

**MODELO MATEMÁTICO PARA EL CÁLCULO DEL PATRIMONIO VIAL  
EN VÍAS PRIMARIAS DE SANTANDER - COLOMBIA.**

**JHON EDINSON BARBA ÁVILA.  
PAULO CÉSAR JARABA NAVAS.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA  
2014**

**MODELO MATEMÁTICO PARA EL CÁLCULO DEL PATRIMONIO VIAL  
EN VÍAS PRIMARIAS DE SANTANDER - COLOMBIA.**

**JHON EDINSON BARBA ÁVILA  
PAULO CÉSAR JARABA NAVAS**

**PROYECTO DE GRADO.**

**DIRECTOR  
PhD. MILLER HUMBERTO SALAS RONDON**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA  
2014**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director.

---

Firma del jurado.

---

Firma del jurado.

Bucaramanga, Diciembre 2014

## CONTENIDO.

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
3.	OBJETIVOS.....	14
3.1.	Objetivo general.....	14
3.2.	Objetivos específicos.....	14
4.	JUSTIFICACIÓN.....	15
5.	ESTADO DEL ARTE.....	18
5.1.	Comportamiento de un pavimento: Conceptos básicos.....	19
5.2.	Valores patrimoniales.....	24
5.2.1.	Valor del patrimonio vial según la Universidad Católica del Norte (Chile).....	24
5.2.2.	Valor del patrimonio vial de la red vial nacional. (Gobierno de Chile).....	29
5.2.3.	Cálculo del patrimonio vial (Mantenimiento vial, informe sectorial - Argentina).....	31
5.2.4.	Cálculo del patrimonio vial que conforma la red vial nacional. (INVIAS 2013, Colombia).....	33
5.2.5.	Infraestructuras de transporte por carretera y gestión de activos - Australia . (Road Transport Infrastructure and Asset management – Australia).....	36
5.2.6.	Cálculo del patrimonio vial - Banco Mundial.....	39
5.2.7.	Cálculo del patrimonio vial, plan de gestión de recursos viales – Nueva Zelanda.....	42
5.3.	Resumen de variables para la definición de un modelo según el país.....	44
5.4.	Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.....	48
6.	METODOLOGÍA.....	55
6.1.	Modelo base.....	55
6.1.1.	Datos generales.....	55
6.1.2.	Cálculo de ejes equivalentes 8.2.....	56
6.1.3.	Parámetros y diseños.....	58
6.1.4.	Carta de diseño y alternativa.....	60
6.1.5.	Cálculo del patrimonio vial.....	60
6.2.	Diagrama de la metodología.....	64
6.3.	Ecuaciones matemáticas para el cálculo del patrimonio vial y su costo de reparación.....	65
7.	RESULTADOS.....	67
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
8.1.	Deterioro del patrimonio vial de Santander.....	70
9.	CONCLUSIONES.....	72

10.	SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.....	73
11.	REFERENCIAS .....	74
	ANEXO 1. Precios y cantidades de obra para carreteras tipo.....	77
	ANEXO 2. Volúmenes de transito del 2011. ....	78
	ANEXO 3. Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal TPDS.....	79
	ANEXO 4. Patrimonio vial, carreteras de Santander.....	80

## Lista de gráficas.

Gráfica 1. Curva de deterioro de un pavimento, zona óptima de rehabilitación.....	20
Gráfica 2. Curva de deterioro de un pavimento, relación deterioro vida consumida – costo de rehabilitación. ....	22
Gráfica 3. COV. ....	24
Gráfica 4. Curva general del pavimento, estado – tiempo.....	32
Gráfica 5. Curva mantenimiento preventivo del pavimento. ....	32
Gráfica 6 Depreciación del valor. ....	41
Gráfica 7. Deterioro del patrimonio. ....	70
Gráfica 8. Curva de deterioro del modelo base. ....	71

## Lista de tablas.

Tabla 1. PIB Servicios de transporte – precios constantes. ....	15
Tabla 2. Inversión pública en el sector transporte- Precios Constante ....	16
Tabla 3. Indicador de gestión / modo carretero. ....	17
Tabla 4. Resumen curva de deterioro. ....	21
Tabla 5. Resumen PCI, Condición y características para determinar la falta C del pavimento. ....	23
Tabla 6. Correlación de las zonas de mantenimiento y rehabilitación con el PCI y la escala de condiciones. ....	23
Tabla 7. Relación estado – acción de conservación. ....	28
Tabla 8. Niveles de uso. ....	37
Tabla 9. Niveles de servicios actuales. ....	37
Tabla 10. Ciclo de vida del plan de gestión. ....	38
Tabla 11. Escala. ....	42
Tabla 12. Resumen variable por país. ....	44
Tabla 13. Estado de la red nacional de vías en Santander. ....	47
Tabla 14. Daños de pavimentos flexibles. ....	48
Tabla 15. Datos generales de la vía Barichara – San Gil. ....	56
Tabla 16. Proyección TPDs. ....	57
Tabla 17. Ejes equivalentes N8.2 ....	57
Tabla 18. Factores de equivalencia. ....	58
Tabla 19. Rangos de tránsito contemplados en el método de diseño. ....	58
Tabla 20. Entornos de la resistencia. ....	59
Tabla 21. Regiones climáticas según la temperatura y precipitación. ....	59
Tabla 22. Parámetros de diseño. ....	59
Tabla 23. Alternativa de diseño 1. ....	60
Tabla 24. Alternativa de diseño 2. ....	60
Tabla 25. Alternativa de diseño 3. ....	60
Tabla 26. APU del departamento de Santander. ....	61
Tabla 27. Cálculo patrimonial ....	62
Tabla 28. Cálculo patrimonial. ....	62
Tabla 29. Patrimonio vial tramo San Gil – Barichara – Crucero Guane. ....	67
Tabla 30. Pavimento tramo San Gil – Barichara – Crucero Guane. ....	68
Tabla 31. Patrimonio vial del Departamento de Santander. ....	69
Tabla 32. Deterioro anual de las vías del departamento de Santander. ....	71

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO.**

**TITULO:** MODELO MATEMÁTICO PARA EL CÁLCULO DEL PATRIMONIO VIAL EN VÍAS PRIMARIAS DE SANTANDER - COLOMBIA.

**AUTORES:** Paulo Cesar Jaraba Navas.  
Jhon Edinson Barba Avila.

**FACULTAD:** Ingeniería Civil.

**DIRECTOR:** Miller Salas Rondón.

### **RESUMEN:**

En este proyecto se propone un modelo para calcular el patrimonio vial de las vías primarias de Santander, con el fin de saber cuánto cuesta llevar una vía en el estado actual de servicio, a óptimas condiciones. Para este cálculo se realizó un modelo base, teniendo en cuenta el clima y la precipitación de cada sector, los Análisis de Precios Unitarios para el departamento de Santander, el estado de la red vial, el tránsito promedio diario semanal, entre otros. Se presenta la metodología para la elaboración del modelo base. El modelo base permite calcular el valor patrimonial a una proyección de diez años empleando diversas variables relacionadas con la estructura de pavimento y la operación de la carretera. Con este trabajo, se abren las posibilidades de seguir investigando nuevas variables que robustezcan el modelo aquí planteado.

### **PALABRAS CLAVES:**

Patrimonio vial, modelo, precipitación, clima.

**V°B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO.**

## **GENERAL ABSTRACT OF DEGREE WORK**

**TITLE:** MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE ROAD ASSETS IN PRIMARY ROUTES OF SANTANDER - COLOMBIA

**AUTHOR (S):** Paulo Cesar Jaraba Navas.  
Jhon Edinson Barba Avila

**FACULTY:** Civil engineering

**DIRECTOR:** Miller Humberto Salas Rondón.

### **CONTENT:**

This project proposes a model to calculate the road system of primary roads of Santander, in order to know how much cost to maintain a road at the current service state, with optimum conditions. For these calculations a base model was used, that takes into account climate and precipitation of each sector, the Unitary Price Analysis for Santander department, the road network state, the weekly average daily traffic, among others. The base model allows to calculate the equity held, a ten year projection using several variables related to the pavement structure and operation of the road. This work will open the possibilities for further research of new variables that consolidate the model proposed here.

### **KEYWORDS:**

Road Assets, model, precipitation, weather.

**V°B° DIRECTOR DEGREE WORK**

## 1. INTRODUCCIÓN.

Con el pasar de los años, se ha observado el deterioro de las vías colombianas, a causa del descuido y bajo mantenimiento que se le ha realizado después de su construcción inicial, esto quiere decir, que esta inversión que hace el estado colombiano en infraestructura vial se está desmejorando debido al no mantenimiento de la misma; por lo que se hace necesario crear un sistema que conserve mejor el estado las vías; por consiguiente, su valor económico no se deteriore con el pasar del tiempo; además, este mantenimiento a tiempo genera una menor inversión que una reconstrucción vial total.

El patrimonio vial está constituido por la construcción de carreteras, que, desde tiempos atrás, han sido un factor fundamental para el desarrollo de la nación. El deterioro de este patrimonio afecta la economía, haciendo que los costos del transporte o movilización del país aumenten al incrementar los tiempos de desplazamiento y el mantenimiento de los vehículos que se ven afectados por el estado de la vía en la que transitan.

Las entidades encargadas de este mantenimiento no desarrollan un plan de gestión adecuado para las vías del país, también por falta de recursos económicos, siendo esto un problema directo, pues afecta a la nación como a los usuarios que transitan en estas vías, ya que no pueden desplazarse con comodidad, fluidez y seguridad.

Para tener una referencia de la actualidad de las vías departamentales, es necesario saber cómo se encuentra el estado del patrimonio vial actual en Santander y conocer como están las inversiones que se han hecho en gobiernos anteriores. Con ello se asignarían recursos, para obras que eviten el deterioro vial que se está presentando.

Con este trabajo se pretende realizar un modelo matemático que ayude a identificar el estado del patrimonio vial de la red primaria del departamento de Santander, teniendo como referencia el valor actual, el valor en óptimas condiciones y la diferencia de estos valores. De esta manera, se contribuye al desarrollo del país, ya que lo ideal es que este modelo pueda ser adaptado a otras regiones de Colombia, lo que fomentaría la buena gestión de las vías.

Este modelo que se plantea pretende ser el punto de inicio para el desarrollo de nuevos modelos que mejoren el presentado, pues este tiene en cuenta variables generales que son típicas de la región de Santander, pero también se omiten variables más específicas de cada tramo de vía, ya que estas variables requieren un trabajo especializado por cada una de ellas, recorriendo las vías en estudio y generando inventarios más detallados sobre el estado de obras y estructuras que hacen parte del

patrimonio vial como lo pueden ser puentes, alcantarillas, señales de tránsito, taludes, entre otras, que dependen de cada tramo de vía y no pueden generalizarse.

La elaboración de un modelo matemático detallado y más exacto, requiere el desarrollo de varias fases, las cuales deben ser realizadas de forma óptima para obtener resultados contundentes, desde la recolección de datos hasta la generación de alternativas adecuadas para los beneficios económicos, estos complementos estarían apoyados en la metodología planteada en este documento.

Este modelo propuesto analiza el estado actual de las vías primarias de Santander teniendo en cuenta la longitud del tramo de vía en análisis, temperatura promedio, región, precipitación media anual, ancho del carril, número de carriles, carriles por dirección, categoría, periodo de diseño, tránsito, distribución direccional, distribución por carril y estado actual del tramo vial; las cuales se espera que puedan ser complementadas en futuros trabajos de grado o de especialización.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el 2013, la Subdirección de Apoyo Técnico del Instituto Nacional de Vías, lanzó un concurso de méritos abierto N° CMA-PRE-SGT-SAT-050-2013 para determinar el Cálculo del Patrimonio vial que conforma la red vial nacional primaria, con el objetivo de tomar medidas encaminadas a proteger y conservar el patrimonio de la nación. Este hecho, da indicios de que el problema aún no se ha resuelto a nivel nacional ni a nivel regional.

Actualmente, en Santander, como en todo el territorio de Colombia, se presenta un fenómeno de deterioro de las redes de vías; debido a esto, el gobierno, a través de entidades públicas como el INVIAS, está haciendo una gran inversión para mejorar la calidad de las vías, pero la gestión parece no estar surtiendo un gran efecto, pues cerca de un 63% de las vías nacionales se encuentran en un estado regular e inferior.

Muchas veces, las reparaciones se hacen muy tarde; por lo tanto, se debe hacer una reconstrucción, en vez de reparación, lo que significa invertir mucho más dinero del que se tenía destinado. La consecuencia de este gasto excesivo en unas pocas vías, es que no alcance el dinero para reparar otras que también se encuentran en estado regular, por lo que se siguen deteriorando más convirtiéndose en un ciclo en el que nunca estarán las vías en un buen estado, llevando a tener una red vial en malas condiciones siempre, lo que constituye un enorme problema pues las vías en mal estado retrasan la economía de un país generando gastos de mantenimiento de vehículos, demoras en tiempos de viajes y accidentes; lo que traduce todo a pérdidas económicas.

La reparación de una vía en estado regular cuesta menos que recuperar la misma vía en estado malo; y cuesta menos aún la reparación de esa vía regular, si la misma vía está en un estado muy malo. Esta diferencia entre el estado actual y el estado muy bueno es la que se desea conocer mediante este proyecto, dando una perspectiva más amplia sobre los beneficios económicos de atender las deficiencias de una vía a tiempo en vez de esperar a que esta sea intransitable; además, es necesario saber cuál es la inversión total que se debería hacer en las reparaciones, analizando cuál es el estado actual de la red santandereana de vías primarias.

Con esta investigación se busca elaborar un modelo matemático para el cálculo del patrimonio vial en vías primarias de Santander, que permita contribuir a conservar las vías en buen estado y a un bajo costo, esto generaría un crecimiento del patrimonio y una mayor vida útil a las vías,

además, un incremento económico a las entidades gubernamentales y satisfacción a los usuarios que las transitan.

Para la creación de este modelo matemático se tuvieron en cuenta variables generales por cada tramo analizado, como lo es el clima, la precipitación, los volúmenes de tránsito presente y a futuro, además una serie de tablas para el diseño del pavimento, pues el diseño del pavimento a partir del tránsito es clave en este modelo.

El diseño de pavimento a partir del tránsito es el factor clave de este modelo ya que es la variable que más influye en el deterioro constante de las vías santandereanas, además del clima.

Con el desarrollo de este modelo matemático, se puede contribuir con un mejor manejo de los recursos económicos del país, ya que se contaría con diferentes alternativas para la optimización de costos en la reparación y recuperación de la red vial primaria de Santander.

Toda red vial es diseñada con la proyección en un tiempo de uso determinado y las entidades encargadas de estos mantenimientos deben tener conocimiento del estado en el que se encuentra cada una de estas, aquí entraría el modelo indicando el estado en el que se encuentra y el dinero con el que se debe disponer para su reparación.

El problema de éste trabajo de grado se resume en la siguiente pregunta problemática: ¿cuál es el modelo matemático que pueda calcular el patrimonio económico vial que tiene Santander en vías de la red primaria, pavimentadas en concreto asfáltico y no pavimentadas, teniendo en cuenta variables generales como: el tramo de vía, temperatura promedio, región, precipitación media anual, ancho del carril, número de carriles, longitud, carriles por dirección, categoría, periodo de diseño, tránsito, distribución direccional, distribución por carril y estado actual del tramo vial?, Pregunta que se responde en este documento con la metodología y planteamiento de un modelo que involucra las variables anteriormente citadas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general.**

Proponer un modelo matemático base que calcule cuál es el patrimonio vial que tiene Santander en vías de la red primaria, pavimentadas en concreto asfáltico, y las no pavimentadas, presupuestando el costo de su pavimentación, teniendo en cuenta variables generales que puedan replicarse a lo largo de cada tramo analizado del departamento de Santander.

#### **3.2. Objetivos específicos.**

- Contribuir con el desarrollo del país, ofreciendo nuevas herramientas a las entidades encargadas de la administración del patrimonio vial, mejorando la gestión de las vías y la utilización de recursos destinados a las vías colombianas.
- Proyectar el tráfico futuro de cada red vial del departamento de Santander.
- Plantear una metodología que pueda replicarse a futuros complementos de este mismo modelo y adaptaciones a otras regiones del país.
- Encontrar cual es el valor económico de las vías primarias de Santander en el estado muy bueno, el estado actual y el valor del detrimento que han tenido.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Según un diagnóstico del transporte, realizado por el Ministerio de Transporte con su oficina asesora de planeación, la participación del Producto Interno Bruto (PIB) del sector transporte terrestre en lo que comprende a servicios de transporte para el 2013 fue de diecisiete mil doscientos ochenta y siete (17,287) miles de millones de pesos correspondiendo 71,98% a servicios de transporte terrestre, siendo el que más aporte hace con respecto a los demás tipos de transportes.

**Tabla 1.** PIB Servicios de transporte – precios constantes.

AÑO	PIB NACIONAL	PIB SERVICIOS DE TRANSPORTE							
		TOTAL	VARIACIÓN (%)	TRANSPORTE TERRESTRE	PARTICIPACIÓN (%)	TRANSPORTE AÉREO	PARTICIPACIÓN (%)	TRANSPORTE COMPLEMENTARIO S Y AUXILIARES	PARTICIPACIÓN (%)
2002	245.323	10.534	9,50	7.907	75,06%	1.002	9,51%	1.625	15,43%
2003	272.345	11.885	12,83	8.944	75,25%	1.130	9,51%	1.811	15,24%
2004	307.762	13.358	12,39	10.094	75,57%	1.253	9,38%	2.011	15,05%
2005	340.156	14.834	11,05	11.264	75,93%	1.348	9,09%	2.222	14,98%
2006	383.898	16.670	12,38	12.402	74,40%	1.670	10,02%	2.598	15,58%
2007	431.072	19.259	15,53	14.518	75,38%	1.900	9,87%	2.841	14,75%
2008	480.087	19.497	1,24	14.451	74,12%	2.015	10,33%	3.031	15,55%
2009	504.647	20.921	7,30	15.704	75,06%	2.145	10,25%	3.072	14,68%
2010	544.924	21.214	1,40	15.974	75,30%	2.192	10,33%	3.048	14,37%
2011	619.894	21.904	3,25	16.058	73,31%	2.392	10,92%	3.454	15,77%
2012	665.441	22.925	4,66	16.824	73,39%	2.561	11,17%	3.540	15,44%
2013	707.177	24.018	4,77	17.287	71,98%	2.900	12,07%	3.831	15,95%

Miles de millones de pesos

**Fuente:** Ministerio de transporte 2013.

Según la **Tabla 1** Se observa que el transporte es un sector primordial en el desarrollo económico de Colombia, desde el año 2002 los aportes que ha realizado el sector del transporte han estado en aumento llegando a un valor en el 2013 de setecientos siete mil ciento setenta y siete (707,177) miles de millones de pesos corrientes<sup>1</sup>, evidenciando que el transporte terrestre sigue siendo el que más aporta al PIB nacional.

<sup>1</sup> Pesos corrientes: la suma de valores que los compradores intercambian por los beneficios de tener o usar un determinado bien o servicio.

**Tabla 2.** Inversión pública en el sector transporte- Precios Constante

AÑO	ÍTEM	CARRETERO	FÉRREO	FLUVIAL	AÉREO	MARÍTIMO	OTROS*	TOTAL
2007	APROPIACIÓN	2.557.212	6.696	82.262	123.139	73.743	34.900	2.877.952
	COMPROMISOS	2.486.301	4.013	81.980	113.243	71.919	32.800	2.790.256
	PAGOS	1.792.545	3.907	77.132	79.107	44.207	30.346	2.027.244
2008	APROPIACIÓN	1.901.205	47.592	65.851	196.623	36.476	83.792	2.331.539
	COMPROMISOS	1.867.236	44.160	65.748	186.454	35.847	79.314	2.278.759
	PAGOS	1.433.227	39.752	57.389	95.509	22.661	60.564	1.709.102
2009	APROPIACIÓN	2.899.684	125.408	43.182	230.958	20.685	207.381	3.527.298
	COMPROMISOS	2.865.225	21.129	41.981	222.921	20.684	184.157	3.356.097
	OBLIGACIONES	2.614.700	20.692	36.917	159.606	9.993	159.117	3.001.025
	PAGOS	2.081.420	20.597	31.875	147.649	9.813	130.196	2.421.551
2010	APROPIACIÓN	2.938.011,0	205.863	34.785	254.436	23.617	331.726	3.788.438
	COMPROMISOS	2.865.688	30.341	30.446	243.036	23.612	269.240	3.462.364
	OBLIGACIONES	2.301.537	29.131	26.410	170.483	13.724	243.825	2.785.109
	PAGOS	1.981.016	28.707	26.410	162.903	13.647	192.978	2.405.661
2011	APROPIACIÓN	4.188.515	58.232	78.800	224.378	91.425	328.526	4.969.876
	COMPROMISOS	4.072.314	35.587	71.010	217.804	22.086	296.901	4.715.702
	OBLIGACIONES	3.611.200	35.194	61.382	118.498	10.028	201.759	4.038.061
	PAGOS	3.099.720	35.061	55.258	88.431	5.661	95.959	3.380.090
2012	APROPIACIÓN	6.765.740	98.002	54.650	336.024	11.518	423.269	7.689.203
	COMPROMISOS	6.645.175	42.902	48.698	293.560	3.583	268.454	7.302.372
	OBLIGACIONES	6.073.645	41.024	38.640	241.320	1.300	181.489	6.577.419
	PAGOS	4.999.586	35.622	37.734	141.684	0	117.448	5.332.073
2013	APROPIACIÓN	7.052.265	61.372	79.671	431.617	80.000	247.845	7.952.771
	COMPROMISOS	7.030.133	61.348	79.346	406.933	75.741	217.355	7.870.856
	OBLIGACIONES	6.553.736	34.710	75.896	393.984	73.454	195.398	7.327.178
	PAGOS	5.019.815	18.680	62.636	182.947	31.289	104.977	5.420.344

Miles de millones de pesos

Fuente: Ministerio de transporte 2013

De la **Tabla 2**, es importante resaltar que los aportes que se hacen por parte del gobierno como inversión, para el mejoramiento de los sistemas de transporte del país, aumentan cada año que transcurre, siendo el transporte de carreteras el que más dinero recibe para la ejecución de obras, mantenimiento y adecuación de la infraestructura y los servicios que presta a la comunidad colombiana. Este panorama nacional es reflejable en cada uno de los departamentos que conforman la nación, siendo uno de estos el departamento de Santander.

Esta misma tabla nos muestra una vez más la importancia del sector de transporte carretero, pues siendo tal altas las inversiones que hace el gobierno, este dinero debe utilizarse de manera adecuada, para cubrir los costos de mantenimiento, reparación, rehabilitación y construcción; en los momentos que la infraestructura lo necesita.

**Tabla 3.** Indicador de gestión / modo carretero.

2010						
INDICADORES	INVIAS			INCO		
	Meta 2010	Ejecución 2010	% logrado	Meta 2010	Ejecución 2010	% logrado
Kilómetros Pavimentados	608,96	536,41	88,09	649,7	557,2	85,76
Kilómetros con mantenimiento rutinario	13.330,63	12.715,09	103,12	5.110,1	5.344,47	104,59
Kilómetros con mantenimiento periódico	385,82	400,57	103,82	306,6	540,74	176,37
Puentes intervenidos en la Red Vial	116	18	15,52	66	84	127,27
Tráfico Total Anual	37.902.565	37.991.363	100,23	152.132.140	160.884.334	105,75
Concesiones adjudicadas: operación, mantenimiento y construcción vías primarias	-	-	-	3	3	100,00

Fuente: Pagina Web SIGOB – sep. 2011.

Si bien en la anterior tabla se evidencia una buena labor que lleva a cabo el INVIAS e ANI (INCO), es un esfuerzo que debe mantenerse constante, actualizando los datos anteriores y cada día haciendo mayores esfuerzos por lograr metas aún más altas; es decir, por no conformarse con lo poco que hay; en definitiva, se debe buscar el mejoramiento constante, ayudando al crecimiento de un país en todos sus aspectos, desde económicos hasta sociales, que es una de las pretensiones de la presente investigación.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Ministerio de transporte, Oficina asesora de planeación, grupo de planificación sectorial. Diagnóstico del transporte 2011. [En línea]. Vol. 1, No 1 (2011). [Consultado 10 Abril 2014]. Disponible en <<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=5608>>

## 5. ESTADO DEL ARTE.

El patrimonio vial está constituido por el terreno, donde se localizan las obras en general, las obras básicas u obras de arte de la vía y la capa de rodadura que constituye la vía; todos estos factores deben ser vistos desde una perspectiva económica expresados con la moneda nacional. Para una correcta estimación del valor expresado, deben tenerse en cuenta que los valores asignados a cada estructura son globales, incluyendo el costo de los materiales, juntos con su mano de obra y herramientas necesarias para llevar a cabo su construcción.

El terreno hace referencia al lugar dentro del país donde se localiza la calzada vial, junto con sus sobre anchos, bermas y secciones laterales, que son esenciales para la protección de la vía y la seguridad de los actores que transitan por ella.

Las obras básicas posibilitan la construcción de la vía, como por ejemplo: los movimientos de tierra, la infraestructura de drenaje, estabilización de taludes o el despeje de las zonas laterales.

La capa de rodadura consiste en la superficie en afirmado, asfalto o concreto que permite una circulación cómoda y rápida de pasajeros y carga, por sus mismas condiciones de homogeneidad y firmeza, son el valor más descriptivo para saber el estado de la vía proporcionando una visión de donde se deben hacer los esfuerzos de adecuación y rehabilitación. Es importante tener en cuenta tres datos fundamentales para saber el cálculo del valor del patrimonio vial:

- Tener en cuenta un registro disponible que incluya las características de todas las carreteras que hacen parte del departamento, además de los tramos que lo componen, ya que estas características sirven para identificar las condiciones del terreno donde se encuentra, el tránsito que circula por ella y las características geométricas.
- Saber las condiciones en la cual se encuentra el patrimonio actualmente para apoyar las caracterizaciones, inventarios e información que proporciona el estado a través del Instituto Nacional De Vías. Además, se debe tener en cuenta lo antes mencionado sobre las capas de rodadura y su importancia a la hora de establecer las adecuaciones primordiales.

- Tener los valores actuales en el mercado de reconstrucción, mantenimiento, y adecuación de las carreteras existentes en la red departamental.

### **5.1. Comportamiento de un pavimento: Conceptos básicos.**

Existen conceptos básicos que se deben tener en cuenta en el momento de analizar el comportamiento de un pavimento, tener presente que su estructura sufrirá con el tiempo, daño y deterioro aun cuando sea adecuadamente diseñado y construido con todas las especificaciones y normas de calidad. Los pavimentos viales tienen una vida definida; aun con estructura en ingeniería diseñada para que falle en un periodo de tiempo específico.

El deterioro del pavimento se da en función de varios parámetros, estos son:

- La estructura (resistencia) del pavimento, incluyendo la subrasante.
- El volumen de tráfico y el tipo de cargas.
- Políticas de mantenimiento.

A nivel general la falla de un pavimento puede ser clasificada como estructural o funcional. La falla estructural está asociada con la capacidad de carga del pavimento y normalmente se refiere a la fatiga de la estructura, La falla funcional está definida como la incapacidad del pavimento para proveer una superficie que permita un rodaje confortable, seguro y económico de los vehículos.

El deterioro o la falla de un pavimento está dividido en: Asociados o no asociados con cargas, siendo los primeros, inducidos por el tráfico en la estructura del pavimento.

Las fallas no asociadas con cargas se refieren a las producidas por el medio ambiente y condiciones atmosféricas, calidad de construcción y/o materiales, y problemas especiales como: temperatura y humedad, características de los suelos y materiales y diseños inadecuados de ingeniería.

Los tipos de falla de un pavimento, según varios autores son:

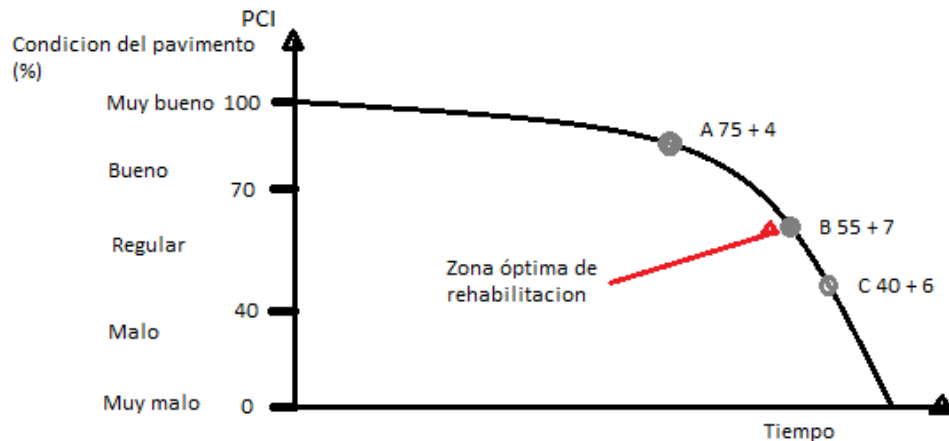
- Agrietamiento por cargas (fatiga).
- Deformación por cargas (ahuellamiento).
- Agrietamiento por contracción (termo-fractura).
- Deformaciones y grietas no producidas por cargas.

Desintegración.

Ocasionados por factores no intrínsecos de la estructura.

En la **Gráfica 1**, se muestra una curva de deterioro del pavimento en función del tiempo (o repeticiones de cargas). La gráfica ilustra los tres puntos más importantes de dicho curva.

**Gráfica 1.** Curva de deterioro de un pavimento, zona óptima de rehabilitación.



Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles disponible en <[http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)>.

**El punto A<sup>3</sup>**, el pavimento comienza a mostrar síntomas menores de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento rutinario menor (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor). Las acciones menores correctivas son importantes para controlar el deterioro.

**El punto b<sup>4</sup>**, vemos que el deterioro comienza a aumentar rápidamente, puede requerirse de algún tipo de acción mayor, este punto se encuentra dentro de una zona denominada “óptima de rehabilitación”, en donde inversiones relativamente pequeñas producen grandes beneficios. La estructura de pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente, el pavimento aún conserva buena parte de su resistencia original, y una adecuada acción de rehabilitación mejorara considerablemente su condición y estructura.

<sup>3</sup> Ing. Augusto Jugo B. Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles 2005 [PDF en Línea o Descarga], N° 1 (2005). [Consultado 11 Septiembre 2014]. Disponible en <[http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)>

<sup>4</sup> Ibid: Pag 22.

**En punto c<sup>5</sup>**, la condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, se requieren, costosos trabajos de mantenimiento mayor rehabilitación o reconstrucción.

La ubicación de los puntos en la gráfica se puede resumir de la siguiente forma:

**Tabla 4.** Resumen curva de deterioro.

<b>Punto.</b>	<b>PCI</b>	<b>Características.</b>
A	70±4	El pavimento empieza a necesitar mantenimiento menor.
B	55±7	Se inicia el incremento del deterioro, Zona optima de rehabilitación.
C	40±6	Inicio de zona de falla, se requieren acciones de mantenimiento mayor.

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles disponible en <[http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)>

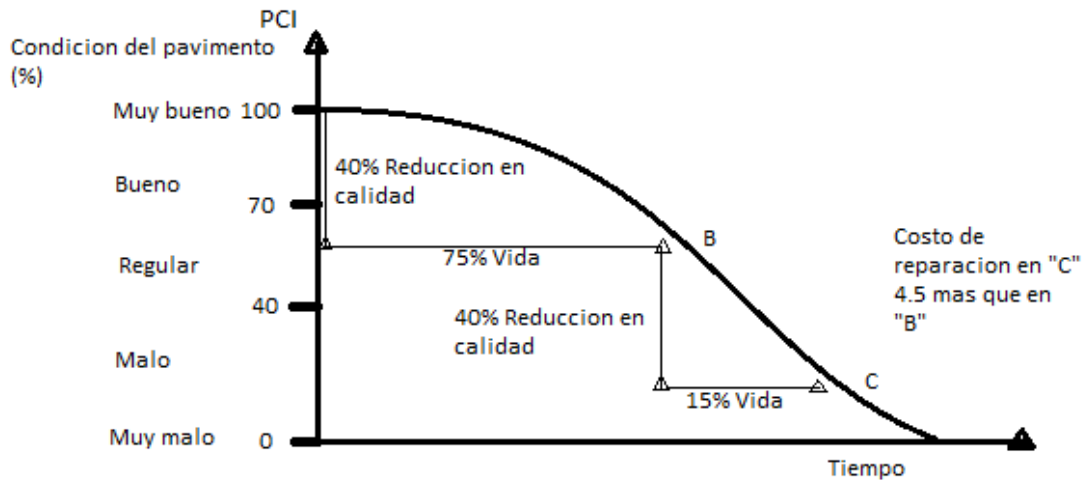
PCI = índice de condición de pavimento (0-100).

La fase comprendida entre la puesta en servicio de un pavimento nuevo y el punto “B” representa aproximadamente una reducción de 40% de su calidad (de excelente a regular), consumiendo un 75% de la vida del pavimento en términos de repeticiones de cargas (periodos de diseño). Desde este punto, en un 15% del tiempo (referido al periodo de diseño), se produce una reducción adicional del 40% en calidad de regular a mala, debido a que en esta fase el deterioro se hace de manera más rápida, lo que se produce por la acción del tráfico sobre una estructura menos resistente y envejecida, así como lo muestra la **Grafica 2**.

---

<sup>5</sup> Ibid: Pag 22.

**Gráfica 2.** Curva de deterioro de un pavimento, relación deterioro vida consumida – costo de rehabilitación.



Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles disponible en [http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf).

El punto óptimo de rehabilitación (B), denominada zona optima de rehabilitación, es función del tipo de vía y de la relación tráfico – estructura.

Las curvas de deterioro mostradas en la **Gráfica 1** y **Gráfica 2** muestran un rápido incremento del deterioro entre los puntos B y C, la calidad de rodaje cae de un nivel aceptable (B) a un corto periodo de tiempo, comprado con la vida total del pavimento. La rehabilitación (a condición de pavimento nuevo) costará de 3 a 5 veces más si se ejecuta cuando su condición cae por debajo de c, que si se hace entre B y C.

Esto quiere decir que en un corto periodo de tiempo induce un significativo incremento de costo. El incremento en la tasa de deterioro, se explica por el efecto del tráfico y los agentes atmosféricos sobre un pavimento envejecido y debilitado. La superficie desarrolla grietas que permiten la infiltración de agua, reduciendo la capacidad de soporte de la sub-rasante y bases granulares, disminuyendo la resistencia de la estructura, por lo que el trafico genera deflexiones mayores que aceleran el daño, permitiendo más infiltración de agua. Este proceso explica la importancia de ejecutar acciones de mantenimiento correctivo tan pronto como comiencen a aparecer fallas.

El punto de falla C fue determinado por el método PCI (Pavement Condition Index) para clasificar su condición. El método consiste en cuantificar la condición del, en pavimento entre 0 y 100, según se indica en la **Tabla 5.**, en base a la cual se adoptó la siguiente clasificación:

**Tabla 5.** Resumen PCI, Condición y características para determinar la falla C del pavimento.

PCI	Condición	Características
>70	Buena	El pavimento no requiere acción especial, solo mantenimiento menor.
40-70	Regular	Condición intermedia, Acciones recomendables/diferibles.
<40	Mala	El pavimento requiere mejoras.

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles disponible en <[http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)>.

**Tabla 6.** Correlación de las zonas de mantenimiento y rehabilitación con el PCI y la escala de condiciones.

Zona de mantenimiento y rehabilitación	PCI	Escala	Escala INVIAS.
Menor	100	Excelente	Muy bueno
	85	Muy bien	
Menor (Rutinario) Mayor (Efectivo)	70	Bueno	Bueno
	55	Regular	Regular
Mayor (Correctivo)	40	Pobre	Malo
Mayor (Correctivo) Reconstrucción	25	Muy pobre	Muy malo
	10	Malo	

Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles disponible en <[http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)>.

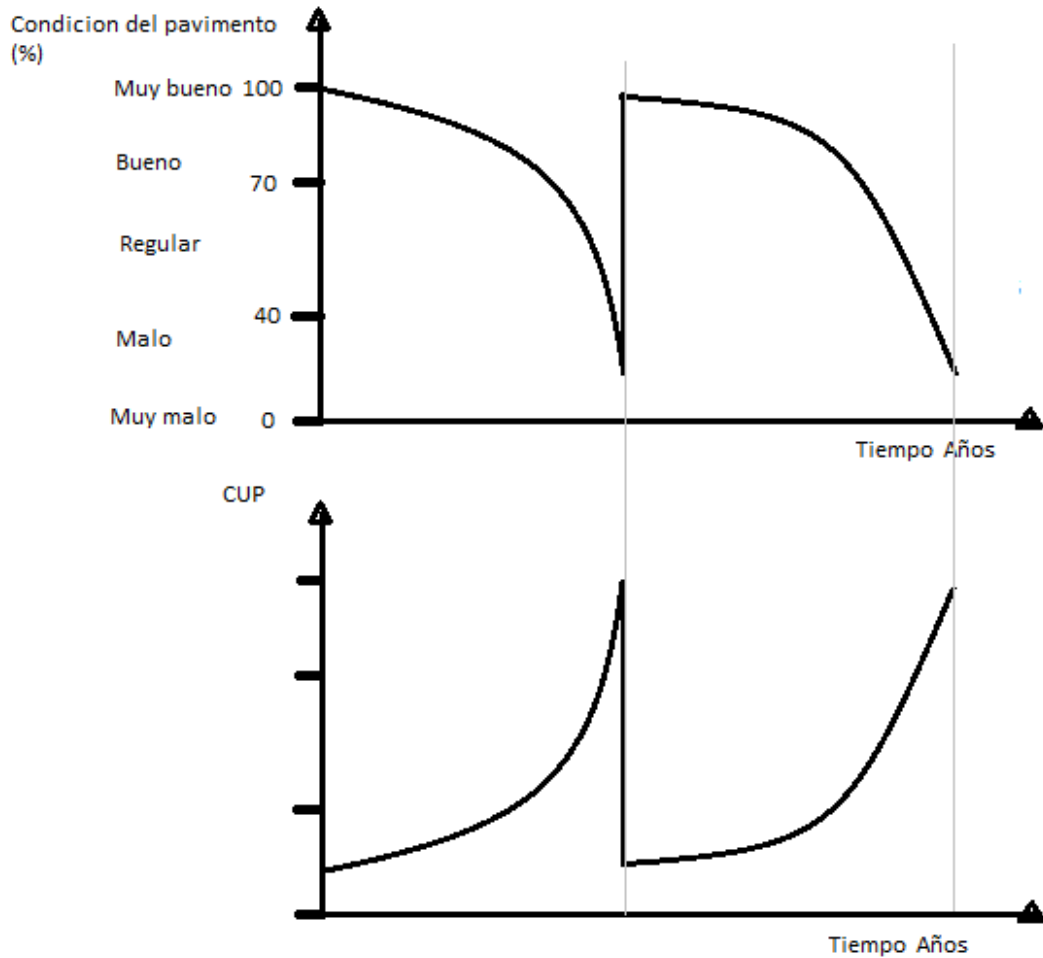
Otro aspecto importante para tener en cuenta con respecto al deterioro del pavimento, es el costo usuario y el costo de operaciones de los vehículos (COV) expresado en Km.

El COV<sup>6</sup> está asociado con la calidad de rodaje de un pavimento. Mientras la Calidad de rodaje es buena, la velocidad de operación es alta y el COV es reducido y cercano a un mínimo.

En la primera etapa de la vida del pavimento no hay aumento del COV, su incremento se presenta cuando el pavimento comienza a deteriorarse, llegando hasta un máximo. Las acciones de mantenimiento y rehabilitación reducen el COV al mejorar la condición de rodaje de la vía. Este concepto es mostrado en la siguiente **Gráfica 3**.

<sup>6</sup> COV: Costo de operaciones de los vehículos.

**Gráfica 3. COV.**



Fuente: Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles disponible en [http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)

Es fundamental indicar que el costo de operación total en una vía es función directa de su volumen de tráfico (PDT), por lo tanto, en el momento de realizar acciones de mantenimiento y rehabilitación del pavimento debe ser cuidadosamente evaluado.

## **5.2. Valores patrimoniales.**

### **5.2.1. Valor del patrimonio vial según la Universidad Católica del Norte (Chile).**

En cuanto a la relación con el patrimonio vial es necesario tener con claridad cuatro indicadores básicos:

Valor actual del patrimonio vial que consiste en la suma del valor individual de cada tramo de carretera en el estado actual, incluyendo la desvalorización que implica un estado inferior al inicial.

Valor máximo aceptable corresponde al valor que tendría la red si todos los tramos de carreteras estarían en buen estado o recién construidos.

Valor mínimo aceptable es el valor que tendría la red si todo el tramo de carretera estaría en un estado mínimo aceptable desde un punto de vista económico.

Porcentaje de la red que se halla en peor estado que el mínimo aceptable corresponde a las carreteras que ya están deterioradas, siendo así, que sea necesario repavimentar, rehabilitar o reconstruir.

#### **5.2.1.1 Relación estado – valor de una carretera.**

El estado de la red pavimentada y no pavimentada está clasificado en tres condiciones: malo, bueno y regular, según sea clasificada la carretera va a servir para el tránsito.

Una carretera bueno está en condiciones aptas para servir al usuario que transita con su vehículo.

Una carretera regular tiene una aptitud menor para servir al usuario, puesto que las insuficiencias presentan dificultad en su uso, haciéndolo más costoso.

Una carretera mala tiene condiciones muy bajas para servir al usuario. Su deterioro es notable que los vehículos transiten con dificultad, a un costo muy elevado.

#### **5.2.1.2 Valor de una carretera.**

El valor patrimonial de una carretera nuevo se calcula con la siguiente suma:

- Costo de obra básica
- Costo del pavimento (calzada y bermas), incluyendo sus diferentes capas.
- Por obras básicas se entienden por la construcción de capas de rodadura, corte y terraplenes, obras de drenaje, etc.

El cálculo de una carretera que no es nueva se realizara como si esta fuera nueva (valor máximo teórico), menos el costo necesario para poner la carretera en buen estado. El valor restado es el costo para eliminar cualquier deficiencia en la carretera.

### 5.2.1.3 Método de cálculo.

- *Clasificación de las carreteras en diversas categorías*, existen diversas carreteras que pueden clasificarse en categorías que tengan características homogéneas, se tiene en cuenta como características homogéneas en cuanto a:
  - ✓ Zona climática.
  - ✓ Clase.
  - ✓ Orografía.
  - ✓ Tipo de calzada.
  - ✓ Tipo de carpeta de rodadura.
  - ✓ Estado de la carretera.
  
- *Estudio de los costos de construcción para cada tipo de carretera*, el valor patrimonial de una carretera varía según su categoría, y a partir de esta se evalúan los costos de construcción para así poder hallar el valor máximo teórico. Por otra parte los costos de construcciones tiene fuertes variaciones y a su vez la tasa de interés, se debe tener en cuenta las tasas de inflación que hace que los precios varíen según el tiempo de construcción.
  
- *Estudios de los costos de las diferentes obras destinadas a convertir una carretera con diferencias en una sin defectos*, evaluar y formular el costo de una carretera con deficiencias a una sin defectos realizando ajustes de costos a largo plazo. Por lo tanto, el valor actual de cualquier tramo será igual al valor máximo teórico, meno el valor de las obras requeridas para llevarlo a estado bueno.
  
- *Preparación del programa*, realizar el cálculo del patrimonio vial mediante herramientas computaciones o métodos manuales.
  
- *Compilación de resultados*, los datos mínimos que se pueden compilar son los siguientes:
  - ✓ Valor actual del patrimonio vial.
  - ✓ Comparación del valor actual con el máximo teórico, mínimo aceptable y punto medio.
  - ✓ Longitud de la red en peor estado que el mínimo aceptable.

- ✓ Comparación del patrimonio y demás indicadores con los de los años anteriores.
- *Evaluación de las variaciones anuales*, el valor del patrimonio vial debe ser recalculado y actualizado cada año, las variaciones de los valores se pueden dar por tres razones:
  - ✓ Cambios en el estado de la carretera.
  - ✓ Cambios en la composición de la red según el tipo de carreteras.
  - ✓ Cambios en la extensión de la red.

#### **5.2.1.4 Definición de los tipos de carreteras existentes en el país.**

- *Criterios de tramificación de la red.*

Inicialmente hay que tener un inventario vial, en donde se encuentren datos necesarios para definir los tipos de carreteras existentes y de cómo se componen, su longitud, las características físicas que definen el tipo de carretera de que se trata y el volumen de tránsito.

La información mínima para clasificar y definir los tipos de carreteras son las siguientes:

- Zona climática.

La zona climática de la carretera es un factor determinante por esto han definido 4 zonas, norte, centro, sur, austral.

- Clase.

La red vial está compuesta por 5 clases:

- Clase A: carreteras nacionales.
- Clase B: carreteras regionales primarias.
- Clase C: carreteras regionales secundarias.
- Clase D: carreteras comunales primarias.
- Clase E: carreteras comunales secundarias.

- Orografía.

La orografía se distingue según la zona en que se encuentren, siendo estas:

Zona llana (L) cuando predomina terraplenes de altura inferior a 2m.

Zona ondulada (O) cuando alternan cortes y terraplenes de altura entre 2m y 5m.

Zona montañosa (M) cuando alternan corte y terraplenes de altura superior a 5m.

- Tipo de calzada.

El tipo de calzada simplemente hace referencia a el número de carriles que tenga, siendo una calzada sencilla con sentidos contrarios o una doble calzada dividida por un separador en donde cada calzada tendrá el número de carriles que sean necesarios.

- Tipo de carpeta.

El tipo de carpeta depende si la red vial es pavimentada y no pavimentada, si es pavimentada puede estar compuesta por asfalto(A), hormigón (H), Tratamiento superficial (D). Mientras que si la red vial no está pavimentada puede estar compuesta por ripio (r), Tierra (T).

El estado de las carreteras de la red pavimentada y no pavimentada se determina mediante inspección visual, que consiste en examinar las áreas distribuidas a lo largo de la carretera. Para una red vial pavimentada y no pavimentada el estado de la carretera se clasifica en tres: bueno, regular y malo.

En la **Tabla 7** se observa cómo se clasifica el tipo de carpeta que lleva la red vial, el estado en que esta se puede encontrar y la solución o el requisito que hay que hacer para para conservar el estado de la red vial, dando una solución dependiendo del estado en que se encuentre la carretera.

**Tabla 7.** Relación estado – acción de conservación.

Tipo de carpeta.	Estado.	Acción de conservación.
Asfalto.	Bueno.	Mantenimiento rutinario y/o sello.
	Regular.	Sobre-carpeta.
	Malo.	Reconstrucción.
Hormigón.	Bueno.	Mantenimiento rutinario.
	Regular.	Reposición de losas, sello de juntas y grietas.
	Malo.	Reconstrucción.
	Bueno.	Mantenimiento rutinario.

DTA.	Regular.	Tratamiento superficial.
	Malo.	Reconstrucción.
Ripio.	Bueno.	Mantenimiento rutinario.
	Regular.	Recebo.
	Malo.	Reconstrucción.
Tierra.	Bueno.	Mantenimiento rutinario.
	Regular.	Rehabilitación drenaje y limpieza de faja.
	Malo.	Construcción o reconstrucción obras básicas.

Fuente: Calculo Del Patrimonio Vial Para Caminos De La Segunda Región Desde El Punto De Vista De La Conservación Y Su Importancia Económico-Social. Disponible en <[http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos\\_pdf/23EduardoMoralespatrimoniiovial2.pdf](http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/23EduardoMoralespatrimoniiovial2.pdf)>

### 5.2.2. Valor del patrimonio vial de la red vial nacional. (Gobierno de Chile).

Datos para el cálculo del valor del patrimonio vial.

Para el cálculo del patrimonio vial es necesario tener en cuenta estos tres tipos de datos:

- El primer tipo de dato está conformado por un inventario sobre la red vial que incluya la lista de todas las carreteras existentes y los tramos que lo compongan, su longitud y características físicas que definan el tipo de carretera. Otro dato importante es el volumen de tránsito que presente, la clase de carretera que es, tipo de terreno, número de pistas, tipo de carpeta de rodadura y longitud del tramo.
- El segundo tipo corresponde saber el estado actual de la carretera, es decir, tener un inventario completo con toda la información de esta, pavimentación, señalización, sistemas de drenaje, capas de rodadura.
- El tercer tipo es tener la información de los costos de construcción de una carretera nueva, el costo de trabajos de mantenimiento rutinario, Sobrecarpeta, repavimentación y reconstrucción de los diferentes tipos de carreteras existentes en la red.

### 5.2.2.1 Componentes de una carretera.

La carretera se puede dividir en cuatro componentes: Cada uno de estos elementos cumplen funciones distintas.

- **Terreno.**

El terreno es el espacio físico que constituye la carretera, el terreno se adquiere de forma legal, este puede ser del estado y si no se compra a propietarios privados, siendo que el terreno hace parte del patrimonio general del país, pero no del patrimonio vial.

- **Obras básicas.**

Las obras básicas es la construcción de las capas de rodaduras, cortes y terraplenes, obras de drenaje, etc. Teniendo en cuenta en el momento de construir, las normas técnicas, que exigen, entre otras características, pendientes suaves, curvas amplias y buena visibilidad para asegurar que el pasajero viaje cómodo, seguro y económico, etc. Es probable que el terreno presente grandes rocas, quebradas, pendientes fuertes, masas, corrientes de agua, en estos casos es posible realizar cortes de cerros, rellenar depresiones y quebradas y construir obras de drenaje. Estas obras básicas están expuestas al viento, a la lluvia, soportar peso y la vibración de vehículos grandes. Para evitar el deterioro es necesario realizar trabajos de conservación rutinaria y periódica, especialmente en el sistema de drenaje, para así mantener la carretera en condiciones estable.

- **Capas de rodadura.**

La capa de rodadura permite que la superficie de la carretera sea segura y plana, de modo que los vehículos se desplacen de forma segura y cómoda. La capa de rodadura de un pavimento puede ser de hormigón, asfalto o de tratamiento superficial, o bien puede ser de grava o solo de tierra. Las capas de rodaduras restantes pueden ser de diferente material y espesor, y sirven para dar apoyo, firmeza y durabilidad a la superficie visible. La capa de rodadura es la parte más costosa de la carretera y es la que más rápido se deteriora si no se conserva adecuadamente, el deterioro de la capa de rodadura depende de la cantidad y el peso de los vehículos que la usan.

- **Estructuras mayores (puentes, túneles, muros, etc.).**

Las grandes estructuras incluyen puentes, túneles, viaductos, etc. Los puentes y los viaductos se desgastan con el uso y necesita ser reemplazado después de un cierto número de vehículos haya hecho su uso. La evaluación precisa de estas estructuras necesita de un cálculo aparte y más detallado, ya que, el valor patrimonial radica en la gran diversidad del tipo de estructuras y fundaciones, así como también su mecanismo de desvalorización.

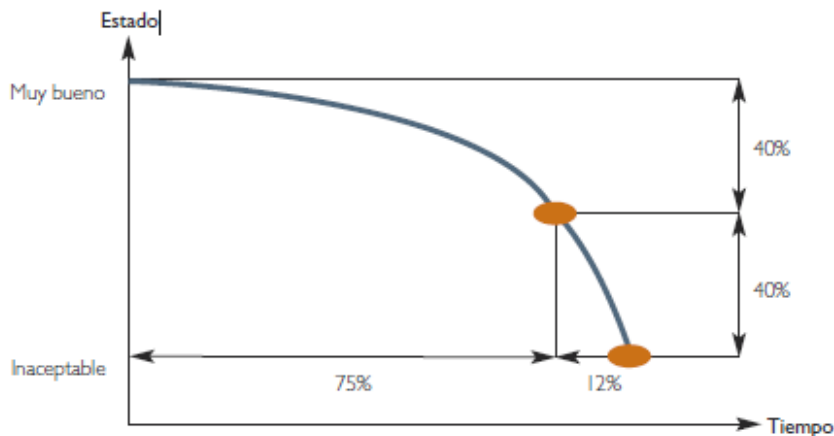
### **5.2.3. Cálculo del patrimonio vial (Mantenimiento vial, informe sectorial - Argentina).**

#### **5.2.3.1 Generalidades sobre el mantenimiento vial.**

El comportamiento de los pavimentos, se indica mediante una curva como se muestra en la gráfica, siendo que, una vez diseñado y construido el pavimento para una vida útil estipulada, este al pasar del tiempo, en términos de la calidad del servicio que brinda al usuario el estado o condición del pavimento disminuye conforme el mismo es solicitado por las cargas que lo transitan y el clima, por lo tanto, el servicio se va deteriorando con el tiempo, desmejorando su estado y condición. En el grafico a mostrar se han definido dos niveles de servicio: una condición "muy buena" y una condición final "inaceptable", que depende fundamentalmente dela exigencia de los usuarios.

El deterioro de una carretera y su calificación en una cierta escala desde el punto de vista de su estado o condición, permite generalizar en forma estimada el estado de la carretera a lo largo de su vida útil o período de servicio. Una carretera diseñada, construida y mantenida adecuadamente, el pavimento se deteriora desde su puesta en servicio y hasta alcanzar el nivel de inaceptabilidad, lento al principio y mucho más rápido al final, acelerándose significativamente su deterioro de manera progresiva a partir de un determinado momento. La **Gráfica 4** muestra claramente como el pavimento se va deteriorando con el paso del tiempo, llegando a dos puntos, el A y el B, donde el punto A muestra un deterioro del 40% en un tiempo del 75%, mientras que vemos que el otro 40% de nivel de servicio se alcanza en un 12%, queriendo decir que el proceso de deterioro para llegar al punto B es más rápido en un tiempo más corto.

**Gráfica 4.** Curva general del pavimento, estado – tiempo.

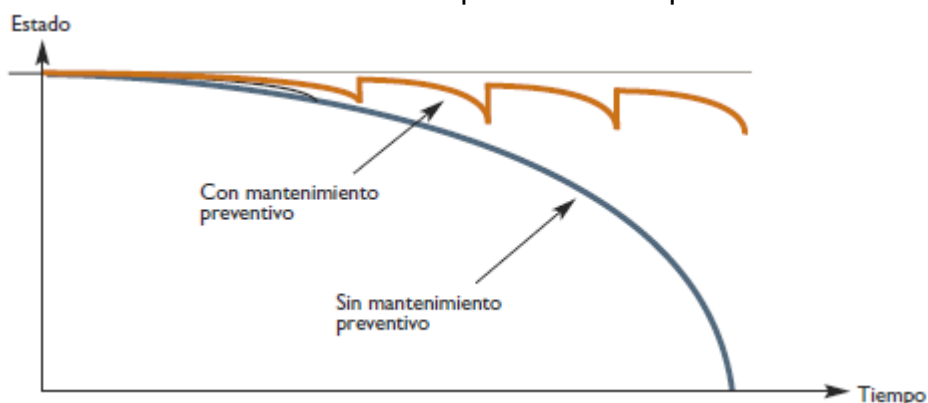


Fuente: Mantenimiento vial informe sectorial. Disponible en <  
[http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS\\_Mantenimiento\\_vial.pdf](http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS_Mantenimiento_vial.pdf) >

La estrategia de mantenimiento y rehabilitación seleccionada tiene consecuencias directas en el nivel de servicio que la carretera brindara al usuario durante su vida útil, tal y como lo muestra la siguiente gráfica.

Por lo tanto, si la estrategia adoptada no resulta adecuada y el estado de la vía empeora, no solo los costos del mantenimiento (bacheo, sellado, etc.) se incrementaran, y el costo de rehabilitación posterior será también mayor, sino que también se incrementaran los costos del usuario (costos de operación, costos asociados al tiempo de viaje).

**Gráfica 5.** Curva mantenimiento preventivo del pavimento.



Fuente: Mantenimiento vial informe sectorial. Disponible en <  
[http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS\\_Mantenimiento\\_vial.pdf](http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS_Mantenimiento_vial.pdf) >

En la **Gráfica 5** se observa que realizando un mantenimiento vial sobre el estado de la vía me permitirá tener el pavimento en óptimas condiciones de servicio, además, si se espera para realizar el mantenimiento al pavimento en el momento en que se sea inaceptable va a ser más costoso que realizarlos periódicamente.

Para tomar la mejor decisión en cuanto al mantenimiento vial, es importante obtener información oportuna, con relación al mantenimiento y rehabilitación de la vía. En efecto, para este análisis es necesario conocer al menos:

Volumen, clasificación y cargas de los vehículos.

Datos climáticos.

Características volumétricas y mecánicas.

Materiales que la componen.

Espesor de la capa de rodadura.

Estado actual de la vía.

Costos unitarios.

Costos de operación de los vehículos.

Costos de mantenimiento y rehabilitación.

} Infraestructura física.

#### **5.2.4. Cálculo del patrimonio vial que conforma la red vial nacional. (INVIAS 2013, Colombia).**

Es importante resaltar que este documento es una actualización del primer estudio que se realizó en el año 1996<sup>7</sup>, el manual anterior aún está vigente en la actualidad pero su función ya expiró debido al aumento de las vías nacionales desde esa época y el aumento de la cantidad de vehículos que transitan por estas, es decir, el cálculo del patrimonio vial que se realizó en el año 1996 fue la base para la construcción de este manual creado en el año 2013, este manual es un estudio de consultoría en el cual sigue en un periodo de investigación y revisión.

Según lo mencionado anteriormente, la metodología para el cálculo del patrimonio vial se realiza de la siguiente manera.

Es importante tener diversas fuentes de información sobre el estado de la vía, siendo estos algunos datos:

- Informes de estado de la red vial nacional con criterio técnico por parte de las administraciones viales de cada territorial.
- Informes de los análisis de precios unitarios desarrollados para cada ítem propuesto que se encuentre relacionado con la construcción y mantenimiento de las vías de manera que este ajustado a características propias de cada dirección territorial.

---

<sup>7</sup> Gaviria Correa, Guillermo; Fernández Ordoñez, Hernán Otoniel; López Aragón, Blanca Miryam; Solano Fajardo, Efraín De Jesús; Triana, Hugo; Gómez Jiménez, J. Orlando. Patrimonio Vial Red de Carreteras Nacionales, No 1 (1997). [Consultado 04 Abril 2014]. Disponible en <[http://zietlow.com/gtz/Patr\\_vial.pdf](http://zietlow.com/gtz/Patr_vial.pdf)>

- Informes del inventario de la red vial nacional siguiendo la siguiente tipificación: Tipo de superficie, tipo de terreno y número de carriles.
- Informes trimestrales por parte de las administraciones viales de cada territorial con los cuales se realiza una verificación de la información de los inventarios.
- Cantidades obra para la ejecución de vías nuevas y obras de mantenimiento o rehabilitación de las mismas, extrapolando la información de proyectos que se hayan desarrollado y se tomen como punto de referencia para el ajuste de estas cantidades y se establezcan valores estándar para cada uno de los ítems que se involucra en cada actividad.

### **Clasificación de las vías.**

Clasificar las vías de acuerdo a estos parámetros:

- *Tipo de superficie:*
  - ✓ Afirmado.
  - ✓ Pavimento flexible.
  - ✓ Pavimento rígido.
  - ✓ Adoquín.
- *Tipo de terreno:*
  - ✓ Plano.
  - ✓ Ondulado.
  - ✓ Montañoso.
  - ✓ Escarpado.
- *Número de carriles:*
  - ✓ Dos carriles.
  - ✓ Tres carriles.
  - ✓ Cuatro carriles.

#### **5.2.4.1 Determinación de los costos.**

- **Costos de construcción de vía nueva.**

Lo primero que se debe realizar es la estimación de costos de construcción para realizar una calzada nueva en su totalidad, para ello, se tendrán que definir las cantidades de obra, y después se

analizaran los APUs (análisis de precios unitarios), con el fin de obtener el costo de 1Km de vía.

- **Costos de reparación de daños.**

Se realizara el cálculo de los costos de reparación de los daños encontrados en la vía, puesto que basados en este cálculo se establecen los valores que requiere la vía para estar en un nivel de servicio óptimo.

- **Costos de mantenimiento.**

Se tienen en cuenta los costos asociados a las actividades de mantenimiento, recuperación, rehabilitación para llevar la vía no solo a un estado óptimo sino a en estado nuevo. Por ejemplo; si al realizar un trabajo de bacheo, y si este bacheo supera el 20% del área de la vía, se debe realiza un fresado con reemplazo de carpeta y si se supera el 40% de este, se debe rehabilitar toda la calzada.

- **Costos de obras mayores.**

Tener en cuenta los costos asociados a los puentes y obras especiales, esto, requiere de un caculo aparte.

#### **5.2.4.2 Cálculo del costo de la vía nueva.**

Para el cálculo de una vía nueva se tienen en cuenta los parámetros que influyen en el patrimonio vial, es decir, el tipo de terreno, el tipo de superficie y el número de carriles. Por lo tanto se establecieron cantidades de obra para construir 1 Km de carretera nueva, para ello se hizo un análisis de cantidades de obra de proyectos realizados en los distintos tipos de terreno y que utilizaran los distintos tipos de superficie, se establecieron secciones transversales típicas para corte y terraplén, también se establecieron estructuras promedio para el pavimento utilizado y se definieron cantidades aproximadas de drenajes, señalización y muros de contención por Km, después esas cantidades de obra son multiplicadas por el APU de cada territorio para así saber el costo de una vía nueva en cada departamento.

#### **5.2.4.3 Cálculo del costo de reparación de daños.**

Los daños que se presentan en una calzada están clasificados como baches, fisuras, deformaciones, desprendimientos y daños en las bermas con valores cuantitativos de áreas en metros cuadrados [m<sup>2</sup>]. Los daños

de señalización horizontal, señalización vertical, cunetas y alcantarillas son reportadas con valores cualitativos, clasificados de 0 a 5.

De acuerdo a lo anterior se plantearon dos metodologías: la primera corresponde a daños cuantitativos y la segunda corresponde a los daños cualitativos.

- *Análisis de daños cuantitativos.*

Para éstos daños se calcularon las cantidades de materiales y trabajos para la reparación por unidad de daño, haciendo un promedio de las cantidades utilizadas en diferentes proyectos del país para la ejecución de estas reparaciones. Luego de esto se procede a utilizar el APU de la territorial a la que corresponde el tramo de vía.

- *Análisis de los daños cualitativos.*

Para éstos daños se realizó una conversión de los valores cualitativos a valores cuantitativos que permitieran calcular los costos de reparación de estos daños, esto se hizo mediante una formula sencilla la cual convierte el valor de calificación a un porcentaje y luego este porcentaje se multiplica por un promedio de la cantidad de obras que tendría una vía en 1 Km si estuviera nueva y en calificación 5. Luego se calcularon las cantidades de materiales y trabajos para la reparación de estos daños, haciendo un promedio de las cantidades utilizadas en diferentes proyectos del país para la ejecución de estas reparaciones.

$$\%Daños = \left( 1 - \left( \frac{Calif}{Calif Max} \right) * 100 \right) \quad (1)$$

% Daños: Porcentaje de daños

Calif: calificación

Calif Max: calificación máxima

### **5.2.5. Infraestructuras de transporte por carretera y gestión de activos - Australia . (Road transport infrastructure and asset management – Australia).**

En esta fuente de información el objetivo del cálculo del patrimonio vial es hacer que las carreteras cumplan con los niveles de servicios óptimos para la comunidad, siendo de manera rentable para los consumidores actuales y futuros.

### 5.2.5.1 Niveles de uso.

Estos niveles de servicio se analiza en términos de seguridad, calidad, cantidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, coste / eficiencia y el cumplimiento normativo.

**Tabla 8.** Niveles de uso.

<b>Criterios de servicio</b>	<b>Medidas técnicas</b>
Calidad	La suavidad de las carreteras
Cantidad	Áreas de parques por habitante
disponibilidad	Distancia de una vivienda a una carretera cerrada.
Seguridad	Número de accidentes con víctimas

**Fuente:** Road transport Infrastructure and Asset Management. Disponible en < [http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads\\_Asset\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads_Asset_Management_Plan.pdf) >

**Tabla 9.** Niveles de servicios actuales.

<b>Rendimiento</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Rendimiento de proceso de medida</b>
<b>Calidad</b>	Proporcionar un buen paseo.	Realizar una encuesta de satisfacción a los clientes anuales que usen la red vial.
<b>Función</b>	Cumple el usuario requisitos para accesibilidad	Servicio al cliente. Solicitudes relativas a la accesibilidad
<b>Seguridad</b>	Reducir los riesgos. Aumentar la seguridad.	Servicio al cliente. Solicitudes de carretera, obras, atribuible a la seguridad vial.
<b>Condición</b>	Proporcionar un buen Paseo. Mantener el sello óptimo de mantenimiento.	El estado del pavimento debe tener una edad más allá de su vida útil. El porcentaje de mezcla caliente debe tener una edad más allá de su vida útil.
<b>Costo eficacia</b>	Proactivo mantenimiento.	Porcentaje de mantenimientos y reparaciones.

**Fuente:** Road transport Infrastructure and Asset Management. Disponible en < [http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads\\_Asset\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads_Asset_Management_Plan.pdf) >

### 5.2.5.2 Ciclo de vida del plan de gestión.

En la siguiente tabla se muestra el plan de infraestructura de lo que se tiene en cuenta en el momento del cálculo del patrimonio vial, lo más relevante y costoso en el momento de realizar el cálculo del patrimonio vial.

### 5.2.5.3 Gestión de activos.

La información y los requisitos que se tienen en cuenta en el momento de buscar información sobre la red vial. Los datos del registro de activos sobre el tamaño, la edad, el valor, la vida restante de la red

- Las tarifas unitarias para las categorías de trabajo / materiales.
- Los niveles de servicio adoptados.
- Las proyecciones de los diversos factores que afectan a la demanda futura de servicios.
- Las correlaciones entre el mantenimiento y la renovación, incluidos los modelos de desintegración.
- Los datos sobre nuevos activos adquiridos por el consejo.

**Tabla 10.** Ciclo de vida del plan de gestión.

<b>Carreteras y aparcamientos pavimentos.</b>	El pavimento es el componente estructural de la calzada que se comprende de la base y capas de base. Las capas de pavimento son construidos a partir de gravas naturales, obras de piedra triturada, asfalto o de hormigón y están diseñados para distribuir adecuadamente a la superficie las cargas de los vehículos.
<b>Carreteras y aparcamientos superficies.</b>	La superficie es la interfaz entre el vehículo y la carretera pavimentada. El propósito de este grupo de activos es proporcionar una caja de seguridad, que se ajuste a los cambios climáticos, resistente al desgaste superficial que hay entre el vehículos y la calzada. La capa superficial inhibe la infiltración de agua en el pavimento conservando así la integridad estructural del pavimento.
<b>Bordillos y cunetas.</b>	Bordillos y canaletas proporcionan un borde definido principalmente para el tráfico y para la conducción de las aguas pluviales a sistemas de tuberías subterráneas.
<b>Puentes de carretera</b>	Puentes de carretera son las secciones de una carretera que tiene pilares.

**Fuente:** Road transport Infrastructure and Asset Management. Disponible en < [http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads\\_Asset\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads_Asset_Management_Plan.pdf)

La información clave fluye de esta infraestructura y un plan de gestión de activos son:

- El Programa de Obras y tendencias asumido
- El presupuesto resultante, evaluación y amortización proyecciones

- El análisis de la vida útil.

#### **5.2.6. Cálculo del patrimonio vial - Banco Mundial.**

Según el banco mundial la planificación de la gestión de activos o patrimonio es una labor primordial en cualquier país y economía, y se enfoca en colocar un valor monetario a toda la infraestructura que se desea analizar. El objetivo primordial de esta planificación es mantener o mejorar el valor del patrimonio actual y evitar la depreciación de los mismos, este enfoque implica una intervención multidisciplinaria que incluye la gestión financiera, económica, de ingeniería y otras prácticas dependiendo del activo que se analice, todo lo anterior busca generar y coordinar la operación, mantenimiento, renovación, eliminación y creación de nuevos recursos, todo bajo un monitoreo constante del patrimonio asegurando los niveles de servicio deseados a un costo óptimo de operación. Es esencial hacer una planificación a largo plazo de la gestión de los recursos analizados para entender la influencia de las estrategias que se tomen a corto plazo, pues la planificación debe ser integral para no distorsionar las acciones que se deben implementar en dicha gestión, una consecuencia de una mala coordinación, es que se deba reconstruir nuevamente la vía para obtener un nivel de servicio aceptable, a causa de que no se rehabilitó parcialmente la carretera en el momento adecuado.

Se debe cambiar la planificación a corto plazo actualmente implementada por algunas autoridades, por una planificación a largo plazo, puesto contribuye al mejoramiento de la capacidad de prestación de servicios por ejemplo según una auditoría general en Nueva Zelanda se señaló que los siguientes beneficios de la buena planificación patrimonial para las naciones que adopten estas medidas:

- Mejora de la comprensión de las opciones y los requisitos de nivel de servicio.
- Ciclo de vida mínimo (a largo plazo) se identifican los costos de un nivel de servicio acordado.
- Mejor comprensión y predicción de las opciones y los gastos de gestión relacionados con el patrimonio.
- Manejo del riesgo de insuficiencia de activos.
- Mejora de la toma de decisiones sobre la base de los costos y beneficios de las alternativas.
- Mejora de la rendición de cuentas sobre el uso de los recursos públicos.
- Mejora de la imagen de satisfacción del cliente y la organización.

## **Valoración de activos según el Banco Mundial.**

Hoy en día cualquier patrimonio nacional es expresado en términos monetarios pues más fácil implementar medidas, hacer comparaciones y valorar su estado basándose en términos económicos, en un concepto básico cualquier activo patrimonial se puede estimar en términos monetarios con alta precisión y teniendo en cuenta el valor en determinado tiempo, de la misma manera que el balance de una empresa. También se debe tener en cuenta que la falta de mantenimiento tiene como consecuencia el deterioro del patrimonio a causa de su uso cotidiano y de factores externos lo que implica una disminución del valor económico de este activo y por el contrario el correcto mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción implica el aumento del valor monetario del patrimonio.

Para una correcta valoración del patrimonio de carreteras es importante seguir dos enfoques según el Banco Mundial, la primera se trata de la optimizar el costo de reposición depreciado y la segunda el enfoque de renovaciones de contabilidad.

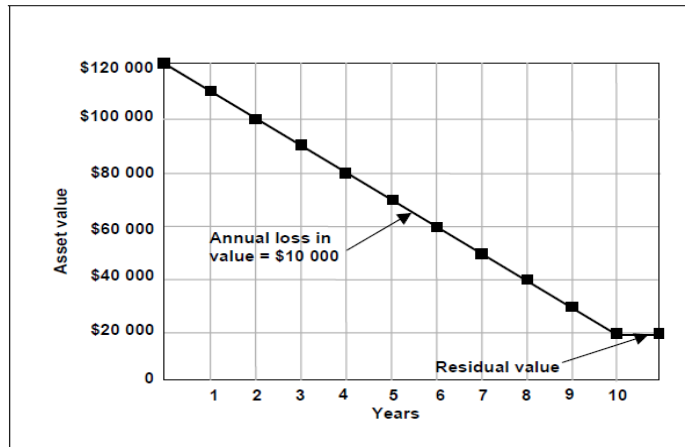
### **5.2.6.1 Depreciación del valor.**

Contabilidad depreciación se basa en la suposición de que la depreciación de la red es igual a la suma de la depreciación de todos los componentes activos que componen la red. El método implica típicamente los siguientes pasos:

- Identificar los componentes que conforman el activo de infraestructura.
- Calcule el costo de reposición depreciado (CRD) de cada componente; es el costo de reposición de un activo existente, es decir la determinación del valor monetario del componente en el estado actual.
- Calcular la vida económica restante (VER) de cada componente; VER es el tiempo restante hasta que un activo deja de proporcionar el nivel de servicio o utilidad.
- Determinar la pérdida de potencial de servicio por la acumulación de la CRD de cada componente en su VER, típicamente usando depreciación lineal para dar la misma depreciación cada año.

Si siguiendo estos pasos se puede obtener la siguiente gráfica:

**Gráfica 6** Depreciación del valor.



**Fuente:** Road transport Infrastructure and Asset Management. Disponible en < <http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads Asset Management Plan.pdf> >

Con una variación lineal anual se establece una relación entre el tiempo y la disminución del valor del objeto analizado como se observa en la **Gráfica 6**, que este modelo puede aplicarse a un objeto en particular que este en análisis o bien a toda la red en general después de hacer una estimación activo por activo.

#### 5.2.6.2 Enfoque basado en la valoración.

El primero se basa en que el patrimonio actual se puede sustituir por un equivalente moderno, esto permite una reducción en el costo de los efectos de obsolescencia, sobre diseño o la necesidad de re-diseño o re-configuración.

Una correcta valoración del patrimonio vial requiere que los elementos estén debidamente identificados y registrados teniendo en cuenta varios componentes, como por ejemplo: se debe tener un desglose en unidades manejables para fines de mantenimiento, es decir las unidades manejables podrían ser las unidades en las que en debido caso se van a restituir; también se debe tener en cuenta cual es el capital anual proyectado para suplir las necesidades futuras cumpliendo las normas vigentes. Se debe tener claridad de información acerca de la naturaleza de cada componente de la vía los materiales, el costo de remplazo y la edad de vida restante, usando una base de datos de debe tener un inventario de los activos que hacen parte del patrimonio actualizándolo periódicamente.

Según el estado del activo se debe hacer una valoración dándole una nomenclatura que haga referencia al estado actual del activo el banco mundial recomienda la siguiente escala:

**Tabla 11. Escala.**

Condición		Funciona tipos necesarios
Numero	Descripción	
1	Excelente	Mantenimiento cíclico.
2	Bueno	El mantenimiento reactivo.
3	Regular	Obras preventivas o de rejuvenecimiento.
4	Pobre	superposición estructural
5	Muy pobre	la reconstrucción del pavimento

**Fuente:** Road transport Infrastructure and Asset Management. Disponible en < [http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads\\_Asset\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads_Asset_Management_Plan.pdf) >

El banco mundial propone unos niveles de gestión para las carreteras y el patrimonio vial existente, estos niveles contemplan la planificación, programación (o planificación táctica), preparación y operaciones; sin embargo para el caso de esta investigación el interés se centra en el primer nivel.

### **5.2.6.3 Planificación.**

Este nivel implica un análisis de la red de carreteras, esto exige un inventario detallado del estado de la red vial identificando estimaciones a corto y largo plazo para el desarrollo de carreteras, todo bajo términos monetarios que permitan la caracterización del estado teniendo en cuenta diferentes variables como lo son la clase de carretera o la jerarquía, el flujo de tráfico o capacidad, tipo de pavimento y condición física. Esto genera el primer paso y la base principal para el desarrollo de todo el plan de gestión de carreteras, los resultados de este nivel también son de interés para los administradores de las redes viales así como los responsables políticos y profesionales.

### **5.2.7. Cálculo del patrimonio vial, plan de gestión de recursos viales – Nueva Zelanda.**

El plan de gestión de Nueva Zelanda tiene en cuenta las siguientes complejidades para su manejo:

La consistencia de la construcción, se trata de variabilidad de la construcción kilometro a kilometro pues cada vez que se repone un tramo o un sector de carretera este se hace con un pequeño avance tecnológico

que permita ir satisfaciendo las necesidades de las nuevas maquinarias que transitan por la vía.

Los materiales de Construcción, es importante conocer el tipo de materiales de la cual está compuesta la vía en cuestión pues determinadas características de los materiales determinan la eficiencia y el correcto funcionamiento de la vía además que un empalme entre los materiales el diseño y la función que debe desempeñar la vía asegura una buena vida útil del activo.

La variabilidad de la sub-rasante, determinar las características de la sub-rasante sobre la cual se construirá la carretera es un factor determinante en la vida útil del mismo por lo que se debe hacer mucho énfasis en conocer su verdadera capacidad portante y las condiciones de humedad.

Los factores ambientales, es un factor crítico en la gestión de carreteras pues el clima puede aportar de manera significativa al deterioro de la estructura de pavimento además de otras características como obras de drenaje puentes y taludes.

La carga de tráfico, se debe tener certeza del flujo de tráfico que transita por el corredor vial, pues este es determinante a la hora de establecer la importancia de la carretera además del valor en términos económicos que esta representa como activo de un país.

Todas las características mencionadas anteriormente son de vital importancia a la hora de determinar los factores que pueden influenciar en el deterioro de una carretera, por lo tanto en Nueva Zelanda son tenidas en cuenta para la gestión de los recursos o activos en carreteras, estos factores determinantes se analizan en los siguientes puntos estructurales claves:

#### **Tipo de pavimento:**

- La determinación de los niveles de intervención óptima y normas mínimas de condición.
- Aplicación de los modelos de predicción.
- Determinar el impacto del cambio de las normas de diseño.
- Proporcionar un drenaje adecuado para minimizar la falla prematura del pavimento.
- Información histórica limitada acerca de la estructura del pavimento y la vida residual.
- La determinación de ciclos de rehabilitación óptimos.

### **Puentes:**

- La introducción de una metodología de evaluación del estado, lo que permite tener una predicción por medio de un modelo.
- La implementación de un sistema mejorado de información de gestión de puentes.
- Priorizar el mantenimiento del puente funcional.

### **Estructuras menores:**

- Desarrollo de la gestión del riesgo más exhaustiva y evaluación del estado procesos.
- La revisión de la asignación de las responsabilidades de gestión.

### **Activos de corredor:**

- Optimización de las estrategias de intervención.
- La revisión de las necesidades de información para gestionar eficazmente los activos de corredor.
- El desarrollo de materiales mejorados y nuevos productos.

### **Drenaje:**

- Mejorar el nivel general de drenaje superficial y alcantarillas.
- Mejorar el conocimiento sobre el alcance, condiciones y el rendimiento de los activos de drenaje.
- La introducción de un enfoque basado en el riesgo para la gestión del ciclo de vida de los activos de drenaje.

### **5.3. Resumen de variables para la definición de un modelo según el país.**

**Tabla 12.** Resumen variable por país.

<b>Países – Entidad Investigativa.</b>	<b>VARIABLES.</b>	<b>EJEMPLOS.</b>
<b>Universidad Católica Del Norte – Chile.</b>	Zona Climática.	Templado, cálido, húmedo, frío.
	Clase.	Vía rápida, autopista, vías alternas, vías secundarias, vías primarias.
	Orografía.	Relieves, alturas.
	Tipo De Calzada.	Dos carriles, tres carriles, cuatro carriles.
	Tipo De Carpetas De Rodadura.	Asfáltico, hidráulica.

Continuación **Tabla 12.** Resumen variables por país

	Estado De la Carretera	Bueno, Malo, Regular.
<b>Valor del patrimonio vial de la red vial nacional. (Gobierno de Chile).</b>	Trafico.	Volumen de transito que presente.
	Carpeta De Rodadura.	Capa de sello, resina, arena.
	Clases De Carreteras.	Vía rápida, autopista, alternas, secundarias, vías primarias.
	Tipo De Terreno.	Ondulado, montañoso, plano.
	Numero De Pistas.	Dos carriles, tres carriles, cuatro carriles.
	Longitud	Metros, kilometro.
	Pavimentación.	Estructura y estado del pavimento.
	Señalización.	Pintura, iluminación, señales de tránsito.
	Sistemas De Drenaje.	Cunetas, alcantarillas.
<b>Mantenimiento vial, informe sectorial - Argentina.</b>	Trafico.	Volumen, clasificación y cargas de los vehículos.
	Datos Climáticos.	Templado, caliente, tropical, húmedo.
	Características Volumétricas Y Mecánicas.	El suelo es arenoso, arcilloso, limoso.
	Pavimento Y Capas De Rodadura.	Estructuras de pavimento, capa de sellado, resina, arena.
	Espesor De La Capa De Rodadura.	Cm.
<b>Cálculo del patrimonio vial que conforma la red vial nacional. - INVIAS 2013, Colombia.</b>	Análisis De Precios Unitarios.	APUs Departamentales.
	Condición De La Vía.	No baches, no huecos, no hundimientos.
	Tipo De Superficie.	Afirmado pavimento flexible, pavimento rígido, adoquín.
	Tipo De Terreno.	Plano, ondulado, montañoso, escarpado
	Número De Carriles.	Dos carriles, tres carriles, cuatro carriles.
<b>Road Transport Infrastructure and Asset Management – Australia.</b>	Calidad.	Excelente estado de la vía.
	Función.	Requisitos de accesibilidad.
	Seguridad.	Bajos niveles de accidentalidad.

Continuación **Tabla 12.** Resumen variables por país

	Condición.	No baches, no huecos, no hundimientos.
	Pavimentos.	Estructura y estado del pavimento.
	Drenaje	Cunetas, bordillos, alcantarillas
	Puentes.	Estructuras de puentes.
<b>Cálculo del patrimonio vial - Nueva Zelanda</b>	Tipo De Pavimento.	Asfalto, hormigón.
	Puentes.	Puentes.
	Estructuras Menores.	Bordillos. Separadores.
	Activos De Corredor.	Materiales relacionados con la obra.
	Drenaje	Cunetas, alcantarillas.
<b>Cálculo del patrimonio vial - Banco Mundial</b>	Características Topográficas.	Localización, geometría, accesorios alrededores.
	Trafico.	Volumen, congestionamientos, accidentes.
	Pavimento.	Estructura y estado del pavimento.
	Estructuras.	Inventario de estructuras y condición.
	Finanzas.	Costos, presupuesto, ingresos
	Actividades.	Proyectos, Intervenciones, Compromisos.
	Recursos.	Personal, material equipos.

Fuente: Elaboración propia

Luego de la recolección de información, se obtuvo la **Tabla 12**, en la cual se ofrece un resumen de todas las variables que se usaron en las diferentes metodologías investigadas, se seleccionaron las variables más relevantes para el desarrollo del modelo base planteada en este proyecto.

Las variables seleccionadas son:

- longitud del tramo de vía en análisis.
- Temperatura promedio.
- Región.
- Precipitación media anual.
- Ancho del carril.
- Número de carriles.

- Carriles por dirección.
- Categoría.
- Periodo de diseño.
- Trafico.
- Distribución direccional (fd).
- Distribución por carril (fca).
- Estado actual del tramo vial.

En la **Tabla 13**. Se muestra el estado de la red de vías nacionales específicamente en el departamento de Santander, Santander consta con 980,49Km de vías primarias a cargo del INVIAS, de esta totalidad 759,21Km (77,43%) y 221,28Km (22,57%) se encuentran pavimentadas y en afirmado respectivamente.

**Tabla 13.** Estado de la red nacional de vías en Santander.

Estado de la red nacional de vías en Santander	Estado de la red		Santander (Km)	Santander
	Estado de la red nacional de vías en Santander	Red pavimentada.	Muy bueno	30.61
Bueno			405.82	53%
Regular			182.01	24%
Malo			138.76	18%
Muy malo			2.02	0%
Red afirmada.		Muy bueno	0	0%
		Bueno	21.85	10%
		Regular	8.75	4%
		Malo	52.19	24%
		Muy malo	138.48	63%
Total pavimentado.			759.22	77%
total afirmado			221.27	23%
Total Santander			980.49	100%

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos suministrados por el INVIAS.

La red pavimentada se muestra en la **Tabla 13**, un gran porcentaje se encuentra en un estado regular, malo y muy malo; estos tres calificativos corresponden a un 42,52% de la red pavimentada nacional en Santander, la red nacional en afirmado en Santander tiene un porcentaje correspondiente a las mismas tres categorías de 90,13%.

Se puede sacar una pequeña conclusión respecto a lo anteriormente mencionado; la red nacional de carreteras en el departamento de Santander se encuentra en un estado bajo de calidad, cerca del 50% de la red esta con o por debajo del calificativo de regular. Reflejo del estado de esta misma red en todo el país.

Las reparaciones que se hacen a un tramo de vía o toda una red dependen del estado en el que se encuentre la vía, justo antes de la adecuación; por consiguiente, una vía en un estado muy malo va a tener que reconstruirse, lo que significa que esta obra tendría un costo más elevado que una vía en un estado regular o malo.

#### 5.4. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.

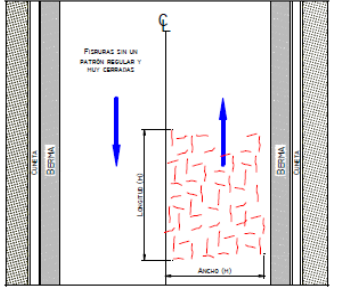
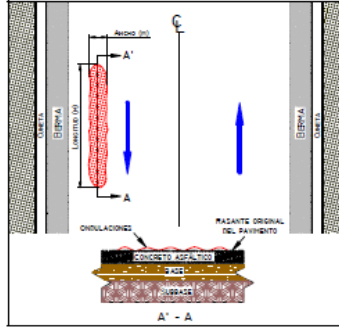
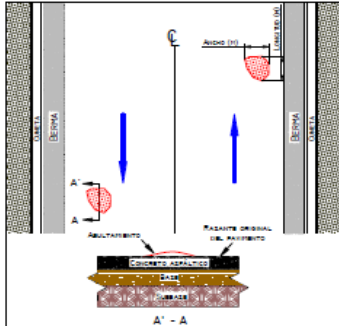
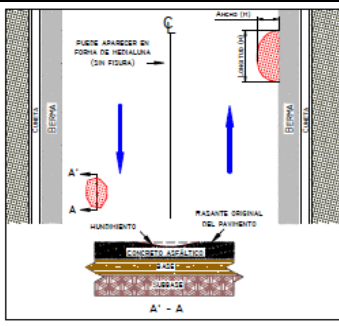
**Tabla 14.** Daños de pavimentos flexibles.

<b>TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>			
Los daños que presenta una estructura de pavimento flexible están clasificados en: Fisuras, Deformación, Pérdida de capas de rodadura, Daños superficiales, Otros daños.			
<b>Fisuras</b>			
Nombre:	Descripción:	Severidad:	Imagen:
<b>Fisuras longitudinales y transversales</b>	Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él.	Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.	
<b>Fisuras en juntas de construcción</b>	Corresponde a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación.	Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.	
<b>Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto</b>	Es causada por movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígidos o los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad.	Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.	

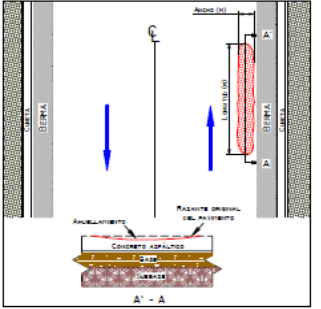
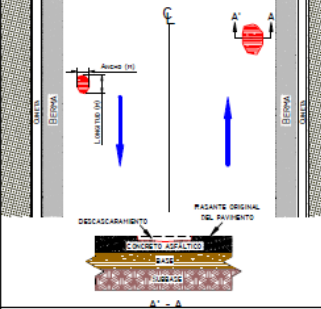
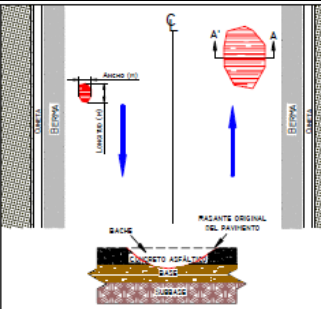
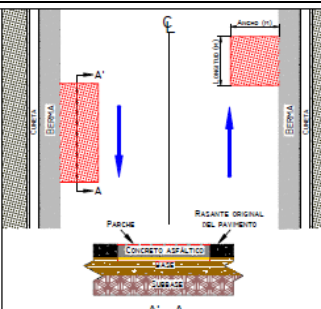
Continuación **Tabla 14.** Daños de pavimento flexible.

<p><b>Fisura medialuna en</b></p>	<p>Son fisuras parabólicas asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos.</p>	<p>Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.</p>	
<p><b>Fisura de borde</b></p>	<p>Son fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada.</p>	<p>Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.</p>	
<p><b>Fisuras bloque en</b></p>	<p>Este daño se presenta cuando la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma maso menos rectangular.</p>	<p>Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.</p>	
<p><b>Piel cocodrilo de</b></p>	<p>son fisuras generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga, la fisuración empieza en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas</p>	<p>Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.</p>	
<p><b>Fisuración por deslizamiento de capas</b></p>	<p>Son fisuras en forma de semicírculos o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la</p>	<p>Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a</p>	

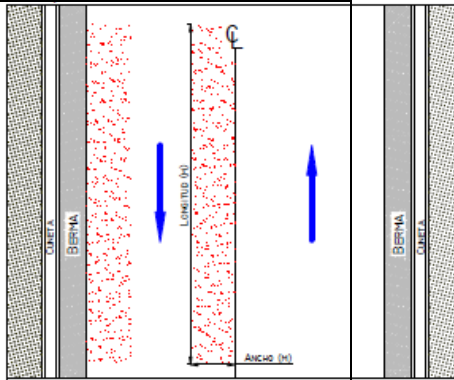
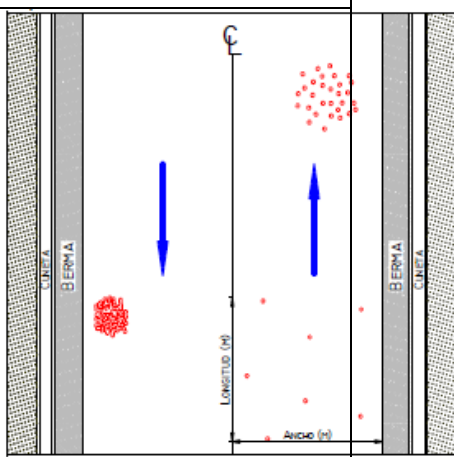

Continuación **Tabla 14.** Daños de pavimento flexible.

	fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento.	3mm.	
<b>Fisuración incipiente</b>	Corresponde a fisuras contiguas y cerradas, generalmente no se interceptan.	Severidad: Baja: fisura menor que 1mm. Media: entre 1mm y 3mm. Alta: mayor a 3mm.	
<b>Deformaciones</b>			
<b>Ondulación</b>	Es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito.	Severidad: Baja: Profundidad menor que 10mm. Media: entre 10mm y 20mm. Alta: mayor a 20mm.	
<b>Abultamiento</b>	Este deterioro se asigna a los "abombamientos" o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento.	Severidad: Baja: Profundidad menor que 10mm. Media: entre 10mm y 20mm. Alta: mayor a 20mm.	
<b>Hundimiento</b>	Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.	Severidad: Baja: Profundidad menor que 20mm. Media: entre 20mm y 40mm. Alta: mayor a 40mm.	




Continuación **Tabla 14.** Daños de pavimento flexible.

<p><b>Ahuellamiento</b></p>	<p>El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos, Se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.</p>	<p>Severidad: Baja: Profundidad menor que 10mm. Media: entre 10mm y 25mm. Alta: mayor a 25mm.</p>	
<b>Perdida de las capas de la estructura</b>			
<p><b>Descascaramiento</b></p>	<p>Este deterioro corresponde al desprendimiento de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.</p>	<p>Severidad: Baja: Profundidad menor que 10mm. Media: entre 10mm y 25mm. Alta: mayor a 25mm.</p>	
<p><b>Baches</b></p>	<p>Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares, lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito.</p>	<p>Severidad: Baja: Profundidad menor que 25mm. Media: entre 25mm y 50mm. Alta: mayor a 50mm.</p>	
<p><b>Parche</b></p>	<p>Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente</p>	<p>Severidad: Baja: Parche en buenas condiciones. Media: con deterioro entre bajo y medio Alta: perdida de funcionalidad.</p>	
<b>Daños superficiales</b>			





Continuación **Tabla 14.** Daños de pavimento flexible.

<p><b>Desgaste superficial</b></p>	<p>Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por la acción del tránsito, agentes abrasivos o erosión, se presenta como pérdida de ligante y mortero.</p>	<p>Severidad:                  Baja: ligeramente áspera o rugosa.                  Media: profundidad de irregularidades entre 3 y 10mm.                  Alta: desintegración y desprendimiento de material</p>	
<p><b>Perdida de agregado</b></p>	<p>Corresponde a la desintegración superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados.</p>	<p>Severidad:                  Baja: Los agregados comienzan a desprenderse y se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15m                  Media: mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05m y 0.15m                  Alta: desprendimiento extensivo, huecos con separaciones entre ellos menor a 5mm.</p>	
<p><b>Pulimiento de agregados</b></p>	<p>Se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a</p>		

Continuación **Tabla 14.** Daños de pavimento flexible

	afectar la resistencia al deslizamiento.		
<b>Cabezas duras</b>	corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto		
<b>Exudación</b>	Este tipo de daño se presenta con un aforamiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento, generalmente brillante, resbaladiza y pegajosa.	<p>Severidad:</p> <p>Baja: presencia de líneas de exudación separadas.</p> <p>Media: presencia que cubre los agregados parcialmente</p> <p>Alta: presencia excesiva de asfalto que cubre la mayoría de agregados</p>	
<b>Surcos</b>	Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica.		
<b>Otros daños.</b>			

Continuación **Tabla 14.** Daños de pavimento flexible

Corriente vertical de la berma	corresponde a una diferencia de elevación entre la calzada y la berma	Severidad: Baja: deslazamiento menor que 6mm. Media: entre 6mm y 25mm. Alta: mayor a 25mm.	
<b>Separación de la berma</b>	Este daño indica el incremento en las separaciones de la junta existente entre la calzada y la berma.	Severidad: Baja: Abertura menor que 3mm. Media: entre 3mm y 10mm. Alta: mayor a 10mm.	
<b>Afloramiento de fino</b>	Corresponde a la salida de agua infiltrada junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito.		
<b>Afloramiento de agua</b>	Presencia de líquido en la superficie del pavimento cuando no hay lluvia, a causa de ausencia o inadecuado sistema de sub-drenaje, filtración de aguas.		

Fuente: Elaboración propia en base a INVIAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles Disponible en< <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq>>

## **6. METODOLOGIA.**

Este capítulo describe el modelo base del cálculo del patrimonio vial, los factores que se tuvieron en cuenta para cada una de las vías primarias de Santander, además, se detalla cada uno de los procesos que se emplearon en las diferentes etapas de construcción del modelo.

Los datos de los estados de la red vial en Santander fueron extraídos de un proceso de investigación realizado por los Administradores Viales a cargo del INVIAS, mientras que las variables relacionadas con el diseño del pavimento fueron tomadas del libro Ingeniería de pavimentos<sup>8</sup>.

### **6.1. Modelo base.**

Este modelo consta de variables básicas para empezar a calcular el patrimonio vial, teniendo en cuenta factores como el clima, precipitación, volúmenes de tránsito y una serie de tablas para el diseño del pavimento, siendo estos, los factores más importantes y claves de nuestro modelo, es decir, la base de este, está en el diseño del pavimento, línea de demarcación con pintura longitudinal y cunetas.

Se describe un paso a paso a través de un ejemplo del cálculo patrimonial de la vía nacional Barichara – San Gil.

#### **6.1.1. Datos generales.**

Se hizo una investigación de las variables a tener en cuenta para la realización del modelo. Estas se organizaron como datos generales para establecer un orden y tener un punto de partida de los datos más relevantes del tramo vial.

Las variables que se usan en este modelo base son: Tramo de la vía, TMAP, región, precipitación media anual, ancho del carril, número de carriles, longitud, carriles por dirección, categoría, periodo de diseño, TPDS, distribución direccional (Fd), Distribución por carril (Fca) y el estado actual del tramo vial.

---

<sup>8</sup> MONTEJO FONSECA, Alfonso. Cap. 5 Diseño de pavimentos flexibles y semirrígidos para carreteras. En: Montejo Fonseca, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Santa Fe de Bogotá: Universidad católica de Colombia ediciones y publicaciones, 1998. Página161.

**Tabla 15.** Datos generales de la vía Barichara – San Gil.

Tramo vía	Barichara - San Gil.	
Temperatura media anual ponderada del aire (TMAP)	22.7	°C
Región	Cálido seco y cálido semihumedo.	
Precipitación media anual	1337	mm
Ancho carril	3.5	
número de carriles	2	
Longitud	27.33	Km
carriles por dirección	1	
Categoría	I	
Periodo de diseño	10	Años
TPDS - 2024	21.253.150	Vehículos
Autos	18.139.699	Vehículos
Buses	2.304.590	Vehículos
Camiones	808.861	Vehículos
C-2p Camiones	515.135	Vehículos
C-2G Camiones	276.885	Vehículos
C- 3 -4 Camiones	16.841	Vehículos
C-5 Camiones	0	Vehículos
> c-5 Camiones	0	Vehículos
Distribución direccional Fd	0.5	
Distribución por carril Fca	1	
Estado muy bueno	0	Km
Estado bueno	7.43	Km
Estado regular	9	Km
Estado malo	10.9	Km
Estado muy malo	0	Km

Fuente: Elaboración propia.

**6.1.2. Cálculo de ejes equivalentes 8.2.**

Teniendo en cuenta los antecedentes del TPDs suministrados por el INVIAS, se proyecta el TPDs del año dos mil quince (2015) hasta el año dos mil veinte-cuatro (2024), siendo un período de diseño a 10 años, una vez que se tiene proyectado el número de vehículos, la sumatoria de este se multiplica por trescientos sesenta y cinco (365), generándose el tránsito promedio diario anual (TPDA) de todos los vehículos que circularan en esa vía durante el período de tiempo mencionado, como se muestra en la **Tabla 14**.

**Tabla 16.** Proyección TPDs.

<b>Años</b>	<b>TPDS</b>
2015	4.917
2016	5.114
2017	5.318
2018	5.531
2019	5.752
2020	5.983
2021	6.222
2022	6.471
2023	6.730
2024	6.999
<b>Sumatoria</b>	<b>59.037</b>
<b>Acumulado</b>	<b>21.253.150</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez encontrado el TPDA, es decir, el tráfico acumulado anual, este se multiplica por el porcentaje de autos, buses, camiones, proyectado al año dos mil veinticuatro (2024), obteniendo como resultado el número de vehículos que pasan en ese año, como se detalla en la **Tabla 16**. Luego el número de autos, buses y camiones se multiplica por el factor de daño, dependiendo del tipo de vehículo, dando como resultado los ejes equivalentes (**N**).

**Tabla 17.** Ejes equivalentes N8.2

<b>Vehículos</b>	<b>Proyección vehículos 2024</b>	<b>N</b>
Autos	18.139.699	0
Buses	2.304.590	2.304.590
Camiones	808.861	
C2P	515.135	587.254
C2G	276.885	952.484
C3-C4	16.841	62.985
C5	0	0
>C5	0	0
	<b>Sumatoria.</b>	<b>3.907.314</b>
	<b>N8.2</b>	<b>1.758.291</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 18.** Factores de equivalencia.

Tipo de vehiculo	Universidad del Cauca (1996)
C2 Pequeño	1.14
C2 Grande	3.44
C3 - C4	3.74
C2- S1	3.37
C3-S1	2.22
C2- S2	3.42
C5	4.4
C3-S3	4.72
Bus P600	0.4
Bus P900	1
Buseta	0.05

Fuente: ingeniería de pavimentos, Autor. Alfonso Montejo.

### 6.1.3. Parámetros y diseños.

Después de haber calculado el número de ejes equivalentes, recurrimos a la **Tabla 18**, que muestra los rangos del tránsito acumulados por carril de diseño, en donde su designación depende del número de ejes equivalentes calculados.

**Tabla 19.** Rangos de tránsito contemplados en el método de diseño.

Designacion	Rangos de tránsito acumulados por carril de diseño	
T1	500000	1000000
T2	1000000	2000000
T3	2000000	4000000
T4	4000000	6000000
T5	6000000	10000000
T6	10000000	15000000
T7	15000000	20000000
T8	20000000	30000000
T9	30000000	40000000

Fuente: ingeniería de pavimentos, Autor. Alfonso Montejo.

Posteriormente se observa la **Tabla 19**, en donde se elige la categoría dependiendo del módulo resiliente, CBR o según su descripción, para este modelo se eligió por descripción del sector analizado.

**Tabla 20.** Entornos de la resistencia.

categoria	Intervalo modulo resiliente (E) Kg/cm <sup>2</sup>		Intervalo CBR	Descripcion
S1	300	500	3 ≤ CBR < 5	Categoria que comprende los suelos que por condiciones topograficas y drenaje natural, se encuentran con elevados contenidos de humedad.
S2	500	700	5 ≤ CBR < 7	Suelos conformados por cenizas Volcanicas, abundantes en la zona andina con elevados contenidos de humedad. Tambien suelos sedimentarios arenarcillosos con humedades naturales que proporcionan a los suelos consistencias entre bajas y medias.
S3	700	1000	7 ≤ CBR < 10	Depositos con altos contenidos de fragmentos de rocas, ubicados en las zonas relativamente secas.
S4	1000	1500	10 ≤ CBR < 15	Suelos arenolimosos ubicados en regiones calidas humedas
S5	1500		CBR > 15	Suelos gruesos de origen igneos, depositos alubiales recientes, y algunos depositos de arenas eolicas.

Fuente: ingeniería de pavimento, Autor. Alfonso Montejo.

La **Tabla 20** clasifica la vía por región, temperatura y precipitación media anual, siendo fundamental en el momento de escoger la carta de diseño.

**Tabla 21.** Regiones climáticas según la temperatura y precipitación.

Nº	Región	Temperatura TMAP °C		Precipitacion media anual (mm).
R1	Fria seca y fria semihumeda.	13	13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihumedo.	13	20	< 2000
R3	Calido seco y calido semihumedo.	20	30	< 2000
R4	Templado humedo.	13	20	2000 - 4000
R5	Calido humedo.	20	30	2000 - 4000
R6	Calido my humedo.	20	30	> 4000

Fuente: ingeniería de pavimento, Autor. Alfonso Montejo.

Obtenidos los datos de las tablas anteriores, se organiza la información para mayor facilidad en la elaboración del diseño del pavimento, así como lo muestra la **Tabla 21**. Inmediatamente recurrimos a las cartas de diseño para obtener posibles alternativas sobre este.

**Tabla 22.** Parámetros de diseño.

Parámetros de diseño	Valor	Categoría en el manual
Módulo resiliente promedio	1.250	S4
Transito equivalente de diseño	1.758.291	T2
TMAP	22.7	20°C-30°C
Precipitación	1.337	< 2000

Fuente: ingeniería de pavimento, Autor. Alfonso Montejo.

#### 6.1.4. Carta de diseño y alternativa.

Una vez obteniendo los datos de manera ordenada como se muestra en la **Tabla 21**, se procede a revisar las cartas de diseño, en estas se escoge la precipitación y la temperatura de la zona a analizar, encontrada la carta de diseño, se busca el entorno de la resistencia (S4), y su designación (T2), esta carta mostrara las diferentes alternativas de su capa de rodadura, base y sub base granular, con sus diferentes espesores, por ende, dependiendo de la zona que se analice se escogerá la alternativa más conveniente para este sector. Así como se muestra en la **Tabla 22**, **Tabla 23** y **Tabla 24**.

Para el ejemplo realizado se escogió la alternativa de diseño 1.

**Tabla 23.** Alternativa de diseño 1.

		Espesor (cm)
MDC - 2		7.5
BG - 2		20
SBG - 1		20

Fuente: ingeniería de pavimento, Autor. Alfonso Montejó.

**Tabla 24.** Alternativa de diseño 2.

		Espesor
MDC - 2		7.5
BEE - 1		15
SBG - 1		20

Fuente: ingeniería de pavimento, Autor. Alfonso Montejó.

**Tabla 25.** Alternativa de diseño 3.

		Espesor
MDC - 2		7.5
BEE - 2		20
BEC		20

Fuente: ingeniería de pavimento, Autor. Alfonso Montejó.

#### 6.1.5. Calculo del patrimonio vial.

Para realizar el cálculo del patrimonio vial es importante saber el APU de la zona a trabajar, en este caso, el departamento de Santander, esto se presenta en la **Tabla 24**. Estos precios fueron tomados de proyectos hechos por el INVIAS como precios corrientes del año 2013.

**Tabla 26.** APU del departamento de Santander.

MEZCLA ASFALTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO MDC-2	m <sup>3</sup>	\$ 123,330.00
BASE ESTABILIZADA CON EMULSION ASFALTICA TIPO BEE-1	m <sup>3</sup>	\$ 360,450.00
BASE ESTABILIZADA CON EMULSION ASFALTICA TIPO BEE-2	m <sup>3</sup>	\$ 364,622.00
BASE GRANULAR	m <sup>3</sup>	\$ 271,314.00
SUBBASE GRANULAR	m <sup>3</sup>	\$ 269,624.00
CUNETAS PREFABRICADAS DE CONCRETO	m	\$ 93,206.00
LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON PINTURA EN FRÍO	m	\$ 1,692.00

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de patrimonio vial se realizó mediante los siguientes pasos:

- Se calcula la medida en metros cúbicos que tiene la capa de rodadura, la base y la sub-base; teniendo en cuenta el espesor calculado en el diseño la longitud y el ancho de carril que tiene la calzada analizada.
- Conociendo los APUs, se multiplica el valor del ítem por el diseño del pavimento, generando el valor total del diseño en m<sup>3</sup> a construir, se multiplica el valor del metro de la línea de demarcación por la longitud del tramo, y lo mismo para calcular el valor de la cuneta.
- La sumatoria de los ítems ya multiplicados, me da el resultado del valor de la construcción total de la vía Barichara – San Gil, es decir, asumiendo una construcción totalmente nueva en ese tramo.
- El valor de la vía nueva se divide en el número de kilómetros totales del sector, siendo este, el valor estimado de un kilómetro de vía en estado muy bueno; según la **Gráfica 1** de deterioro del pavimento, está estimado que una vía en estado bueno tiene un porcentaje de desgaste de 85%, una vía en estado regular 55%, una vía en estado malo 40% y una vía en estado muy malo tiene un porcentaje de desgaste menor al 25%, como el porcentaje de condición del pavimento es proporcional con su valor económico según la **Gráfica 2**. estos porcentajes se multiplican por el valor de un kilómetro de vía en estado muy bueno, de esta manera se estima cuando vale el tramo vial en los diferentes estados en que se encuentra. En la **Tabla 26** se presenta lo mencionado anteriormente.

**Tabla 27.** Cálculo patrimonial

	Alternativa 1	Costo.
	Mezcla asfáltica	\$ 1,769,569,672.50
	Base	\$ 10,381,016,268.00
	Sub - base	\$ 10,316,353,488.00
	Línea de marcación	\$ 46,242,360.00
Curva del pavimento	Cuneta	\$ 2,547,319,980.00
%	Barichara - San gil.	\$ 25,060,501,768.50
100%	Km Muy bueno	\$ 916,959,450.00
85%	Km bueno	\$ 779,415,532.50
55%	Km regular	\$ 504,327,697.50
40%	km Malo	\$ 366,783,780.00
25%	Km muy malo	\$ 229,239,862.50

Fuente: Elaboración propia

- Una vez adquirido el valor de la vía en los diferentes estados por kilómetro, se multiplica por la longitud de cada estado en el que se encuentre el tramo, se realiza una sumatoria y el resultado de esta es el valor patrimonial actual.

Por ultimo esta sumatoria se resta con el valor obtenido de la construcción nueva de una vía, y da el costo de llevar una vía con deterioro a una vía en estado en óptimas condiciones, es decir, el costo de reparación de la vía. **Tabla 28.**

**Tabla 28.** Calculo patrimonial.

Alternativa 1.	Costo.
Muy bueno	\$ -
Bueno	\$ 5,791,057,406.48
Regular	\$ 4,538,949,277.50
Malo	\$ 3,997,943,202.00
Muy malo	\$ -
Sumatoria.	\$ 14,327,949,885.98

Reparación A1	\$ 10,732,551,882.53
---------------	----------------------

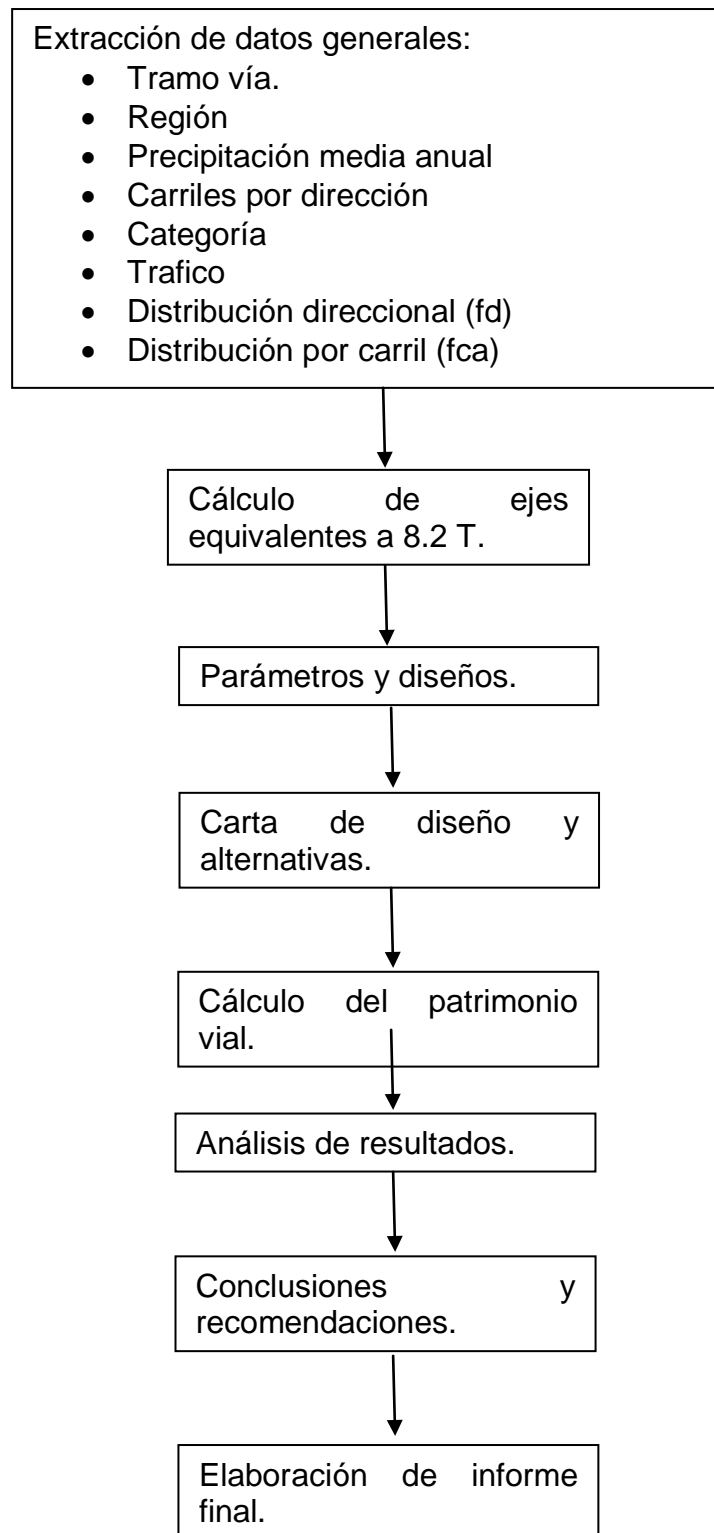
Fuente: Elaboración propia.

El tramo Barichara – San gil tiene un costo de reparación de diez mil setecientos treinta y dos mil quinientos cincuenta y un mil ochocientos ochenta y dos mil millones de pesos ( \$ 10, 732 551, 882).

Para calcular el valor económico de las vías primarias de Santander debe replicarse el procedimiento descrito anteriormente en la metodología a cada tramo de vía analizado es decir las vías primarias de Santander y

sumando los resultados finales (en muy buen estado, en el estado actual y la reconstrucción) obtenidos de cada tramo se calcula el valor de las vías primarias de Santander en el estado actual, así como en el estado muy bueno y el costo de las reparaciones que deben hacerse para devolver toda la vía a muy buenas condiciones.

## 6.2. Diagrama de la metodología.



### 6.3. Ecuaciones matemáticas para el cálculo del patrimonio vial y su costo de reparación.

- Ecuación cálculo del volumen asfáltico.

$$Ea * Lt * Ac * Nc \quad (2)$$

Ea: Espesor asfáltico.  
Lt: Longitud del tramo.  
Ac: Ancho del carril.  
Nc: Número de carriles.

- Ecuación cálculo del volumen de la base granular.

$$Eb * Lt * Ac * Nc \quad (3)$$

Eb: Espesor base granular.  
Lt: Longitud del tramo.  
Ac: Ancho del carril.  
Nc: Número de carriles.

- Ecuación cálculo del volumen sub-base granular.

$$Esb * Lt * Ac * Nc \quad (4)$$

Esb: Espesor sub-base granular.  
Lt: Longitud del tramo.  
Ac: Ancho del carril.  
Nc: Número de carriles.

- Ecuación del valor de la vía en estado muy bueno.

$$(2) * AP1 + (3) * AP2 + (4) * AP3 + Lt * APL + Lt * APC \quad (5)$$

Lt: Longitud del tramo.  
AP1: Costo por m<sup>3</sup> del concreto asfáltico.  
AP2: Costo por m<sup>3</sup> de la base granular.  
AP3: Costo por m<sup>3</sup> de sub – base granular.  
APL: Costo por ml de la línea de demarcación.  
APC: Costo por ml de la cuneta pre fabricada.

- Ecuación del valor de la vía en estado muy bueno por km.  

$$(5) / Lt \quad (6)$$

Lt: Longitud del tramo. (Km)
- Ecuación del valor de la vía en estado bueno por km.  

$$(6) * 85\% \quad (7)$$
- Ecuación del valor de la vía en estado regular por km.  

$$(6) * 55\% \quad (8)$$
- Ecuación del valor de la vía en estado malo por km.  

$$(6) * 40\% \quad (9)$$
- Ecuación del valor de la vía en estado muy malo por km.  

$$(6) * 25\% \quad (10)$$
- Ecuación estimación del patrimonio vial.  

$$(5) * Lmb + (6) * Lb + (7) * Lr + (8) * Lm + (9) * Lmm \quad (11)$$

Lmb: Longitud en estado muy bueno (km)  
Lb: Longitud en estado bueno (km)  
Lr: Longitud en estado regular (km)  
Lm: Longitud en estado malo (km)  
Lmm: Longitud en estado muy malo (km)
- Ecuación del costo de reparación.  

$$(5) - (11) \quad (12)$$

## 7. RESULTADOS.

A continuación se presenta una tabla con los resultados determinados en la metodología descrita anteriormente del sector San Gil – Barichara – Crucero Guane. De esta misma manera se presenta los resultados de los demás sectores analizados. Ver **Anexo 4**.

**Tabla 29.** Patrimonio vial tramo San Gil – Barichara – Crucero Guane.

<b>MODELO MATEMÁTICO PARA EL CÁLCULO DEL PATRIMONIO VIAL EN VÍAS PRIMARIAS DE SANTANDER - COLOMBIA.</b>		
<b>AUTOR(ES):</b>	<b>JARABA PAULO - BARBA JHON</b>	<b>SECTOR N. 13</b>
<b>RUTA</b>		64
<b>CÓDIGO DE TRAMO</b>		6402
<b>TRAMO</b>		San Gil - Barichara - Crucero Guane
<b>PR Inicial</b>		55+0100
<b>PR Final</b>		82+0430
<b>SECTOR</b>		Cruce a Guane - San Gil
<b>RED PAVIMENTADA (KMS)</b>	<b>MUY BUENO</b>	
	<b>BUENO</b>	7.43
	<b>REGULAR</b>	9.00
	<b>MALO</b>	10.90
<b>RED NO PAVIMENTADA (KMS)</b>	<b>MUY MALO</b>	
	<b>MUY BUENO</b>	
	<b>BUENO</b>	
	<b>REGULAR</b>	
	<b>MALO</b>	
	<b>MUY MALO</b>	
<b>TOTAL PAVIMENTO</b>		27.33
<b>TOTAL AFIRMADO</b>		0.00
<b>RED EN INTERVENCIÓN</b>		
<b>LONGITUD TOTAL CALIFICADA</b>		<b>27.33</b>
<b>LONGITUD TOTAL INVENTARIO</b>		<b>27.33</b>
<b>GRUPO ADM. VIAL</b>		2
<b>CATEGORIA</b>		S4
<b>DESIGNACIÓN</b>		T2
<b>REGIÓN</b>		R3
<b>TEMPERATURA (°C)</b>		23°
<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>		1200
<b>EJES EQUIVALENTES (8.2)</b>		1758291.166
<b>ALTERNATIVA VÍA NUEVA (\$) PAVIMENTO.</b>		\$ 25,060,501,768.50
<b>ALTERNATIVA VÍA NUEVA (\$) AFIRMADO A PAVIMENTO.</b>		
<b>ESTADO ACTUAL PAVIMENTO (\$)</b>		\$ 14,059,280,767.13
<b>PATRIMONIO VIAL (\$)</b>		\$ 11,001,221,001.38

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 30.** Pavimento tramo San Gil – Barichara – Crucero Guane.

		<b>Pavimento.</b>		
	Mezcla asfáltica	\$ 1.769.569.672,50	Muy bueno	\$ -
	Base	\$ 10.381.016.268,00	Bueno	\$ 5.791.057.406,48
	Sub – base	\$ 10.316.353.488,00	Regular	\$ 4.538.949.277,50
Curva del pavimento (%)	Línea de marcación	\$ 46.242.360,00	Malo	\$ 3.997.943.202,00
	Cuneta	\$ 2.547.319.980,00	Muy malo	\$ -
	<b>Sumatoria</b>	<b>\$ 25.060.501.768,50</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>\$ 14.327.949.885,98</b>
100%	Km Muy bueno	\$ 916.959.450,00		
85%	Km bueno	\$ 779.415.532,50	<b>Reparación</b>	<b>\$ 10.732.551.882,53</b>
55%	Km regular	\$ 504.327.697,50		
40%	Km malo	\$ 366.783.780,00		
25%	Km muy malo	\$ 229.239.862,50		

Fuente: Elaboración Propia.

Lo presentado en la **Tabla29 y Tabla 30**, es el resultado del patrimonio vial del tramo San Gil – Barichara – Cruce Guane que tiene un avalúo de catorce mil trescientos veintisiete millones novecientos cuarenta y nueve mil ochocientos ochenta y cinco pesos ( \$ 14,327,949,855) ,además se obtuvo un valor de esta vía en condiciones muy buenas de veinticinco mil sesenta millones quinientos un mil setecientos sesenta y ocho pesos ( \$ 25,060,501,768), y finalmente un costo de reparación de diez mil setecientos treinta y dos millones quinientos cincuenta y un mil ochocientos ochenta y dos pesos ( \$ 10, 732, 551, 882).

El patrimonio vial con el que cuenta Santander corresponde a un valor de seiscientos ochenta y tres mil trescientos treinta y tres millones setecientos ochenta y cuatro mil setecientos setenta y tres pesos (\$683,333,784,773), el valor de las vías en estado muy bueno es de un billón setenta mil doscientos once millones ochocientos sesenta y cuatro mil ochocientos veintiún pesos ( \$ 1,070,211,864,821) y finalmente un consto de reparación de trescientos sesenta y ocho mil ochocientos setenta y ocho millones ochenta mil cuarenta y siete pesos ( \$ 368,878,080,047).

## 8. ANALISIS DE RESULTADOS.

En la **Tabla 31** se muestra un resumen sobre la recopilación de resultados obtenidos en la implementación del modelo matemático para estimar el valor de las vías primarias de Santander, se encontró que el valor de las vías en el estado actual es de seiscientos ochenta y tres mil trecientos treinta y tres millones setecientos ochenta y cuatro mil setecientos setenta y tres pesos (\$683,333,784,773) con un deterioro correspondiente al 36% con respecto al valor de la vía recién construida.

**Tabla 31.** Patrimonio vial del Departamento de Santander.

	Vía Nueva (\$)	Vía en Estado Actual (\$)	% Estado Actual	Costo Reparación (\$)	% Reparación
Puente Nacional - San Gil	\$153,757,653,620.00	\$126,477,281,372.00	82%	\$27,280,372,248.00	18%
San Gil - Bucaramanga	\$135,534,204,000.00	\$134,856,532,980.00	100%	\$677,671,020.00	1%
Bucaramanga - San Alberto	\$92,374,371,584.20	\$66,517,418,759.14	72%	\$25,856,952,825.06	28%
Floridablanca - Palenque - La Cemento	\$30,118,712,000.00	\$25,600,905,200.00	85%	\$4,517,806,800.00	15%
La Palmera - Presidente	\$96,988,012,405.80	\$52,195,616,639.70	54%	\$44,792,395,766.10	6%
Santa Rosita - Onzaga	\$16,889,046,622.65	\$0.00	0%	\$16,889,046,622.65	100%
Variante de Concepción	\$2,287,896,979.00	\$690,242,508.45	30%	\$1,597,654,470.55	45%
Málaga - San Andrés - Los Curos	\$101,155,264,623.00	\$12,740,171,025.45	13%	\$88,415,093,597.55	36%
Cisneros - Puerto Berrío - Cruce Ruta 45	\$19,431,154,032.20	\$11,184,891,509.74	58%	\$8,246,262,522.47	42%
Cruce Puerto Araujo - Landázuri	\$70,334,318,647.00	\$38,111,724,799.40	54%	\$32,222,593,847.60	26%
Landázuri - Barbosa	\$64,539,794,718.50	\$32,135,786,909.77	50%	\$32,404,007,808.73	48%
Variante de Barbosa	\$1,948,137,025.20	\$1,071,475,363.86	55%	\$876,661,661.34	45%
San Gil - Barichara - Crucero Guane	\$25,060,501,768.50	\$14,327,949,885.98	57%	\$10,732,551,882.53	43%
Cruce Ruta 45A (San Gil) - Onzaga - Soatá	\$76,566,423,561.60	\$24,043,010,351.44	31%	\$52,523,413,210.16	27%
Ramal a Guane	\$3,348,284,936.00	\$1,693,183,674.80	51%	\$1,655,101,261.20	49%
Barrancabermeja - Cruce Ruta 45 (La Lizama)	\$36,778,390,739.90	\$29,066,735,512.30	79%	\$7,711,655,227.61	21%
Cruce Ruta 45 (La Fortuna) - Bucaramanga	\$68,131,273,293.50	\$47,198,955,503.43	69%	\$20,932,317,790.08	29%
Bucaramanga - Pamplona	\$74,968,424,264.50	\$65,421,902,778.40	87%	\$9,546,521,486.10	13%
<b>Patrimonio vial de Santander</b>	<b>\$1,070,211,864,821.55</b>	<b>\$683,333,784,773.84</b>	<b>64%</b>	<b>\$386,878,080,047.71</b>	<b>36%</b>

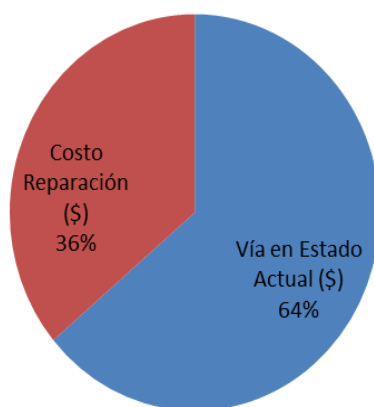
Fuente: Elaboración propia.

Este porcentaje de detrimento ubica el departamento de Santander en el nivel regular en cuanto al estado de sus vías primarias, esto evidencia la

baja atención y la falta de gestión vial por parte de las entidades encargadas del mantenimiento de las mismas.

Además, es preocupante que gran cantidad de las vías que hacen parte de la red departamental primaria se encuentran con niveles de servicio entre malo y muy malo.

**Gráfica 7.** Deterioro del patrimonio.



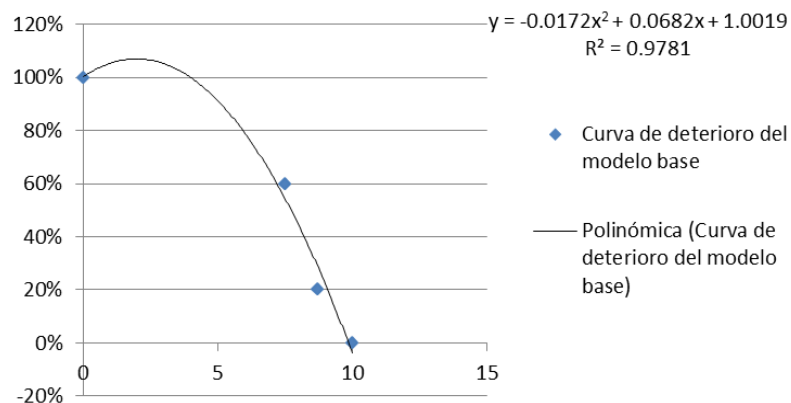
Fuente: Elaboración Propia.

En la **gráfica 7**, se evidencia el detrimento que tienen las vías santandereanas con respecto al valor que deberían tener en un estado muy bueno de servicio, el porcentaje de deterioro en general está por el 36%, y el valor en el estado actual representa solo un 64% de lo que debería representar en patrimonio vial, todas estas pérdidas se traducen en atraso para el desarrollo del departamento y de la nación, además debido al mal estado vial se ve afectado el PIB ya que la mercancía nacional se mueve a través de las vías terrestres con la que cuenta el departamento y la nación.

### **8.1. Deterioro del patrimonio vial de Santander.**

La **Grafica 8** hace referencia al deterioro del pavimento, ajustado al modelo base, determinando la ecuación que proyecta el deterioro anual a partir del año del periodo de diseño, es decir, al año 2015.

**Gráfica 8.** Curva de deterioro del modelo base.



Fuente: Elaboración Propia.

En la **Tabla 32** se presenta una proyección a partir del año 2015 del porcentaje de deterioro que van a tener las vías de Santander junto con el deterioro monetario que sufre al pasar de los años.

**Tabla 32.** Deterioro anual de las vías del departamento de Santander.

%Deterioro(calculado)	% Deterioro(ajustado)	X ( Año)	Patrimonio	Deterioro	Deterioro acumulado
1.05290	1	1	\$ 1,070,211,864,821.00	\$ -	\$ -
1.06950	1	2	\$ 1,070,211,864,821.00	\$ -	\$ -
1.05170	1	3	\$ 1,070,211,864,821.00	\$ 535,105,932.41	\$ 535,105,932.41
0.99950	0.99950	4	\$ 1,069,676,758,888.59	\$ 92,680,347,493.50	\$ 93,215,453,425.91
0.91290	0.91290	5	\$ 976,996,411,395.09	\$ 129,495,635,643.34	\$ 222,711,089,069.25
0.79190	0.79190	6	\$ 847,500,775,751.75	\$ 166,310,923,793.18	\$ 389,022,012,862.43
0.63650	0.63650	7	\$ 681,189,851,958.57	\$ 203,126,211,943.03	\$ 592,148,224,805.46
0.44670	0.44670	8	\$ 478,063,640,015.54	\$ 239,941,500,092.87	\$ 832,089,724,898.33
0.22250	0.22250	9	\$ 238,122,139,922.67	\$ 238,122,139,922.67	\$ 1,070,211,864,821.00
-0.03610	0	10	\$ -	\$ -	\$ 1,070,211,864,821.00

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los primeros años el deterioro no es relevante en términos económicos, pues se observa que su devaluó aumenta significativamente a partir del año cinco (5), siendo este un punto clave para pensar en reparaciones y mantenimientos.

## 9. CONCLUSIONES.

- Del análisis realizado es evidente que reparar y hacer un mantenimiento rutinario a las vías nacionales del departamento de Santander es más rentable que esperar a que cumpla su tiempo de diseño, y reconstruir.
- Según los resultados obtenidos se determina que entre más deteriorada este la vía, va tener un menor avalúo, por consiguiente más cara va a ser su reparación.
- La mayoría de productos son transportados por vías terrestres, por lo tanto, es necesario tener las vías nacionales en óptimo estados para así disminuir los costos de operación y mantenimiento de los vehículos que circulen por estas.
- El patrimonio del departamento de Santander, con las variables que se tuvieron en cuenta en este modelo base, está avaluado en seiscientos ochenta y tres mil trecientos treinta y tres millones setecientos ochenta y cuatro mil setecientos setenta y tres pesos (\$683,333,784,773).
- Se Puede concluir que el modelo matemático planteado en este documento, se acomoda satisfactoriamente a las condiciones de las vías santandereanas, con las variables planteadas en el documento, y da un estimado económico adecuado de las vías primarias de Santander.
- Como resultado de la redacción y compilación de las bases para el desarrollo de este documento se puede decir que el gobierno departamental y el estado colombiano está perdiendo patrimonio económico representado en las vías primarias de Santander, pues aunque si bien no es posible mantener unas vías en muy buen estado en todo momento, se está dejando que el deterioro llegue hasta estados malos y muy malos donde la vía pierde su funcionalidad y donde las reparaciones llegan a ser casi las de reconstruir la vía como nueva, lo que también hace que los aportes al PIB por otros sectores se vea afectado.
- Según el deterioro anual encontrado se puede concluir que a partir del año 5 el deterioro económico se hace crítico, por lo que se recomienda hacer obras de mantenimiento, teniendo en cuenta este punto de tiempo, sin embargo en los años anteriores es necesario llevar un mantenimiento menor para no dejar acumular el deterioro de las vías.

## 10. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.

- Se recomienda analizar y agregar más variables para modelos matemáticos de esta categoría futuros, puesto que, este es solo una base para emprender un tema extenso y puntual, por lo tanto recomendamos que este tema de investigación sea profundizado a nivel de maestría, haciendo inventarios detallados de las vías en análisis que aporten más variables y por tanto un modelo más confiable y detallado en sus resultados.
- Algunas de las variables que encontramos en nuestra investigación y sugerimos agregar a futuros complementos de este modelo son: Puentes, pavimento rígido, túneles, deprimidos, seguridad vial, movimientos de tierra, estabilización de taludes, sistemas de drenaje y alcantarillado, estructuras menores, costos de operación y mantenimiento vehicular y otras variables que se encuentren en futuras investigaciones.
- Para un cálculo más específico sobre el patrimonio vial se recomienda ir a campo, realizar el ensayo de suelos según la norma para tener con exactitud qué clase de suelo es, tomar medidas según recomiende la norma para así tener una mayor exactitud en el momento del cálculo.
- El modelo planteado muestra tres alternativas en cuanto al diseño del pavimento, se escoge la más viable para la zona que se esté calculando el patrimonio vial, para el departamento de Santander se escoge la alternativa número uno, para todos los sectores analizados, puesto que los suelos de la región santandereana en su mayoría no necesitan estabilizaciones asfálticas y se cuenta con materiales de construcción para bases granulares normales, sin embargo para cálculos más detallados se recomienda tener en cuenta las condiciones de suelo y materiales de construcción de la zona de forma específica, por las que se podría adoptar una opción de bases estabilizadas.

## 11. REFERENCIAS.

Anónimo, Precios corrientes, No 1 (2014). [Consultado 26 Octubre 2014]. Disponible en <<http://inflacion.com.co/precios-corrientes.html>>

Banco Mundial. El Deterioro De Los Caminos En Los Países En Desarrollo, No 1 (1998). [Consultado 04 Abril 2014]. Disponible en <[http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDS/IB/2010/05/28/000333037\\_20100528012851/Rendered/PDF/133700PUB0SPANISH0Box74484B01PUBLIC1.pdf](http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDS/IB/2010/05/28/000333037_20100528012851/Rendered/PDF/133700PUB0SPANISH0Box74484B01PUBLIC1.pdf)>

City of tea tree gully, Road transport Infrastructure and Asset Management Plan, No 1 (2013). [Consultado 27 Octubre 2014]. Disponible en <[http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads\\_Asset\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.teatreegully.sa.gov.au/webdata/resources/files/Roads_Asset_Management_Plan.pdf)>

Corporación Andina de Fomento. Mantenimiento vial informe sectorial [PDF en Línea o Descarga], No 1 (2010). [Consultado 27 octubre 2014]. Disponible en <[http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS\\_Mantenimiento\\_vial.pdf](http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS_Mantenimiento_vial.pdf)>

DANE. Boletín Indicador de inversión en obras civiles. [Impreso en la Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE Bogotá, D.C. - Colombia – Marzo de 2014] Disponible en <[www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)>

Delmar Salomón. Conservación de Pavimentos: Conservando la inversión del patrimonio vial, No 1 (2002). [Consultado 10 Abril 2014]. Disponible en <<http://www.technopave.com/publications/Conservacion-de-Pavimentos,Conservando-La-Inversion-del-Patrimonio-Vial.pdf>>

Departamento De Gestión vial. Valor Del Patrimonio Vial De La Red Vial Nacional 2009, No 1 (2009). [Consultado 11 septiembre 2014]. Disponible en <[http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/Patrimonio\\_Vial\\_2009.pdf](http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/Patrimonio_Vial_2009.pdf)>

Gaviria Correa, Guillermo; Fernández Ordoñez, Hernán Otoniel; López Aragón, Blanca Miryam; Solano Fajardo, Efraín De Jesús; Triana, Hugo; Gómez Jiménez, J. Orlando. Patrimonio Vial Red de Carreteras Nacionales, No 1 (1997). [Consultado 04 Abril 2014]. Disponible en <[http://zietlow.com/gtz/Patr\\_vial.pdf](http://zietlow.com/gtz/Patr_vial.pdf)>

INVIAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, No 1 (2006). [Consultado 27 octubre 2014]. Disponible en <<http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq>>

Jugo B Augusto. Manual De Mantenimiento Y Rehabilitación De Pavimentos Flexibles 2005 No 1 (2005). [Consultado 11 septiembre 2014]. Disponible en

<[http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)>

Ministerio de transporte, Oficina asesora de planeación, grupo de planificación sectorial. Diagnóstico del transporte, No 1 (2011). [Consultado 10 Abril 2014]. Disponible en

<<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=5608>>

Ministerio de Transporte, Oficina Asesora de Planeación Grupo Planificación sectorial. Transporte en Cifras Estadísticas No 1 (2012). [Consultado 13 Mayo 2014]. Disponible en

<<https://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15>>

Ministerio de Transporte, Oficina Asesora de Planeación Grupo Planificación sectorial. Transporte en Cifras Estadísticas 2013 [PDF en Línea o Descarga], No 1 (2013). [Consultado 26 Octubre 2014]. Disponible en

<<https://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15>>

Morales Perez, Eduardo; Ahumada Verdejo, Juan. Calculo Del Patrimonio Vial Para Caminos De La Segunda Region Desde El Punto De Vista De La Conservación Y Su Importancia Economico-Social, No 1 (2001). [Consultado 04 Abril 2014]. Disponible en

<[http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos\\_pdf/23EduardoMoralespatrimoniovil2.pdf](http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/23EduardoMoralespatrimoniovil2.pdf)>

Montejo Fonseca, Alfonso. Cap. 5 Diseño de pavimentos flexibles y semirrígidos para carreteras. En: Montejo Fonseca, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Santa Fe de Bogotá: Universidad católica de Colombia ediciones y publicaciones, 1998. Página 161.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1.** Precios y cantidades de obra para carreteras tipo.

- **Estudio De Los Costos Que Indicen En La Determinación Del Patrimonio Vial.**

El procedimiento empleado son cuatro componentes:

Estudio de las partidas más relevantes involucradas en un proyecto vial.

Determinación del costo unitario promedio de cada una de las partidas, expresados en valor de una misma fecha (moneda de igual poder adquisitivo).

Determinación de las cantidades de material promedio de cada una de las partidas correspondientes a un 1km. De cada tipo de carretera. Alternativamente, cuando no exista información detallada de algún tipo de obra, se analizan los costos globales (ej.: costos de mantenimiento rutinario).

Por último, el costo promedio de un 1 km. De construcción nueva u obra de conservación de cada categoría se calcula multiplicando las cantidades de material estimadas por el costo promedio determinado.

- **Partidas Relevantes.**

Un presupuesto de costos de construcción nueva o de obras de conservación considera las siguientes partidas globales:

Preparación de la faja.

Movimiento de tierra.

Capas granulares.

Revestimiento y pavimentos.

Estructuras y obras conexas.

Drenaje y protección de la plataforma.

Elementos de control y seguridad.

En general, en un proyecto vial el costo asociado a la infraestructura (cortes y terraplenes), más el costo de la superestructura (pavimento) es del orden el 80% del valor total. El resto lo constituye el drenaje, la señalización, y las obras anexas

**ANEXO 2.** Volúmenes de tránsito del 2011.

(Ver documento adjunto en CD).

**ANEXO 3.** Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal TPDS.

(Ver documento adjunto en CD).

**ANEXO 4.** Patrimonio vial, carreteras de Santander.

(Ver documento adjunto en CD).