E, F o G respectivamente.
- X_{EE}, X_{EF}, X_{EG} son los porcentajes del total del pavimento que, o se mantendrán en rango E, o pasarán a rango F o G respectivamente.
- X_{FF} y X_{FG} son los porcentajes del total del pavimento que, o se mantendrán en rango F, o pasarán a rango G respectivamente.
- X_{GG} es el porcentaje del total del pavimento que se mantendrán en rango G, debido a que representa la peor condición del pavimento; por lo tanto, este no podrá deteriorarse más.

$$P_S = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \end{matrix} \begin{bmatrix} X_{AA} & X_{AB} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_{BB} & X_{BC} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_{CC} & X_{CD} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_{DD} & X_{DE} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_{EE} & X_{EF} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X_{FF} & X_{FG} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X_{GG} \end{bmatrix} ; \text{Ecuación 16}$$

Como puede observarse, ningún rango PCI pasará a mejor condición de la que se encuentra, además la distribución de porcentajes representa un deterioro constante, estas dos características demuestran el hecho de no aplicarse ninguna técnica o

los porcentajes de transición está en ajustar dichos valores manualmente, para que, al aplicar la ecuación, para determinar el deterioro en los siguientes años, se genere una cadena de condición final. Utilizando los datos de dicha cadena, se obtendrá una curva de condición versus tiempo, como puede verse en el ejemplo.



6. DETERMINAR LAS ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN POR RANGOS DE PCI

En nuestro medio existen manuales provistos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones que brindan especificaciones acerca de cómo realizar acciones de mantenimiento bajo la denominación de mantenimiento rutinario, preventivo, periódico y/o correctivo, en esta guía se propone tomar acciones de tratamiento según la categorización del PCI como se muestra en la Tabla 38; la cual es una propuesta basada en experiencias norteamericanas empleando la terminología de los tratamientos aplicados en nuestro país. Hay que resaltar que el sistema preventivo de conservación no propone acciones para la condición Regular ($55 < \text{PCI} < 40$) ya que en la experiencia se ha podido determinar que en ciertas condiciones de deterioro la intervención puede llegar a ser contraproducente, por ello es mejor que estos pavimentos se dejen deteriorar a condiciones de rehabilitación más alta. (Chavez, 2014)

PCI	RANGOS DE PCI	CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA DE ACCIÓN
100-85 (A)		Excelente	Mantenimiento Preventivo o Mínimo
85-70 (B)		Muy bueno	Mantenimiento Correctivo Menor
70-55 (C)		Bueno	Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo
55-40 (D)		Regular	Sin intervención
40-25 (E)		Malo	Rehabilitación- Refuerzo estructural
25-10 (F)		Muy malo	Rehabilitación- Reconstrucción
10-00 (G)		Fallado	

Nota: Fuente: Chavez (2014)

Descripción de la Clasificación del PCI

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Excelente	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
Muy bueno	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
Bueno	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: 1.- Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2.- Sellado de Superficie. 3.- Re-encarpetado delgado.
Regular	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
Malo	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente un alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.
Muy malo	

Nota: Fuente: Chavez (2014).

7. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA CONSERVACIÓN

Este proceso se llevará a cabo de forma permanente, puesto que requiere del análisis de las condiciones locales donde se aplique el sistema de conservación; ya que los costos de reparación, mantenimiento o construcción variarán de acuerdo a las condiciones de cada región. Se sugiere que estos costos sean llevados a costos unitarios por metro cuadrado (m²) de pavimento, este proceso debe ser realizado con evaluaciones de costos a nivel local. Para cubrir esta limitación, se adoptarán los valores unitarios estimados según la Tabla siguiente, que brinda costos por metro cuadrado referenciales. (Gaspar, 2016)

Estado de PCI	Costo de mantenimiento (\$/m ²)
100-85 (A)	15.0
85-70 (B)	25.0
70-55 (C)	35.0
55-40 (D)	50.0
40-25 (E)	120.0
25-10 (F)	160.0
10-00 (G)	

Nota: Fuente: Gaspar (2016).

Luego se procederá a determinar el costo anual de reparación

$$CAR = (\%i)(A_{total})(C_{mntto}) ; \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- CAR: Costo Anual de Reparación.
- %i: Porcentaje de distribución por nivel de condición.
- A_{total}: Área Total del tramo en análisis.
- C_{mntto}: Costo de mantenimiento por nivel de condición.

8. MÓDULO DE ANÁLISIS

El módulo de análisis es una parte fundamental del sistema, pues es donde se establece el programa de mantenimiento de acuerdo con las restricciones y limitaciones presupuestarias que puedan existir. En este paso se tomarán las decisiones según el deterioro presentado por el pavimento a lo largo de su vida generado por la curva de predicción del deterioro del pavimento.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

1. DETERMINAR EL NIVEL DE ANÁLISIS DE SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Para este ejemplo se realizará a nivel de proyecto, es decir un tramo, pero este mismo modelo y forma de aplicación será el misma para un rad completa.

El tramo elegido fue un Tramo de la Av. Vía de Evitamiento, perteneciendo a las Carreteras Nacionales (3N), el pavimento es asfáltico, es decir es un pavimento flexible.

2. INVENTARIO

2.1. Determinar la longitud: 2407.2 m

2.2. Ancho de la Vía: 6.5 m

2.3. Área del sistema: 15646.8 m²

3. ELEGIR EL SISTEMA DE REFERENCIACIÓN

El sistema de referenciación es el tramo de la Av. Vía Evitamiento Sur, además solo se evaluará un solo tramo, que se subdividirá en unidades de estudio, para posterior a ello calcular la condición funcional del pavimento flexible.

Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación.

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

Donde:

- n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
- N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento
- e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = ± 5%)
- σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades = 10

N será igual a:

$$N = \frac{\text{Longitud total de vía}}{\text{Longitud de la unidad de muestra}}$$

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.30 (máx.)	31.5

Longitud total: 2407.2 m

Longitud de la unidad de muestra: 35.40 m.

$$N = 68$$

Reemplazando en la fórmula "n":

$$n = 29.4$$

$$n = 30$$

Entonces el número de muestras a evaluar es de 30

$$i = \frac{N}{n}$$

$$i = 2.27$$

$$i = 2$$

Por lo tanto, el intervalo de muestreo será igual a 2.

Para el análisis se considerarán 33 unidades de muestra, siendo mayor al mínimo, el cuál es 30.

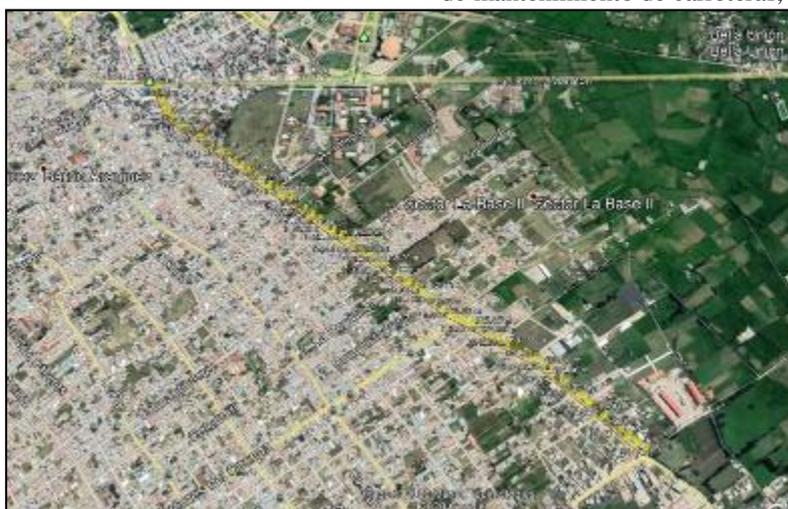
4. ELEGIR LA BASE DE DATOS

Para realizar el ejemplo aplicativo del modelo de deterioro de Cadenas de Márkov en los pavimentos flexibles de Cajamarca, utilizamos un análisis visual de un tramo de la Vía Evitamiento Sur, mediante imágenes de Google Earth y Google Maps, los años en estudio son 2013 y 2014, la finalidad es calcular el PCI de cada tramo y finalmente del tramo total, la finalidad es ver como se deteriora la carretera en un ciclo, es decir un año y con estos datos generar la curva característica probabilística de deterioro.

El PCI calculado mediante un análisis visual de imágenes de Google Earth y Google Maps se muestran en el Anexo 5.

El pavimento se evaluó según el siguiente rango

RANGO	CLASIFICACIÓN	VALOR PROMEDIO
100-85 (A)	Excelente	92.5 (V _A)
85-70 (B)	Muy bueno	77.5 (V _B)
70-55 (C)	Bueno	62.5 (V _C)
55-40 (D)	Regular	47.5 (V _D)
40-25 (E)	Malo	32.5 (V _E)
25-10 (F)	Muy malo	17.5 (V _F)
10-00 (G)	Fallado	5 (V _G)



Año de evaluación - 2013

Nombre del tramo: Av. Via de Evitamiento Sur

Año: 2013

Ancho: 6.50 m

RANGOS DE PCI						
100-85 (A)	85-70 (B)	70-55 (C)	55-40 (D)	40-25 (E)	25-10 (F)	10-00 (G)

Unidad de muestra	Progresiva de inicio (km)	Progresiva-fin (km)	Área total de la unidad de muestra (m ²)	PCI	Rango
1	Km 0.00+0.00 m	Km 0.00+35.40 m	230.1	80	B
2	Km 0.00+70.80 m	Km 0.00+106.20 m	230.1	90	A
3	Km 0.00+141.60 m	Km 0.00+177.00 m	230.1	78	B
4	Km 0.00+212.40 m	Km 0.00+247.80 m	230.1	78	B
5	Km 0.00+283.20 m	Km 0.00+318.60 m	230.1	76	B
6	Km 0.00+354.00 m	Km 0.00+389.40 m	230.1	84	B
7	Km 0.00+424.80 m	Km 0.00+460.20 m	230.1	73	B
8	Km 0.00+495.60 m	Km 0.00+531.00 m	230.1	89	A
9	Km 0.00+566.40 m	Km 0.00+601.80 m	230.1	89	A
10	Km 0.00+637.20 m	Km 0.00+672.60 m	230.1	71	B
11	Km 0.00+708.00 m	Km 0.00+743.40 m	230.1	86	A
12	Km 0.00+778.80 m	Km 0.00+814.20 m	230.1	86	A
13	Km 0.00+849.60 m	Km 0.00+885.00 m	230.1	88	A
14	Km 0.00+920.40 m	Km 0.00+955.80 m	230.1	80	B
15	Km 0.00+991.20 m	Km 0.00+1026.60 m	230.1	80	B
16	Km 0.00+1062.00 m	Km 0.00+1097.40 m	230.1	80	B
17	Km 0.00+1132.80 m	Km 0.00+1168.20 m	230.1	80	B
18	Km 0.00+1203.60 m	Km 0.00+1239.00 m	230.1	75	B



19	Km 0.00+1274.40 m	Km 0.00+1309.80 m	230.1	74	B
20	Km 0.00+1345.20 m	Km 0.00+1380.60 m	230.1	86	A
21	Km 0.00+1416.00 m	Km 0.00+1451.40 m	230.1	88	A
22	Km 0.00+1486.80 m	Km 0.00+1522.20 m	230.1	78	B
23	Km 0.00+1557.60 m	Km 0.00+1593.00 m	230.1	74	B
24	Km 0.00+1628.40 m	Km 0.00+1663.80 m	230.1	81	B
25	Km 0.00+1699.20 m	Km 0.00+1734.60 m	230.1	83	B
26	Km 0.00+1770.00 m	Km 0.00+1805.40 m	230.1	79	B
27	Km 0.00+1840.80 m	Km 0.00+1876.20 m	230.1	86	A
28	Km 0.00+1911.60 m	Km 0.00+1947.00 m	230.1	79	B
29	Km 0.00+1982.40 m	Km 0.00+2017.80 m	230.1	90	A
30	Km 0.00+2053.20 m	Km 0.00+2088.60 m	230.1	78	B
31	Km 0.00+2124.00 m	Km 0.00+2159.40 m	230.1	90	A
32	Km 0.00+2194.80 m	Km 0.00+2230.20 m	230.1	81	B
33	Km 0.00+2265.60 m	Km 0.00+2301.00 m	230.1	80	B

total:	33
--------	----

Rangos	Cantidad	Porcentaje
Rango A	11	33.33 %
Rango B	22	66.67 %
Rango C	0	0 %
Rango D	0	0 %
Rango E	0	0 %
Rango F	0	0 %
Rango G	0	0 %
total	33	100 %

Año de evaluación – 2014

Nombre del tramo: Av. Via de Evitamiento Sur

Año: 2014

Ancho: 6.50 m

RANGOS DE PCI						
100-85 (A)	85-70 (B)	70-55 (C)	55-40 (D)	40-25 (E)	25-10 (F)	10-00 (G)

Unidad de muestra	Progresiva de inicio (km)	Progresiva-fin (km)	Área total de la unidad de muestra (m ²)	PCI	Rango
1	Km 0.00+0.00 m	Km 0.00+35.40 m	230.1	76	B
2	Km 0.00+70.80 m	Km 0.00+106.20 m	230.1	84	B
3	Km 0.00+141.60 m	Km 0.00+177.00 m	230.1	75	B
4	Km 0.00+212.40 m	Km 0.00+247.80 m	230.1	76	B
5	Km 0.00+283.20 m	Km 0.00+318.60 m	230.1	60	C
6	Km 0.00+354.00 m	Km 0.00+389.40 m	230.1	80	B
7	Km 0.00+424.80 m	Km 0.00+460.20 m	230.1	59	C
8	Km 0.00+495.60 m	Km 0.00+531.00 m	230.1	86	A
9	Km 0.00+566.40 m	Km 0.00+601.80 m	230.1	84	B
10	Km 0.00+637.20 m	Km 0.00+672.60 m	230.1	56	C
11	Km 0.00+708.00 m	Km 0.00+743.40 m	230.1	76	B
12	Km 0.00+778.80 m	Km 0.00+814.20 m	230.1	76	B
13	Km 0.00+849.60 m	Km 0.00+885.00 m	230.1	78	B
14	Km 0.00+920.40 m	Km 0.00+955.80 m	230.1	78	B
15	Km 0.00+991.20 m	Km 0.00+1026.60 m	230.1	79	B
16	Km 0.00+1062.00 m	Km 0.00+1097.40 m	230.1	69	C
17	Km 0.00+1132.80 m	Km 0.00+1168.20 m	230.1	72	B
18	Km 0.00+1203.60 m	Km 0.00+1239.00 m	230.1	69	C
19	Km 0.00+1274.40 m	Km 0.00+1309.80 m	230.1	54	D
20	Km 0.00+1345.20 m	Km 0.00+1380.60 m	230.1	74	B
21	Km 0.00+1416.00 m	Km 0.00+1451.40 m	230.1	73	B
22	Km 0.00+1486.80 m	Km 0.00+1522.20 m	230.1	74	B
23	Km 0.00+1557.60 m	Km 0.00+1593.00 m	230.1	69	C
24	Km 0.00+1628.40 m	Km 0.00+1663.80 m	230.1	74	B
25	Km 0.00+1699.20 m	Km 0.00+1734.60 m	230.1	79	B
26	Km 0.00+1770.00 m	Km 0.00+1805.40 m	230.1	69	C
27	Km 0.00+1840.80 m	Km 0.00+1876.20 m	230.1	79	B
28	Km 0.00+1911.60 m	Km 0.00+1947.00 m	230.1	73	B
29	Km 0.00+1982.40 m	Km 0.00+2017.80 m	230.1	78	B
30	Km 0.00+2053.20 m	Km 0.00+2088.60 m	230.1	76	B
31	Km 0.00+2124.00 m	Km 0.00+2159.40 m	230.1	81	B

32	Km 0.00+2194.80 m	Km 0.00+2230.20 m	230.1	79	B
33	Km 0.00+2265.60 m	Km 0.00+2301.00 m	230.1	79	B
total:		33			

Rangos	Cantidad	Porcentaje
Rango A	1	3.03 %
Rango B	24	72.73 %
Rango C	7	21.21 %
Rango D	1	3.03 %
Rango E	0	0 %
Rango F	0	0 %
Rango G	0	0 %
total	33	100 %

5. MODELO DE DETERIORO

Con la base obtenida se procederá a aplicar el modelo de deterioro de Cadenas de Márkov, de tal forma de generar una curva de predicción del deterioro del tramo de pavimento flexible en estudio.

Primero se agruparán por rangos las cantidades de incidencia, eso se realiza mediante la matriz "U", luego se calcula los porcentajes por rango de PCI, mediante la matriz "X", para luego realizando una ponderación calcular el PCI representativo del tramo del pavimento en estudio.

$$[U] = \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \\ U_D \\ U_E \\ U_F \\ U_G \end{bmatrix} \quad [X] = \begin{bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \\ X_D \\ X_E \\ X_F \\ X_G \end{bmatrix} \quad [X] = [U]/U_T$$

$$PCI_R = [X_A \cdot V_A] + [X_B \cdot V_B] + [X_C \cdot V_C] + [X_D \cdot V_D] + [X_E \cdot V_E] + [X_F \cdot V_F] + [X_G \cdot V_G]$$

Año 1 – 2013

Tabla resumen:

Longitud (m): 2407.20 m.



Área total: 15646.8 m².

Nº: 33

Rangos	Área (m ²)	Cantidad "U"	Porcentaje "X" (%)	Pesos
100-85 A	2531.1	11	33.33	92.50
85-70 B	5062.2	22	66.67	77.50
70-55 C	0	0	0	62.50
55-40 D	0	0	0	47.50
40-25 E	0	0	0	32.50
25-10 F	0	0	0	17.50
10-0 G	0	0	0	5.00
TOTAL	7593.3	33	100	

PCI DEL TRAMO EN ESTUDIO

RANGO DEL TRAMO

Año – 2014

Longitud (m): 2407.20 m.

Área total: 15646.8 m².

Nº: 33

Rangos	Área (m ²)	Cantidad "U"	Porcentaje "X" (%)	Pesos
100-85 A	230.1	1	3.03	92.50
85-70 B	5522.4	24	72.73	77.50
70-55 C	1610.7	7	21.21	62.50
55-40 D	230.1	1	3.03	47.50
40-25 E	0	0	0	32.50
25-10 F	0	0	0	17.50
10-0 G	0	0	0	5.00
TOTAL	7593.3	33	100	

PCI DEL TRAMO EN ESTUDIO

RANGO DEL
TRAMO

C

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 1	AÑO 2																
$\begin{bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \\ X_D \\ X_E \\ X_F \\ X_G \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} Y_A \\ Y_B \\ Y_C \\ Y_D \\ Y_E \\ Y_F \\ Y_G \end{bmatrix}$	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">33.33</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">66.67</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">0</td></tr> </table>	33.33	66.67	0	0	0	0	0	0	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">3.03</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">72.73</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">21.21</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">3.03</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">0</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">0</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">0</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;">0</td></tr> </table>	3.03	72.73	21.21	3.03	0	0	0	0
33.33																			
66.67																			
0																			
0																			
0																			
0																			
0																			
0																			
3.03																			
72.73																			
21.21																			
3.03																			
0																			
0																			
0																			
0																			

Matriz de probabilidad de transición cuando no se efectúan actividades de conservación

$$P_S = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E & F & G \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{AA} & X_{AB} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_{BB} & X_{BC} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_{CC} & X_{CD} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_{DD} & X_{DE} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_{EE} & X_{EF} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X_{FF} & X_{FG} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X_{GG} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

	A	B	C	D	E	F	G
A	91	9	0	0	0	0	0
B	0	9.09	90.91	0	0	0	0
C	0	0	40	60	0	0	0
D	0	0	0	35	65	0	0
E	0	0	0	0	25	75	0
F	0	0	0	0	0	23	77
G	0	0	0	0	0	0	100

CONDICIÓN INICIAL

33.33	66.67	0	0	0	0	0
-------	-------	---	---	---	---	---

100.00

costo anual
de
reparación

$$CAR = (\%i)(A_{total})(C_{mntto}$$

Estado de PCI	Costo de mantenimiento (\$/m ²)
100-85 (A)	15
85-70 (B)	25
70-55 (C)	35
55-40 (D)	50
40-25 (E)	120
25-10 (F)	160
10-00 (G)	

Cadenas de condición final del pavimento flexible en estudio

AÑO 0	A	B	C	D	E	F	G
	1	0	0	0	0	0	0
A	0.33	0.67	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0.33	0.67	0	0	0	0	0

1.00

CAR (\$)	77451.66	262083.9	0	0	0	0	0
TOTAL (\$)	339535.56						

AÑO 1	A	B	C	D	E	F	G
	0.33	0.67	0	0	0	0	0
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.30	0.09	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00



CAR (\$)	70481.01	35205.3	333894.89	0	0	0	0
TOTAL (\$)	439581.2						

AÑO 2	A	B	C	D	E	F	G
	0.30	0.09	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.27	0.04	0.33	0.37	0.00	0.00	0.00

1.00

CAR (\$)	64137.72	13740.63	178409.51	286195.62	0	0	0
TOTAL (\$)	542483.48						

AÑO 3	A	B	C	D	E	F	G
	0.27	0.04	0.33	0.37	0.00	0.00	0.00
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.25	0.03	0.16	0.32	0.24	0.00	0.00

1.00

CAR (\$)	58365.32	10857.31	88869.36	253090.9	446465.17	0	0
TOTAL (\$)	857648.06						



AÑO 4	A	B	C	D	E	F	G
	0.25	0.03	0.16	0.32	0.24	0.00	0.00
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.23	0.02	0.09	0.21	0.27	0.18	0.00

1.00

CAR (\$)	53112.45	9731.96	49379.96	164755.56	506438.1	446465.17	0
TOTAL (\$)	1229883.2						

AÑO 5	A	B	C	D	E	F	G
	0.23	0.02	0.09	0.21	0.27	0.18	0.00
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.21	0.02	0.06	0.13	0.20	0.24	0.14

1.00

CAR (\$)	48332.33	8842.74	32150.5	99990.13	383628.19	609125.09	343778.18
TOTAL (\$)	1525847.16						

AÑO 6	A	B	C	D	E	F	G
	0.21	0.02	0.06	0.13	0.20	0.24	0.14
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.19	0.02	0.04	0.08	0.13	0.21	0.32

1.00

CAR (\$)	43982.42	8045.7	24125.85	62554.12	251891.65	523726.96	812804.49
TOTAL (\$)	1727131.19						

AÑO 7	A	B	C	D	E	F	G
	0.19	0.02	0.04	0.08	0.13	0.21	0.32
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.17	0.02	0.04	0.05	0.09	0.15	0.49

1.00

CAR (\$)	40024	7321.48	19900.56	42573.24	160557.33	372348.85	1216074.25
TOTAL (\$)	1858799.71						



AÑO 8	A	B	C	D	E	F	G
	0.17	0.02	0.04	0.05	0.09	0.15	0.49
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.16	0.02	0.03	0.04	0.06	0.10	0.60

1.00

CAR (\$)	36421.84	6662.53	17287.78	31958.26	106553.59	246197.57	1502782.87
TOTAL (\$)	1947864.44						

AÑO 9	A	B	C	D	E	F	G
	0.16	0.02	0.03	0.04	0.06	0.10	0.60
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.14	0.02	0.03	0.03	0.04	0.07	0.68

1.00

CAR (\$)	33143.87	6062.9	15403.18	26003.49	76493.28	163179.03	1692354.99
TOTAL (\$)	2012640.74						



AÑO	A	B	C	D	E	F	G
10	0.14	0.02	0.03	0.03	0.04	0.07	0.68
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.13	0.01	0.03	0.03	0.03	0.05	0.73

1.00

CAR (\$)	30160.92	5517.24	13885.41	22303.95	59688.76	114024.46	1818002.85
TOTAL (\$)	2063583.59						

AÑO	A	B	C	D	E	F	G
11	0.13	0.01	0.03	0.03	0.03	0.05	0.73
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.12	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.76

CAR (\$)	27446.44	5020.69	12583.13	19708.16	49716.35	85914.39	1905801.68
TOTAL (\$)	2106190.84						



AÑO	A	B	C	D	E	F	G
12	0.12	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.76
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.11	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.79

CAR (\$)	24976.26	4568.83	11429.61	17683.4	43173.82	69476.66	1971955.76
TOTAL (\$)	2143264.34						

AÑO	A	B	C	D	E	F	G
13	0.11	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.79
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.10	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.81

CAR (\$)	22728.4	4157.63	10392.53	15986	38379.56	59153.45	2025452.79
TOTAL (\$)	2176250.36						



AÑO	A	B	C	D	E	F	G
14	0.10	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.81
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.09	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.83

CAR (\$)	20682.84	3783.45	9453.84	14502.98	34533.05	51984.85	2071000.94
TOTAL (\$)	2205941.95						

AÑO	A	B	C	D	E	F	G
15	0.09	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.83
A	0.91	0.09	0	0	0	0	0
B	0	0.09	0.91	0	0	0	0
C	0	0	0.4	0.6	0	0	0
D	0	0	0	0.35	0.65	0	0
E	0	0	0	0	0.25	0.75	0
F	0	0	0	0	0	0.23	0.77
G	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	0.08	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.84

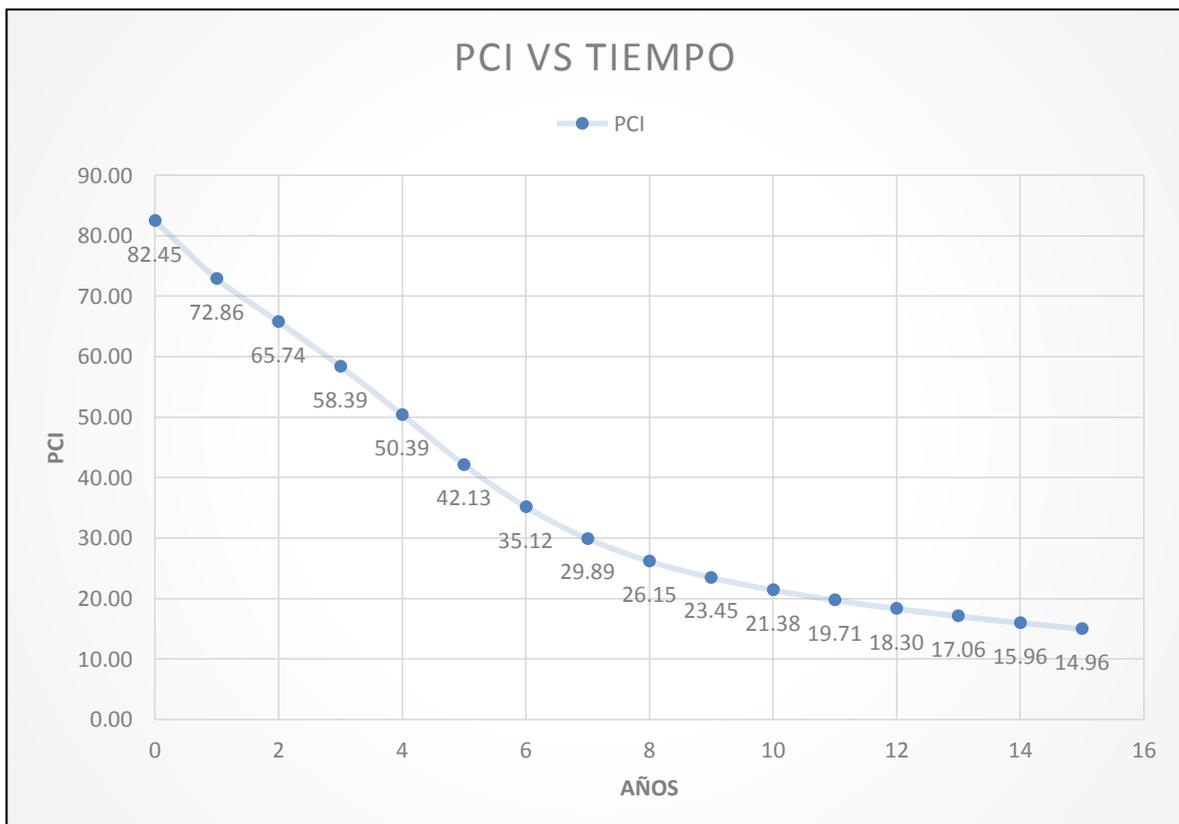
CAR (\$)	18821.39	3442.94	8601.65	13179.33	31257.92	46489.56	2111029.28
TOTAL (\$)	2232822.07						

RESULTADOS

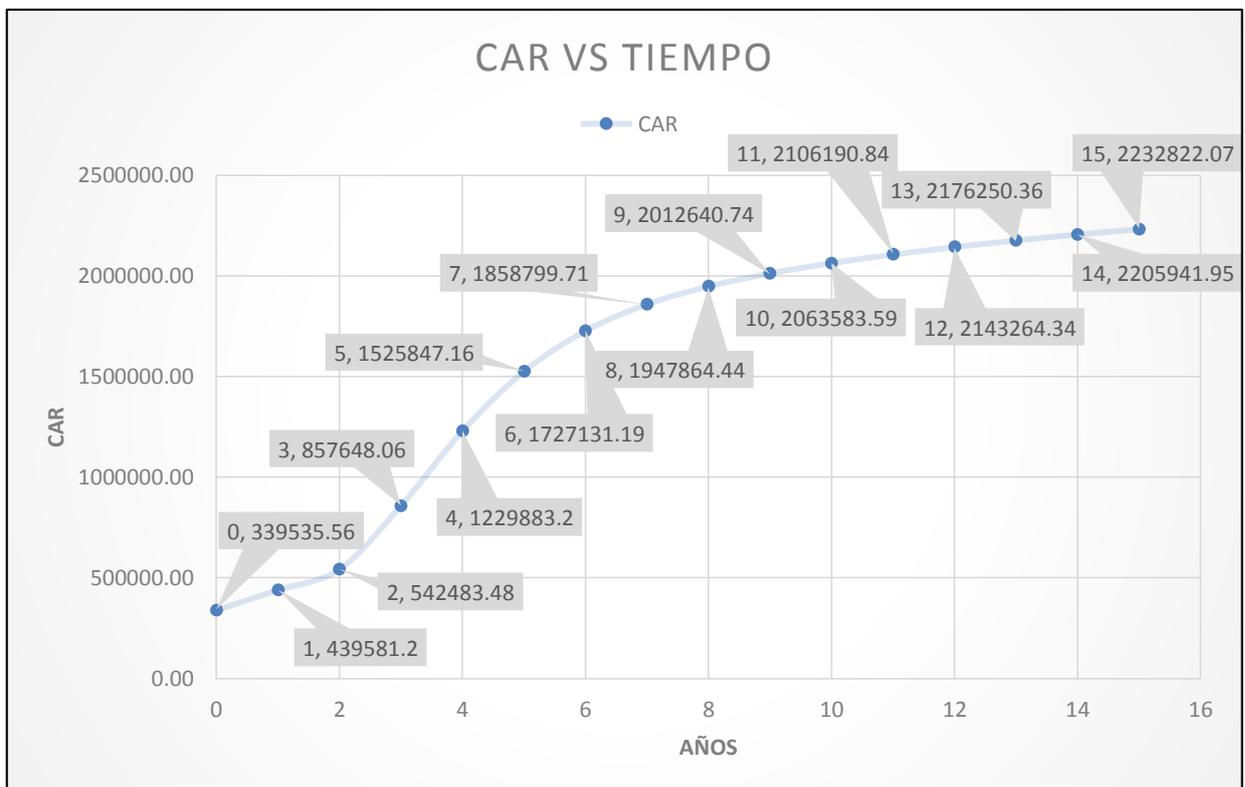
AÑO	A	B	C	D	E	F	G
0	0.33	0.67	0	0	0	0	0
1	0.30	0.09	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.27	0.04	0.33	0.37	0.00	0.00	0.00
3	0.25	0.03	0.16	0.32	0.24	0.00	0.00
4	0.23	0.02	0.09	0.21	0.27	0.18	0.00
5	0.21	0.02	0.06	0.13	0.20	0.24	0.14
6	0.19	0.02	0.04	0.08	0.13	0.21	0.32
7	0.17	0.02	0.04	0.05	0.09	0.15	0.49
8	0.16	0.02	0.03	0.04	0.06	0.10	0.60
9	0.14	0.02	0.03	0.03	0.04	0.07	0.68
10	0.13	0.01	0.03	0.03	0.03	0.05	0.73
11	0.12	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.76
12	0.11	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.79
13	0.10	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.81
14	0.09	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.83
15	0.08	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.84

RANGOS PCI	Pesos
A	92.50
B	77.50
C	62.50
D	47.50
E	32.50
F	17.50
G	5.00

AÑO	PCI
0	82.45
1	72.86
2	65.74
3	58.39
4	50.39
5	42.13
6	35.12
7	29.89
8	26.15
9	23.45
10	21.38
11	19.71
12	18.30
13	17.06
14	15.96
15	14.96



AÑO	CAR
0	339535.56
1	439581.2
2	542483.48
3	857648.06
4	1229883.2
5	1525847.16
6	1727131.19
7	1858799.71
8	1947864.44
9	2012640.74
10	2063583.59
11	2106190.84
12	2143264.34
13	2176250.36
14	2205941.95
15	2232822.07



6. DETERMINAR LAS ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN POR RANGOS DE PCI

Según el rango en que se encuentre el estado del pavimento flexible, se proponen las siguientes categorías de acción.

PCI	RANGOS DE PCI	CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA DE ACCIÓN
100-85 (A)		Excelente	Mantenimiento Preventivo o Mínimo
85-70 (B)		Muy bueno	Mantenimiento Correctivo Menor
70-55 (C)		Bueno	Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo
55-40 (D)		Regular	Sin intervención
40-25 (E)		Malo	Rehabilitación-Refuerzo estructural
25-10 (F)		Muy malo	Rehabilitación-Reconstrucción
10-00 (G)		Fallado	

Descripción de la Clasificación del PCI

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Excelente	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
Muy bueno	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
Bueno	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: 1.- Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2.- Sellado de Superficie. 3.- Re-encarpetado delgado.
Regular	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
Malo	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor,
Muy malo	

	probablemente un alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.
--	--

7. DETERMINACION DEL COSTO DE LA CONSERVACIÓN

Estos son los costos por Rango de PCI, en la generación de las cadenas de Márkov se calculó el costo anual por rango, queda en disposición del especialista, determinar cómo invertirá los fondos económicos para el mantenimiento de la carretera

Estado de PCI	Costo de mantenimiento (\$/m ²)
100-85 (A)	15
85-70 (B)	25
70-55 (C)	35
55-40 (D)	50
40-25 (E)	120
25-10 (F)	160
10-00 (G)	

8. MÓDULO DE ANÁLISIS

Finalmente, con la obtención de las curvas de predicción del deterioro del pavimento flexible, se podrá decidir cuándo y cómo invertir los fondos económicos, adicional a ello, se generó una curva con los costos anuales, para tener un mejor criterio para la conservación de la carretera.

REFERENCIAS

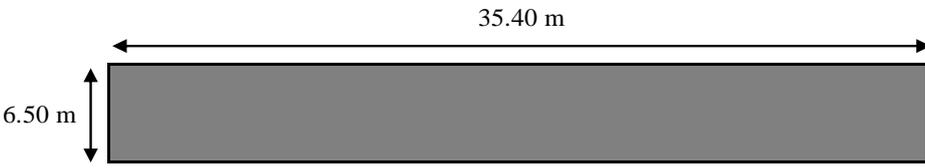
- Andrade, V. A. (2018). *Mejora de la gestión de mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro*. València: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Armijos Salinas, C. R. (2009). *EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE ALGUNAS CALLES DE LA CIUDAD DE LOJA*. Loja, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Chávez, A. S. (2014). *Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales*. Perú.
- Gaspar, E. C. (2016). *Propuesta de priorización de asignación de recursos para el tratamiento de pavimentos, mediante la aplicación del índice de condición del pavimento flexible, en la condición funcional de la Av. Lomas de Carabayllo, Lima, 2016*. Perú: Lima.
- Tacza Herrera, E. B., & Rodríguez Paez, B. O. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Lima, Perú: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.

ANEXOS

ANEXO N° 01. FORMATO PCI (ADAPTADO DE TESIS ARMIJOS SALINAS)

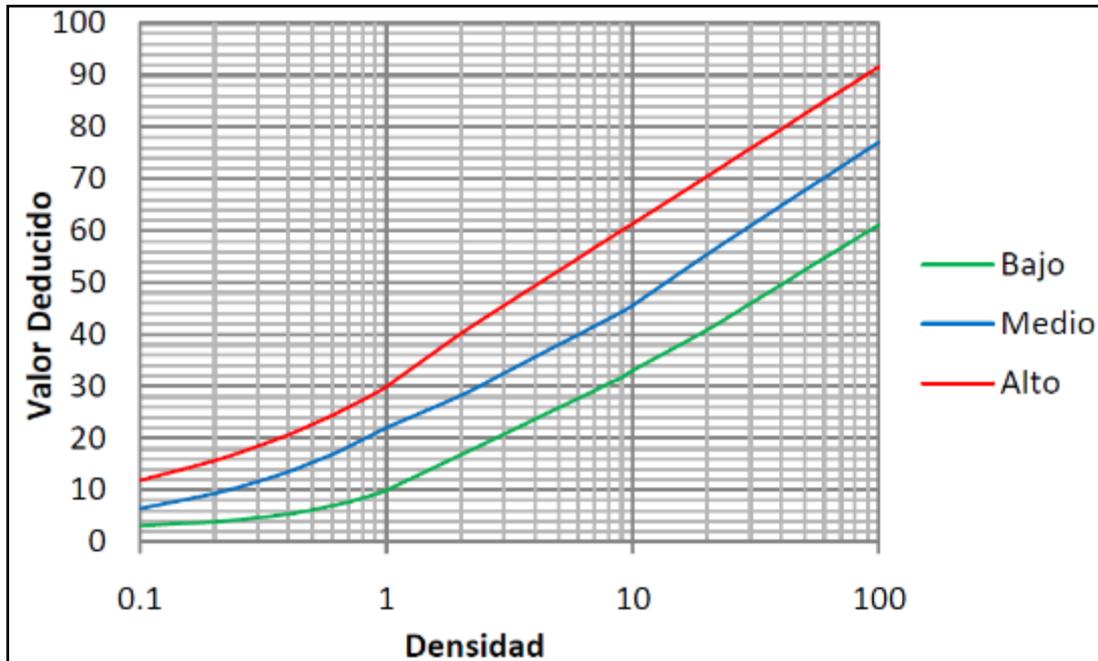
	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTOS FLEXIBLES								
	Evaluado por: Número de muestra: Abscisa inicial =			Fecha: Área de muestra: Abscisa final =					
TIPOS DE FALLAS									
1. Piel de cocodrillo	7. Grieta de borde	13. Huecos							
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de Vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahuellamiento							
4. Abultamiento/hundimiento	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento							
5. Corrugación	11. Parqueo y acometidas de Servicio	17. Grietas parabólicas							
6. Depresión	12. Pulimiento de agregados	18. Hinchamiento							
		19. Desprendimiento de agregados							
Esquema:									
FALLAS EXISTENTES									
Falla	Severidad	Cantidad Parciales					Total	Densidad %	Valor deducido
Número de deducidos > 2 (q) :							Total VD =		
Valor deducido más alto (HDV _i) :									
Número admisible de deducidos (m _i) :									
CÁLCULO DEL PCI									
#	Valores deducidos						TOTAL	q	CDV
							máx CDV =		
PCI = 100 - máx. CDV									
PCI =									

ANEXO N° 02. EJEMPLO PCI (ADAPTADO DE TESIS ARMIJOS SALINAS)

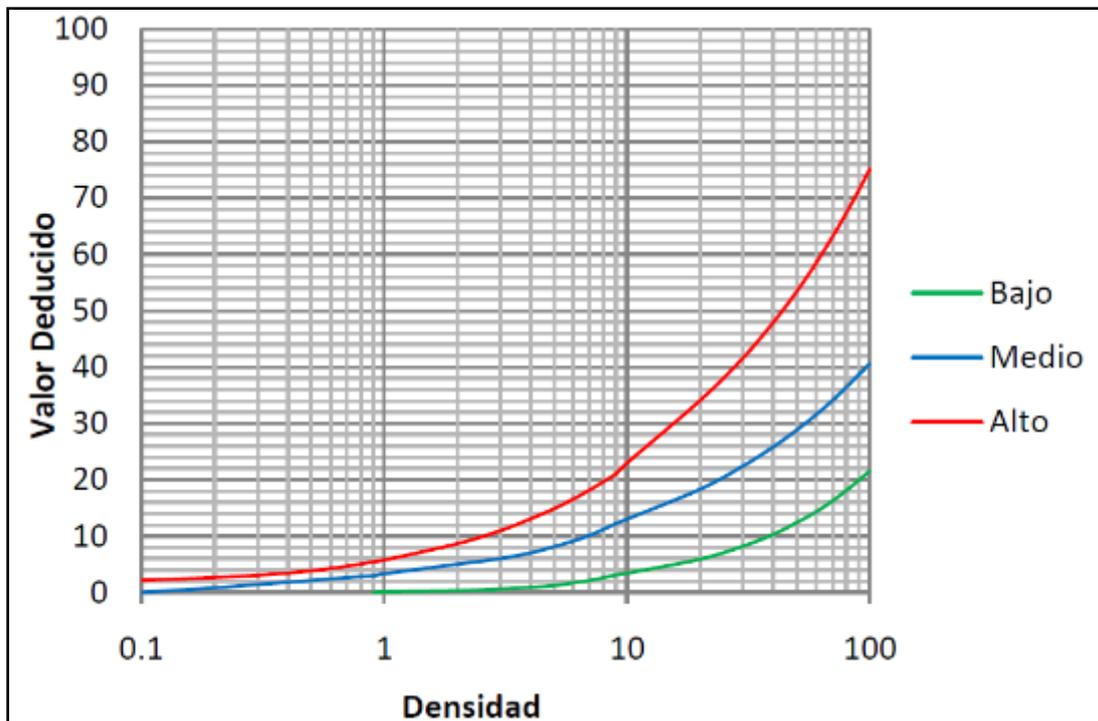
	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) PAVIMENTOS FLEXIBLES								
	Evaluado por:			Fecha:					
Número de muestra:			Área de muestra: 230.1 m ²						
Abscisa inicial = 0+0.35.40			Abscisa final = 0+070.80						
TIPOS DE FALLAS									
1. Piel de cocodrillo	7. Grieta de borde	13. Huecos							
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de Vía ferrea							
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / berma	15. Ahuellamiento							
4. Abultamiento/hundimiento	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento							
5. Corrugación	11. Parcheo y acometidas de Servicio	17. Grietas parabólicas							
6. Depresión	12. Pulimiento de agregados	18. Hinchamiento							
		19. Desprendimiento de agregados							
Esquema:									
									
FALLAS EXISTENTES									
Falla	Severidad	Cantidad Parciales					Total	Densidad %	Valor deducido
1	B	9.4	8.8	1.5			19.7	8.56%	31.12
3	M	1.52					1.52	0.66%	0.64
10	A	16.17	8.37				24.54	10.66%	35.36
Número de deducidos > 2 (q) :							2	Total VD = 67.12	
Valor deducido más alto (HDVi) :							35.36		
Número admisible de deducidos (mi) :							6.94		
CÁLCULO DEL PCI									
#	Valores deducidos					TOTAL	q	CDV	
1	35.36	31.12				66.48	2	49.26	
2	35.36	2				37.36	1	38	
							máx CDV =	49.26	
PCI = 100 - máx. CDV									
PCI = 50.74									

ANEXO N° 03. VALOR DEDUCIDO.

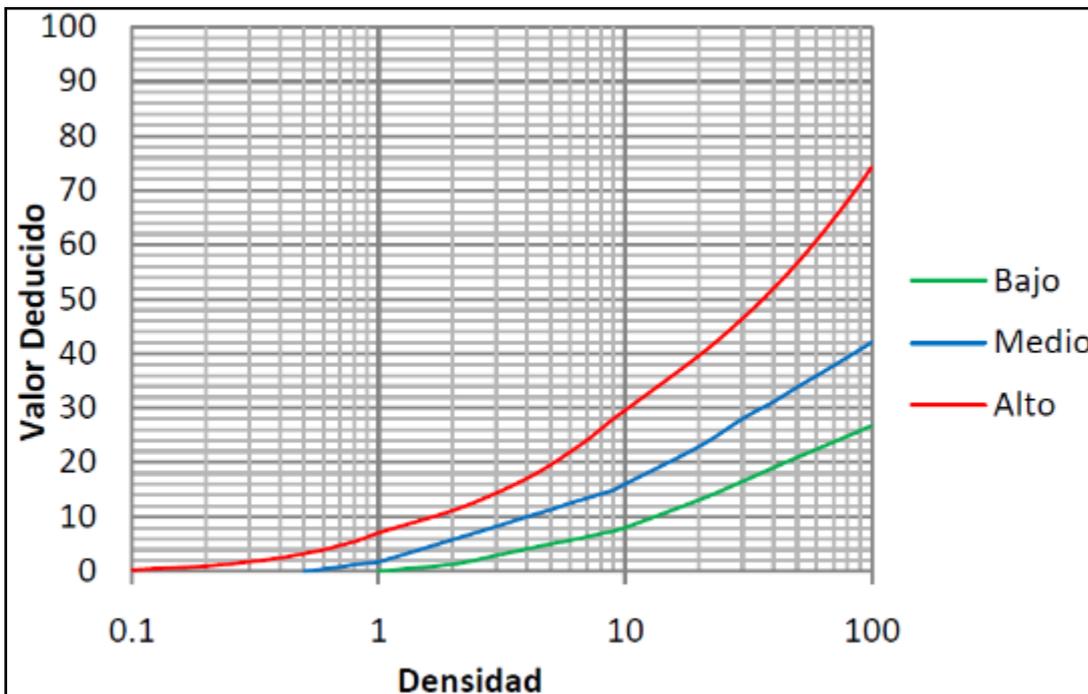
- **Piel de cocodrilo.**



- **Exudación.**



- **Agrietamiento en bloque**



- **Abultamiento y hundimientos.**

