

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES

#### TEMA:

---

**“INCIDENCIA DEL INCREMENTO DE TRÁFICO EN EL COSTO DEL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CALPI - SAN JUAN - EL ARENAL - EMPATE VÍA AMBATO GUARANDA”**

---

#### Trabajo de Titulación

Previo a la obtención del Grado Académico de  
Magíster en Vías Terrestres

**Autor:** Ing. Antonio Vicente Ronquillo Paucar

**Director:** Ing. Vinicio Fabián Almeida Lema, Mg.

Ambato – Ecuador

2015

## Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato

El Tribunal de Defensa del trabajo de titulación presidido por el Decano, Ingeniero Francisco Pazmiño Gavilanes, Magíster, Presidente del Tribunal e integrado por los señores: Ingeniero Wilson Santiago Medina Robalino Magíster, Ingeniero Fabián Rodrigo Morales Fiallos Magíster, Ingeniero Carlos Patricio Navarro Peñaherrera Magíster, Miembros del Tribunal de Defensa, designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor la defensa oral del trabajo de titulación con el tema: “INCIDENCIA DEL INCREMENTO DE TRÁFICO EN EL COSTO DEL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CALPI - SAN JUAN - EL ARENAL - EMPATE VÍA AMBATO GUARANDA”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Antonio Vicente Ronquillo Paucar, para optar por el Grado Académico de Magíster en Vías Terrestres.

Una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de titulación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ing. Francisco Pazmiño Gavilanes, Mg.  
Presidente del Tribunal de Defensa

-----  
Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Fabián Rodrigo Morales Fiallos, Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera, Mg.  
Miembro del Tribunal

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema: “INCIDENCIA DEL INCREMENTO DE TRÁFICO EN EL COSTO DEL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CALPI - SAN JUAN - EL ARENAL - EMPATE VÍA AMBATO GUARANDA”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Antonio Vicente Ronquillo Paucar, Autor bajo la Dirección de Ingeniero Vinicio Almeida Lema, Magíster, Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. Antonio Vicente Ronquillo Paucar  
Autor

-----  
Ing. Vinicio Almeida Lema, Mg.  
Director

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Ing. Antonio Vicente Ronquillo Paucar

C.C. 1801016161

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso  
por guiarme por el  
camino del éxito.

A mi esposa e hijos, pilares  
fundamentales de mi vida,  
gracias por su amor y  
paciencia.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Vinicio Almeida, Mg.  
Director de este trabajo de investigación,  
por guiarme de una manera muy  
profesional y don de gente, por sus  
conocimientos y todo el tiempo que  
dedicó en dirigir la presente  
investigación.

# ÍNDICE GENERAL

## A. PÁGINAS PRELIMINARES

Portada.....	i
Autoría de la investigación.....	iii
Derechos de autor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice general.....	vii
Resumen ejecutivo.....	xi
Introducción.....	1

## B. TEXTO: INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA

1.1. TEMA.....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Contextualización.....	3
1.2.2. Análisis crítico.....	5
1.2.2.1. Árbol de problemas.....	7
1.2.2.2. Relación causa - efecto.....	8
1.2.3. Prognosis.....	9
1.2.4. Formulación del problema.....	9
1.2.5. Preguntas directrices.....	9
1.2.6. Delimitación.....	10
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4. OBJETIVOS.....	10
1.4.1. Objetivo general.....	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	11

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	12
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	15
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	17
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	19
2.4.1. Visión dialéctica de conceptualizaciones que sustentan las variables del problema.....	19
2.4.1.1. El incremento de tráfico .....	19
2.4.1.2. Costos de mantenimiento .....	25
2.4.1.3. Mantenimiento vial .....	29
2.4.1.4. Inventario físico .....	33
2.4.1.5. Evaluación del estado y comportamiento del pavimento.....	33
2.4.1.6. Calidad de Servicio - Serviciabilidad.....	36
2.4.1.7. Establecimiento de estrategias de mantenimiento .....	38
2.4.1.8. Fallas en calzadas asfálticas .....	41
2.4.1.9. Procedimiento para arreglo de fallas.....	41
2.4.1.10. Causas y reparación de deformaciones .....	52
2.4.2. Gráficos de inclusión interrelacionados .....	62
2.5. HIPÓTESIS .....	63
2.6. SEÑALAMIENTO VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	63

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.1.1. Investigación de campo.....	64
3.1.2. Investigación bibliográfica.....	64
3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	65
3.2.1. Investigación exploratoria.....	65
3.2.2. Investigación descriptiva.....	66
3.2.3. Investigación asociación de variables (correlacional).....	67
3.2.4. Investigación explicativa.....	68



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	68
3.3.1. Población.....	68
3.3.2. Muestra.....	69
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	70
3.5. PLAN PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	71
3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	73

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	76
4.1.1. Análisis de resultados de tráfico .....	76
4.1.2. Análisis de rugosidad y deflexiones.....	82
4.1.3. Análisis de condición del pavimento .....	84
4.1.3.1. Índice de estado.....	92
4.1.3.2. Regularidad superficial .....	95
4.1.3.3. Deflexiones .....	97
4.1.4. Análisis de resultados del estudio geotécnico.....	99
4.1.4.1. Capacidad de soporte de la subrasante.....	100
4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	101

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES .....	105
5.2. RECOMENDACIONES .....	106

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1. DATOS INFORMATIVOS .....	109
6.1.1. Localización del proyecto. ....	109
6.1.2. Condiciones ambientales.....	109
6.1.2.1. Altitud .....	110
6.1.2.2. Clima.....	110

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	111
6.3. JUSTIFICACIÓN .....	111
6.4. OBJETIVOS .....	111
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	112
6.6. FUNDAMENTACIÓN .....	112
6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO .....	114
6.7.1. Cálculo de Factores de daño .....	114
6.7.2. Módulo de la subrasante .....	116
6.7.3. Módulo de la estructura del pavimento .....	117
6.7.4. Número estructural efectivo .....	118
6.7.5. Diseño de la rehabilitación .....	119
6.7.5.1. Diseño de rehabilitación alternativa 1: base granular .....	122
6.7.5.2. Diseño de rehabilitación alternativa 2: base asfáltica .....	125
6.7.6. Presupuesto .....	127
6.8. ADMINISTRACIÓN .....	127
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	127

## **C. MATERIALES DE REFERENCIA**

BIBLIOGRAFÍA .....	131
ANEXOS .....	134

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Defectos encontrados luego de un estudio de condiciones .....	33
Tabla 2. Niveles de Servicio en función del porcentaje de demora de tiempo.....	34
Tabla 3. Tipo de fallas y las actividades de mantenimiento .....	39
Tabla 4. Tráfico promedio diario anual existente - TPDA.....	69
Tabla 5. Operacionalización de Variable Independiente. El incremento del tráfico .....	70
Tabla 6. Operacionalización de Variable Dependiente: Aumento del costo de mantenimiento.....	71
Tabla 7. Procedimiento de recolección de información.....	73
Tabla 8. Relación de objetivos específicos, conclusiones y recomendaciones.....	75
Tabla 9. Estaciones de conteo de tráfico vehicular .....	76
Tabla 10. Periodo de duración de los conteos.....	78
Tabla 11. Factor estacional mensual de la provincia de Chimborazo.....	79
Tabla 12. Tráfico Promedio Diario Anual TPDA existente.....	79
Tabla 13. Tráfico Promedio Diario Anual Generado.....	80
Tabla 14. Tráfico Promedio Diario Anual TPDA asignado al proyecto.....	81
Tabla 15. Tasas de crecimiento del tráfico (%)......	81
Tabla 16. Proyección del TPDA asignado .....	82
Tabla 17. D1- Baches descubiertos .....	84
Tabla 18. D2 - Fisuras en bloque o piel de cocodrilo .....	85
Tabla 19. D3- Otras fisuras .....	87
Tabla 20. D4- Defectos de superficie.....	89
Tabla 21. D5- Comodidad de manejo .....	91
Tabla 22. Índices de estado. ....	94
Tabla 23. IRI Pavimento asfáltico e Hidráulico.....	97
Tabla 24. Abscisas de calicatas para cada sección homogénea. ....	99
Tabla 25. CBR Subrasante y materiales granulares .....	102
Tabla 26. Estadísticas para una muestra .....	104

Tabla 27. Prueba para una muestra .....	104
Tabla 28. Coordenadas del proyecto .....	109
Tabla 29. Pesos adoptados para el cálculo de los factores daño (ton) .....	114
Tabla 30. Factores de daño según tipo de vehículo .....	114
Tabla 31. Cálculo del número de ejes equivalentes a 8.2 Ton. ....	115
Tabla 32. Espesores y Números estructurales de Diseño 10 Años y 20 Años. Alternativa Base Granular .....	124
Tabla 33. Espesores y Números estructurales de Diseño 10 Años y 20 Años. Alternativa Base Granular .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración de los diferentes tipos de ejes. ....	22
Figura 2. Clasificación de ejes. ....	24
Figura 3. Condición de la Vía vs. Años de Servicio .....	32
Figura 4. Esquema detallado de SGP.....	32
Figura 5. Efectos de mantenimiento sobre el nivel de serviciabilidad.....	37
Figura 6. Escala de nivel de servicio.....	37
Figura 7. Indicadores de deterioro de pavimentos .....	41
Figura 8. Piel de cocodrilo. ....	43
Figura 9. Grietas de borde.....	44
Figura 10. Grietas de Junta de Borde.....	44
Figura 11. Grietas de juntas de carril .....	45
Figura 12. Grietas de contracción .....	46
Figura 13. Grietas de deslizamiento.....	47
Figura 14. Remoción del material.....	49
Figura 15. Aplicación de riego de adherencia.....	50
Figura 16. Colocación de la mezcla .....	50
Figura 17. Extensión de la mezcla .....	51
Figura 18. Compactación de la mezcla .....	51
Figura 19. Nivelación o perfilamiento .....	51
Figura 20. Ahuellamientos .....	52
Figura 21. Ondulaciones y desplazamientos.....	53
Figura 22. Bache .....	54
Figura 23. Reparación permanente .....	55
Figura 24. Riego de liga .....	55
Figura 25. Compactación .....	56
Figura 26. Ubicación de estaciones de conteo vehicular. ....	77
Figura 27. Niveles de Frecuencia o Extensión D2.....	86
Figura 28. Niveles de Frecuencia o Extensión D3.....	88

Figura 29. Niveles de Frecuencia o Extensión D4.....	90
Figura 30. Índice de estado del proyecto .....	95
Figura 31. Índice de Rugosidad internacional.....	96
Figura 32. Medición de IRI del proyecto .....	96
Figura 33. Deterioro típico de un camino respecto al tiempo .....	97
Figura 34. Deflexión Máxima Normalizada para Carga y Temperatura. ....	98
Figura 35. Espesor de la estructura del pavimento. ....	99
Figura 36. Grados de compactación de las capas del pavimento y subrasante...	100
Figura 37. Valores de CBR de la subrasante.....	101
Figura 38. Perfil de alturas del proyecto vía El Arenal-Calpi.....	110
Figura 39. Distribución de módulo de elasticidad de la subrasante .....	117
Figura 40. Distribución de módulo de elasticidad de la estructura del pavimento. .....	118
Figura 41. Distribución del Número Estructural Efectivo $SN_{EFF}$ .....	119
Figura 42. Secciones de diseño de rehabilitación .....	121

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
DIRECCIÓN DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES

Tema: “INCIDENCIA DEL INCREMENTO DE TRÁFICO EN EL COSTO DEL  
MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CALPI - SAN JUAN - EL  
ARENAL - EMPATE VÍA AMBATO GUARANDA”

Autor:           Ing. Antonio Vicente Ronquillo Paucar  
Director:        Ing. Vinicio Almeida Lema, Mg.  
Fecha:           15 de enero de 2015

### **RESUMEN EJECUTIVO**

Debido al incremento de tráfico vehicular que circula en la carretera Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato-Guaranda de 41 Km de longitud y ancho de calzada de 9.0 metros en promedio, cuya capa de rodadura es de doble tratamiento superficial bituminoso DTSB y que se encuentra actualmente con fallas en la estructura del pavimento debido a las cargas de vehículos pesados, es necesario intervenir realizando labores de mantenimiento tanto rutinario como periódico de una manera eficiente, además de su pronta rehabilitación.

Realizados los estudios técnicos de ingeniería, se propone dos alternativas de solución al problema: La alternativa No.1 de base asfáltica disminuye el espesor total de la estructura, pero sumando los espesores de base asfáltica + carpeta asfáltica, son mayores que la alternativa No.2 de base granular, por la razón indicada, se recomienda optar por la alternativa No.2.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS  
POSGRADUATE DEPARTMENT  
MASTERS DEGREE IN LAND ROUTES

TOPIC: “INCIDENCE OF CAR TRAFFIC INCREASE ON THE MAINTENANCE COST OF THE ROAD CALPI - SAN JUAN - EL ARENAL - EMPATE ON THE WAY AMBATO GUARANDA”.

Author: Eng. Antonio Vicente Ronquillo Paucar  
Director: Eng. Mg. Vinicio Fabián Almeida Lema  
Date: 15<sup>th</sup> January, 2015

**ABSTRACT**

The Calpi road - San Juan - El Arenal - Empate on the way Ambato Guaranda with 41 Km in length and a width of 9.0 meters on average, and with a concrete course of a double oily superficial treatment DOST, presents failures on the pavement structure due to increase of heavy truck traffic. For its rehabilitation, an immediate intervention is needed for its maintenance which should be carried out in both, routine and periodic ways.

Having done the engineering technical studies, two alternatives to solve the problem are proposed. Alternative one; a road made of asphalt base, decreases the total structure thickness; but if added both, the asphaltic bases thicknesses along with the internal road layer, the results are thicker than alternative two which is made of granular base. For such a reason, alternative two is highly recommended.



## INTRODUCCIÓN

El conocimiento del volumen de tráfico local, regional y nacional es una información necesaria para la planificación vial, tanto en proyectos existentes como en proyectos futuros, su variación, composición y proyección mediante tasas de crecimiento, permitirán oportunos y acertados planes de inversión.

Con el afán de incrementar la oferta vial al sector noroccidental de la provincia de Chimborazo y tener un enlace vial directo con la provincia de Bolívar se ha planificado rehabilitar el corredor vial Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato Guaranda por lo que es necesario desarrollar el estudio de Tráfico vehicular respectivo, para mejorar el flujo vehicular del transporte pesado y liviano, además de obtener un ahorro tanto en el costo de operación de los vehículos como en el tiempo de viaje de los usuarios.

El estudio de tráfico tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el transporte promedio diario anual (TPDA) que se desplazan por la carretera, la misma que nos servirá para el diseño del refuerzo de la estructura del pavimento y a su vez conocer la incidencia del incremento de tráfico en el aumento de costo del mantenimiento de la carretera en estudio, con lo cual nos permitirá determinar un modelo de rehabilitación y mantenimiento para la red vial estatal de la provincia de Chimborazo.

El trabajo de investigación se desarrolla en seis capítulos, a saber:

Capítulo I plantea el problema del deterioro de la superficie de rodadura debido a la falta de un adecuado mantenimiento rutinario y periódico para caminos de volumen de tráfico pesado y la incidencia del aspecto climático al atravesar el proyecto por las faldas del nevado Chimborazo.

Capítulo II trata sobre el marco teórico en el que se funda la investigación de aumento de costo del mantenimiento en base al Elemento variable del costo anual

estimado, misma que está en función del transporte promedio diario anual TPDA, con lo cual se obtiene el costo anual promedio por kilómetro. Además, se presenta criterios utilizados en Colombia, España, Méjico, Perú y Chile con lo cual se complementa la investigación para obtener un modelo de mantenimiento y que será aplicado en la Red Vial Estatal de Chimborazo.

Capítulo III señala la metodología utilizada en la investigación, establece el tamaño de la muestra a partir de la población, y operacionalización de variables en estudio, y finalmente define la relación de objetivos específicos, conclusiones y recomendaciones.

Capítulo IV contiene el análisis e interpretación de resultados efectuados del inventario vial, estudio de tráfico, estudio geotécnico, evaluación funcional y estructural del pavimento existente y se realiza la comprobación de la hipótesis propuesta.

El Capítulo V señala las conclusiones y recomendaciones de la investigación obtenidos a partir del análisis de los resultados.

Capítulo VI presenta la propuesta motivo de la investigación, el proyecto se ha basado en estudios previos de mantenimiento vial realizados por el MTOP, mi experiencia como fiscalizador y supervisor de conservación vial, actividades realizadas por administración directa.

El diseño de la rehabilitación o reforzamiento estructural necesariamente debe tomarse en cuenta la condición de la vía existente en el mismo ancho de la obra básica actual, para el diseño de la rehabilitación de la estructura del pavimento se empleó la metodología AASHTO (versión 1993).

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA**

“Incidencia del incremento de tráfico en el costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda.”

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Contextualización**

El hombre por su propia naturaleza, a través del tiempo ha buscado satisfacer sus necesidades vitales, entre ellas, la comunicación, movilización e integración como actividades prioritarias, tanto individual y colectivamente ha tratado de desarrollar su ingenio aplicando múltiples acciones.

La construcción de caminos ha sido un común, en el desarrollo de las distintas sociedades, llegando a la actualidad donde nos encontramos en un mundo globalizado con marcadas diferencias entre países desarrollados y las naciones en vía de desarrollo, independiente de su condición actual, involucrando el desplazamiento de personas, intercambio de productos utilizando cualquier medio de comunicación disponible para lo cual ha desarrollado optimizando el terrestre, “Manual de proyecto geométrico de carreteras” (Secretaría de Obras Públicas México, 1971: Pág. 1).

En la República del Ecuador, la información acerca de la tendencia histórica del crecimiento del tráfico data solo a partir de 1963 y prácticamente se carece de datos con respecto a la utilización de los vehículos automotores (vehículo –

kilómetros). En consecuencia se estima para nuestro país los indicadores más convenientes para determinar las tendencias a largo plazo.

Sobre el crecimiento de tráfico, están dados por las tasas de crecimiento observadas en el pasado, respecto al consumo de gasolina y diesel, así como respecto a la formación del parque automotor.

En la actualidad, la tarea de planificar el tránsito y transporte vial es una tarea multidisciplinaria, si incurrimos en errores al determinar el volumen de tráfico presente y futuro esto ocasionará que se sobreestime o subestime las inversiones que periódicamente se debe realizar en la carretera.

La información básica dentro de este proceso es el conocimiento del tráfico promedio diario anual (TPDA) y su composición de ahí se derivan otros como: grado de saturación, capacidad, índices de crecimiento, proyecciones etc. y las consecuentes acciones de mantenimiento y mejoramiento, para los periodos que en la vida útil de la carretera se les considera críticos, “Manual Estimación de Tráfico 2003” (MOP Dirección de Planificación, Quito, 2003: Pág. 1).

En los proyectos viales, cuando se trata de mejoramiento de carreteras existentes (rectificación de trazado, ensanchamiento, pavimentación, etc.) o de construcción de carreteras alternas entre puntos ya conectados por vías de comunicación, es relativamente fácil cuantificar el tráfico actual y pronosticar la demanda futura.

Tras un receso en la atención por parte del estado a la Red Vial Nacional, se evidencia un reordenamiento jurídico, institucional y administrativo, en procura de cumplir con la necesidad impostergable de poner expeditas las vías en las distintas regiones del país, mediante los procesos de descentralización y concesiones, delegando responsabilidades a los organismos seccionales y la empresa privada, “Manual Estimación de Tráfico 2003” (MOP Dirección de Planificación, Quito 2003: Pág. 2).

-En base a la experiencia profesional del Autor (1988-2015: 27 años) como técnico del MTOP y en calidad de supervisor de la carretera en estudio señalo:

Dentro del análisis de la carretera propuesta Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato Guaranda de 41 km. de longitud, que une las provincias de Chimborazo y Bolívar considerado como una vía importante dentro de Red Vial Estatal, la vía se encuentra en mal estado, deterioro de la capa de rodadura por el incremento de tráfico, el clima riguroso donde en temporadas de invierno cae nieve en el tramo El Arenal localizado entre las abscisas 0+000 al 11+000 sector el Refugio entrada al nevado Chimborazo.

Es necesario indicar que por esta vía circulan vehículos pesados como volquetes de ejes tándem que transportan material sílice, caliza para la fabricación del cemento Chimborazo y camiones que llevan arena y arcosa para la construcción de bloques y viviendas en la ciudad de Guaranda, actividades que se logró controlar con la intervención del Ministerio del Ambiente.

La carretera cuando se construyó fue diseñada para un TPDA de 1000 vehículos y hoy circulan 3220 vehículos y más aún se caotiza el tráfico cuando ocurre una emergencia vial en la carretera Riobamba-Alausí que es utilizada como vía alterna de comunicación hacia la costa.

Los factores indicados van degradando y causando daños a la estructura del pavimento que se torna difícil para el mantenimiento respectivo, implicando un grave problema para la seguridad y confort de los usuarios.

### **1.2.2. Análisis crítico**

La República del Ecuador es un país en desarrollo y una de sus prioridades de vital importancia es la vialidad, ya que por décadas han sido el principal medio de comunicación de agricultores y comerciantes que lograban sacar sus productos hacia los mercados de las grandes ciudades, las carreteras han sido indispensables en el desarrollo de diversas actividades y regiones en todo el mundo.

La importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente, convirtiéndose en verdaderas vías que impulsan la competitividad de la economía y también, el desarrollo social. Es por tanto indispensable contar con infraestructuras de carreteras que aseguren una circulación segura, cómoda y fluida; al igual que todas las estructuras civiles, éstas necesitan de rehabilitación o reconstrucción en el momento que ya han cumplido su vida útil.

Las características iniciales de toda carretera ya sea nueva, en construcción o después de una reparación, se van degradando con el transcurso del tiempo, siendo diversos factores los que inciden y determinan este proceso de deterioro.

Por una parte tenemos los factores relacionados directamente con las características del propio firme como pueden ser los espesores, los materiales utilizados en su fabricación y deficiente construcción, que podríamos considerar como los factores pasivos de la causa, y por otra parte tenemos los factores activos, verdaderos causantes del deterioro, que son el tráfico y los factores ambientales.

Una de las técnicas de rehabilitación y reconstrucción de vías es el reciclado; se trata de la utilización del pavimento existente en la vías a fin de que este no sea un desperdicio; además, al utilizar esta técnica se minimiza el impacto ambiental, el paisaje se conserva al disminuir la explotación indiscriminada de las canteras de materiales pétreos adyacentes en la vía y el deterioro del medio ambiente es creciente, por esta razón la prevención de los recursos naturales se ha convertido en una preocupación general de todos los sectores productivos. Ante esta situación la construcción ha sido pionera en el desarrollo de técnicas de reutilización de los materiales de desperdicio, tal es el caso de los materiales que se retiran de pavimentos asfálticos de las carreteras durante su reparación o rehabilitación.

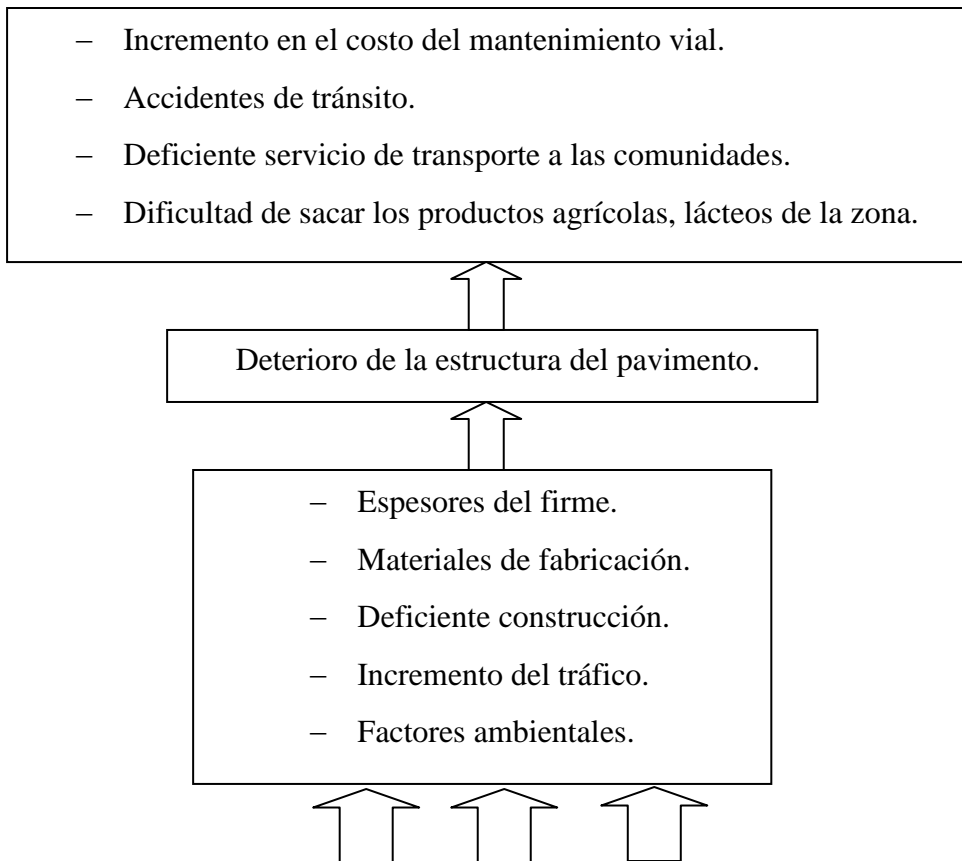
Dentro del análisis de la vía propuesta es indispensable indicar que, revisando su historia constructiva resulta de 20 años con lo cual se deduce por los años de servicio y el incremento de tráfico que ha sufrido un acelerado deterioro de la

capa de rodadura con la formación de múltiples baches que torna difícil el mantenimiento vial.

Por lo expuesto, es prioritaria la rehabilitación y mantenimiento para mejorar el nivel de servicio de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato Guaranda de 41 km. ubicada en la provincia de Chimborazo, “Manual Estimación de Tráfico 2003” (MOP Dirección de Planificación, Quito 2003: Pág. 2, 3).

### 1.2.2.1. Árbol de problemas

Diagrama 1. Árbol de problemas



Fuente: Investigación de campo.

### **1.2.2.2. Relación causa - efecto**

En referencia al Anexo A, la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda de 41 km. de longitud, ubicada en la provincia de Chimborazo, posee una capa de rodadura de doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) y se encuentra deteriorada por el incremento del tráfico producido por la repetición continua de cargas de los vehículos pesados.

La vía fue construida hace 20 años con TPDA de 1000 vehículos y hoy es de 3221 vehículos que transita por esta carretera por cuya razón la estructura del pavimento ha sufrido un acelerado deterioro que resulta difícil y oneroso para el mantenimiento vial por parte del MTOP de Chimborazo. Además, se ha incrementado la población en las parroquias de Calpi y San Juan por donde atraviesa la carretera con la creación de escuelas, colegios, centros de salud y particularmente es una extensa zona agrícola y ganadera.

Es necesario realizar la evaluación funcional y estructural del pavimento existente, estudios de tráfico, Impactos Ambientales (Plan de manejo Ambiental) y un rediseño de la estructura del pavimento para reforzar el firme de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal de 41 km., ubicada en la provincia de Chimborazo, con lo cual se reduciría el costo operacional de los vehículos y el tiempo de viaje a sus destinos, brindando un servicio de seguridad y confort a los usuarios de la carretera en estudio.

Con los antecedentes expuestos, es prioritaria la rehabilitación y mantenimiento para el mejoramiento del nivel de servicio de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato Guaranda de 41 km., de longitud, ubicada en la provincia de Chimborazo.

Finalmente, en cuanto termine la rehabilitación de la carretera debe iniciarse inmediatamente el mantenimiento rutinario aplicando las normas y



especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), con el propósito de preservar el patrimonio vial y su inversión.

### **1.2.3. Prognosis**

En la actualidad, la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Chimborazo está realizando un mantenimiento rutinario de la vía propuesta mediante actividades de bacheo, limpieza de cunetas, alcantarillas, pequeños derrumbes y roce de maleza a cargo de una Microempresa contratada de Conservación vial. Cuando se presenta macroderrumbes el Ministerio aporta con maquinaria para el desalojo de los escombros en las escombreras autorizadas.

Al ejecutar trabajos de bacheo, estos muchas veces no son bien ejecutados y debido a que las capas internas de la estructura se encuentran fatigadas, estos parches no duran mucho tiempo, por lo que se requiere una urgente rehabilitación que de no tomar acciones de solución a este problema, la estructura del pavimento se deformaría con presencia de grietas longitudinales y transversales, hundimientos, piel de cocodrilo formándose en forma de bloques y para habilitar la carretera se tendría que realizar una reconstrucción total de la misma a un costo muy elevado con respecto a la rehabilitación.

### **1.2.4. Formulación del problema**

El incremento del tráfico es la principal causa del deterioro de la estructura del pavimento y además ocasiona el aumento en el costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda.

### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Cuál es el tráfico existente en la vía?
- ¿Cuál es la capacidad soportante de la subrasante?
- ¿Cuál es la estructura del pavimento existente?

- ¿Qué tipos de fallas se encuentran presentes en el pavimento?
- ¿Cuáles son las características socio-económicas del sector?

### **1.2.6. Delimitación**

- **Campo:** Ingeniería Civil, Ingeniería de Vías y Transporte.
- **Área:** Mantenimiento vial.
- **Aspecto:** Deterioro de la estructura del pavimento.
- **Temporal:** La presente investigación se desarrolló entre los meses de octubre del 2014 hasta enero del 2015.
- **Espacial:** Los estudios de campo se los realizó en la carretera Calpi-San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda de 41 km. de longitud, ubicada en la provincia de Chimborazo.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, de la provincia de Chimborazo, fue construida hace 20 años con un tráfico promedio diario anual (TPDA) de 1000 vehículos y hoy el TPDA existente es de 3221 vehículos lo que incide en el acelerado deterioro de la capa de rodadura, la vía atraviesa una extensa zona agrícola y ganadera. Además, en época invernal cuando se produce una emergencia vial de la carretera Riobamba-Alausí E-35 es utilizada como vía alterna que comunica hacia la costa y sur del país. Por las razones anteriormente citadas, se justifica la realización del estudio para el mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, ubicada en la provincia de Chimborazo.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Analizar el incremento del tráfico y su incidencia en el costo del

mantenimiento vial para el mejoramiento del nivel de servicio de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, de la provincia de Chimborazo.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar el inventario vial
- Determinar los espesores del pavimento existente
- Definir el tráfico actual que circula por la carretera
- Determinar las características mecánicas de la subrasante.
- Definir los tipos de fallas encontrados en el pavimento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

- Según el Manual de Mantenimiento para Ingenieros (MOP 1984: Pág. 3), señala: “El programa de mantenimiento deberá ser desarrollado de tal modo que tienda a preservar y mantener las carreteras existentes y mejorar las carreteras inadecuadas por medio de los proyectos de mejoramiento o de rehabilitación”.

-Además el Manual de Mantenimiento para Ingenieros (MOP 1984: Pág. 3) indica los siguientes objetivos específicos:

1. Establecer los niveles de servicio de mantenimiento deseado y posible, asegurando que los mismos sea aplicados uniformemente en toda la nación.
2. Proveer una base objetiva sobre la cual el programa de mantenimiento pueda ser planeado y ejecutado.
3. Utilizar los recursos de personal, equipo, materiales y fondos de la manera más efectiva y eficiente posible.
4. Proveer los mecanismos por medio de los cuales los administradores puedan medir las realizaciones logradas en comparación con los trabajos planeados y tomar las decisiones correctivas que fueran necesarias.

-De acuerdo a las Normas de Ejecución para Mantenimiento de carreteras MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, Dirección de Mantenimiento Vial (MOP 1984: Pág. 3) señala:

Las Normas de Ejecución forman una de las bases de datos principales, requeridas para el Sistema de Manejo de Pavimentos

(SMP) a nivel de la red y para la programación detallada de los trabajos de mantenimiento vial de zona y área.

-Basándose en los estudios de las Normas de Ejecución para Mantenimiento de carreteras MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, Dirección de Mantenimiento Vial (MOP MV 1984: Pág. 8), definen:

- Preparar el programa anual detallado de mantenimiento, con todos los recursos necesarios y tiempos de ejecución requeridos.
- Calcular los costos unitarios de las varias actividades y con el programa anual, el presupuesto anual de mantenimiento.
- Comparar entre varias alternativas de ejecución del mantenimiento de las carreteras para elegir la alternativa más económica.

-Además (Ibídem 1984: Pág. 8,9), señala:

Las normas de ejecución fueron publicadas inicialmente en 1979 y fueron actualizados en 1984. En los 7 años desde 1984 se cambiaron algunos procedimientos de la ejecución de actividades, así como el empleo de varias actividades, su composición de cuadrilla, rendimiento, etc., nuevamente las normas de ejecución de actividades de mantenimiento rutinario, periódico, emergente y de mejoramiento. Por eso se vio la necesidad de actualizarla.

-Basándose en su trabajo de investigación el “Manual de Pavimentos” (Torres M., 2010: Pág. 329), explica que:

El Mantenimiento y Conservación de los pavimentos tiene como objetivo principal el establecimiento de un programa de trabajos e inversiones que se requieren realizar a lo largo de la vida en servicio de una carretera, para mantenerla en el nivel de servicio que ha sido previamente establecido en el diseño de su construcción.

-Según el “Manual de Pavimentos” en su investigación (Torres M., 2010: Pág. 329), señala para el programa de mantenimiento tres objetivos principales:

- *Económico*.- Cuantificar la influencia de los costos de mantenimiento en la evaluación económica del proyecto.
- *Financiero*.- Asignar los recursos necesarios para la conservación adecuada de la vía.

- *Operacional*.- Realizar los trabajos en forma oportuna. Para conservar la estructura en el nivel de servicio inicial.

-Además (Ibídem 2010: Pág. 329), señala para elaborar un programa de mantenimiento eficiente, en términos generales se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Evaluación periódica de las condiciones de servicio.
- Establecimiento de las actividades de mantenimiento.
- Establecimiento de las normas de cantidad o nivel de servicio.
- Establecimiento de las especificaciones para ejecución de los trabajos.
- Elaboración de los programas de trabajo.

-De acuerdo al Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la Red Vial Departamental no pavimentada MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIÓN, República del Perú, (Dirección de General de Caminos y Ferrocarriles 2006: Pág. 11), define:

El “mantenimiento vial”, en general, es el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen el camino y, de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico. En la práctica lo que se busca es preservar el capital ya invertido en el camino y evitar su deterioro físico prematuro.

-Basándose en el Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la Red Vial Departamental no pavimentada MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIÓN, República del Perú, (Dirección de General de Caminos y Ferrocarriles 2006: Pág. 11,12), define el mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico:

Mantenimiento Rutinario es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo del camino y que se realizan diariamente en los diferentes tramos de la vía. Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos del camino con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la construcción o la rehabilitación. Debe ser de carácter preventivo y se incluyen en este mantenimiento, las actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras. En los sistemas

tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socioambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

Mantenimiento Periódico es el conjunto de actividades que se ejecutan en períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de este mantenimiento son la reconformación de la plataforma existente y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino. En los sistemas tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

-Además (Ibídem 2006: Pág. 12), señala:

La base conceptual para lograr un mantenimiento vial que conserve las condiciones físicas del camino y, en consecuencia, sea satisfactorio para los usuarios, está centrada en la aplicación de una gestión que privilegie el actuar con criterio preventivo. Se trata de un cambio en la práctica tradicional de trabajo de actuar para reparar lo dañado por el de actuar para evitar que se dañe. En otras palabras, se trata de ir modificando paulatinamente el quehacer institucional actual en el que prevalecen las acciones correctivas por el que prevalezcan las acciones preventivas.

En la práctica, se trata de realizar el mantenimiento rutinario con intervenciones diarias con el propósito de preservar las condiciones de los elementos del camino y de evitar que se produzca su deterioro prematuro. Asimismo, efectuar el mantenimiento periódico en forma cíclica, con operaciones oportunas para recuperar la condición vial afectada por el uso.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La presente investigación se fundamenta en el paradigma positivista porque el enfoque predominante de la investigación es cuantitativo, que permitiría obtener datos reales del tráfico para el mejoramiento del pavimento, evaluación funcional y estructural del pavimento existente, inventario físico de la carretera y presupuesto de mantenimiento de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal, ubicada en la provincia de Chimborazo.

-Según (Cipriano N., 2000: Pág. 20) indica que:

“El volumen de tránsito que circula por una vía puede permanecer constante o crecer como una ecuación matemática”.

-Además (Cipriano N., 2000: Pág. 21) explica que:

El crecimiento normal del tránsito debido al incremento de la población y del mayor uso de los vehículos, hay que considerar el tránsito atraído, por causa de las mejoras del pavimento y el generado, que aparece como consecuencia del desarrollo económico y social, como influencia del proyecto de pavimentación.

-Según el Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, República del Ecuador (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1975: Pág. 4) explica que:

“Para la programación de los trabajos, el Departamento de Mantenimiento Vial, periódicamente actualizará el inventario de carreteras cuyo mantenimiento y mejoramiento tomará bajo su responsabilidad”.

-Basándose en el Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, República del Ecuador (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1975: Pág. 4) indica que:

Los costos de mantenimiento rutinario de carreteras que servirán para la elaboración de presupuestos se establecerán en base a costos promedio por kilómetro y se considera que en ellos existen las dos componentes siguientes:

a) Un elemento constante del costo, que no está relacionado con el volumen de tránsito y que principalmente incluye el mantenimiento de taludes, estructuras menores y señales, así como desalojo de derrumbes. El equipo y mano de obra a emplear será proporcional a la longitud de la carretera.

b) Un elemento variable de costo, que está en función del volumen de tránsito que circula por la carretera. Los cálculos se basarán en proporciones representativas de vehículos livianos y pesados.



-De conformidad a las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes (MOP – 001 – F – 2002: Pág. 160), indica:

Con respecto a la Conservación de la flora y fauna nativas.- Un manejo racional de la vegetación y fauna nativas que se encuentra en la zona de la obra dará como resultado la conservación del patrimonio natural; además, el disponer de una educación y conciencia ambiental por parte de cada uno de los obreros que laboran en la obra, permitirá lograr los objetivos que se pretende alcanzar con la aplicación de lo descrito en esta sección.

-De acuerdo a las Especificaciones para Mantenimiento Rutinario y Control de Emergencias Viales (MOP, 2005: Pág. 2), indica:

Nunca se ha construido un pavimento que no exija conservación. Esta comienza tan pronto como se termina la construcción de un pavimento nuevo, y es el arte de mantener un pavimento en sus condiciones de máxima utilidad con un mínimo de gasto y molestias para el tráfico.

### **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó las Normas de Ejecución para Mantenimiento de carreteras, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, Dirección de Mantenimiento Vial, MOP MV 1984, Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras MOP – 001 – MV 1975, Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F – 2002 Quito 2002 y AASHTO '93.

-Según el Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, República del Ecuador (MOP, 1975: Pág. 1) indica que:

El mantenimiento es una labor que debe realizarse a continuación de que las carreteras se hallan terminadas en su construcción y que hayan sido abiertas al tránsito de vehículos.

El Ministerio de Obras Públicas procurará conservar las carreteras en las mejores condiciones de servicio y hasta donde sea posible, con las características con que fueron construidas, tratando de mejorarlas gradualmente para dar comodidad y seguridad a los usuarios y al mismo tiempo conseguir economía en el transporte terrestre.

Este Manual tiene por finalidad dar las normas básicas para el mantenimiento de carreteras, sin embargo, en la práctica se podrá encontrar la manera más eficiente y métodos más adecuados para efectuar algunas fases del trabajo.

-De conformidad a las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes (MOP – 001 – F – 2002. Pág. VII-270), señala que:

Considera una serie de actividades tendientes a delimitar y señalar a las áreas de trabajo de tal forma de generar todas las condiciones de seguridad a los usuarios de la vía y a los obreros de la misma en sus etapas de construcción y mantenimiento vial.

-Según el Reglamento Aplicativo de la Ley de Caminos, No. 80, (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1984, Pág. 21), República del Ecuador, Capítulo I del Control de los Caminos Públicos Art. 4°. Establece:

En casos particulares de vías de mayor importancia, se emitirá el Acuerdo Ministerial que amplíe el derecho de vía según las necesidades técnicas.

Queda absolutamente prohibido a los particulares, construir, plantar árboles o realizar cualquier obra en los terrenos comprendidos dentro del derecho de vía salvo cuando exista autorización del Ministerio de Obras Públicas y con excepción de los cerramientos que se efectuarán con material que sea fácilmente transportable a otro lugar, tales como las cercas de mallas de alambre o de alambre de púas.

-Además la Legislación sobre la Vialidad, Corporación de Estudios y Publicaciones, actualizada a marzo del 2012, 7. Administración de la Red de vías Primarias y Secundarias a nivel Nacional, Decreto Ejecutivo 860, (Noboa G., 2008, Pág. 1) decreta:

Art. 1.- [Administración de vías primarias y secundarias].- La red de vías primaria y secundaria a nivel nacional, será administrada única y exclusivamente por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a excepción de aquellas que, en la actualidad se encuentran entregadas en concesión por los respectivos gobiernos seccionales, en cuyo caso se estará a lo acordado en los respectivos contratos.

## **2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **2.4.1. Visión dialéctica de conceptualizaciones que sustentan las variables del problema**

#### **2.4.1.1. El incremento de tráfico**

-Según (Cipriano N., 2000: Pág. 20, 21) define:

El volumen de tránsito que circula por una vía puede permanecer constante o crecer según una ecuación matemática. En algunos casos, las autopistas o las vías que forman parte del sistema troncal de comunicación, pueden tener un crecimiento similar al que se presenta con el dinero colocado a interés compuesto. En vías de menor importancia o en áreas donde el crecimiento poblacional o comercial es difícil, el tránsito puede crecer en forma lineal, no hacerlo como ocurre con algunas vías de carácter netamente residencial o en ciertas áreas no urbanizadas donde se presenta una tasa de crecimiento al desarrollarse un tránsito de vehículos mayor en la etapa de construcción que en su operación normal.

El crecimiento normal del tránsito debido al incremento de la población y del mayor uso de los vehículos, hay que considerar el tránsito atraído, por causa de las mejoras en el pavimento y el generado, que aparece como consecuencia del desarrollo económico y social, como influencia del proyecto de pavimentación.

-Basándose en Informe No. 96 del estudio de “Tratamiento Superficiales” publicado por el (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1971: Pág. 34) señala:

Las condiciones variables tiene como consecuencia volúmenes fluctuantes de tráfico así como diversos tipos de tráfico, haciendo difícil el pronóstico de las exigencias a las que una vía determinada se verá sometida en el futuro, y es por esta razón que en realidad muchas carreteras están soportando volúmenes de tráfico que exceden mucho su capacidad. Tales situaciones darán por resultado el deterioro prematuro de la vía sin consideración del diseño ni de los procedimientos de construcción seguidos.

#### **2.4.1.1.1 Objetivo del incremento de tráfico**

-Aplicando los resultados publicados por el Ministerio de Transporte, República de Colombia, Instituto Nacional de vías (Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998: Pág. 13), establece:

El objetivo básico del incremento de tráfico es la cuantificación del número acumulada de ejes simples equivalente de 8.2 toneladas (N) que circulan por el carril de diseño durante un determinado periodo de diseño, que normalmente oscila de diez (10) a veinte (20) años según la categoría de la vía.

El tránsito es uno de los parámetros de diseño fundamentales, y aunque se pueden permitir ciertas imprecisiones en la determinación de esta variable, siempre será necesario conocerla para poder determinar los espesores de las capas que constituyen el pavimento. Dentro del procesamiento de los datos relacionados con el tránsito, es necesario distinguir los siguientes aspectos:

- Tránsito promedio diario.
- Clasificación de vehículos.
- Factores de equivalencia de carga para cada tipo de vehículo.
- Distribución direccional.
- Distribución de carril.
- Proyección de las variables en la vida de diseño.

El tránsito promedio diario es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitarán el pavimento. En general, se cuenta con conteos en secciones de rutas para las cuales existen cambios significativos de los volúmenes. Los conteos se ejecutan con el objeto de verificar fundamentalmente condiciones de operación, por lo que se realizan con mucha más frecuencia que los pesajes de vehículos.

#### **2.4.1.1.2. Configuración de ejes**

De acuerdo a (Cipriano N., 2000: Pág. 17) explica que:

“Las cargas de los vehículos se transmiten al pavimento a través de llantas, dispuestas en grupo de líneas de rotación llamadas ejes, estos se clasifican de la siguiente manera (Figura 1)”.

#### **- Simple**

Con una sola línea de rotación.

- De llanta sencilla: Cuando es de dos llantas.
- De llanta doble: cuando es de cuatro llantas.

#### **- Tándem**

Conformado por dos líneas de rotación, separadas entre 1,0 y 1,6 metros y dotado de un dispositivo de distribución de cargas entre sus dos líneas de acción.

- De llanta sencilla: Cuando el conjunto es de cuatro llantas, dos por línea de rotación.
- De llanta doble: Cuando el conjunto es de ocho llantas, cuatro por línea de rotación.
- Mixto: Cuando el conjunto tiene una línea de rotación de llanta sencilla y otra de llanta doble (seis llantas en el conjunto).

#### **- Trídem o Tándem triple**

Conformado por tres líneas de rotación, igualmente separadas en un espacio entre 2,0 y 3,2 metros y con un dispositivo de distribución de cargas entre las mismas.

- De llanta sencilla: Cuando el conjunto es de seis llantas.
- De llanta doble: Cuando el conjunto es de doce llantas.
- Mixto: Cuando tiene una combinación de líneas de rotación con llanta sencilla y llanta doble y el conjunto tiene ocho o diez llantas.

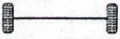
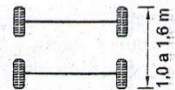
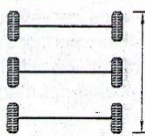

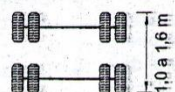
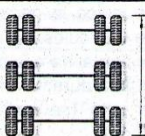
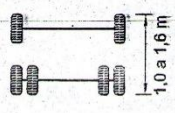
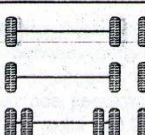
Eje	Simple	Tándem	Tridem (Tándem triple)
De llanta sencilla			
De llanta doble			
Mixto			

Figura 1. Configuración de los diferentes tipos de ejes.

Fuente: De Cipriano A. Londoño N.

#### 2.4.1.1.3. Nomenclatura de los vehículos

-Además (Cipriano N., 2000: Pág. 17, 18) publica:

“Con el objeto de clasificar los vehículos en un número razonable de categorías, se dividen en tres grandes grupos así”:

**-Tipo A.** En este grupo se clasifican los automóviles, camperos, camionetas y microbuses.

**-Tipo B.** En este grupo se clasifican las busetas y los buses.

**-Tipo C.** En este grupo se clasifican los camiones, que son aquellos vehículos destinados al transporte con más de dos toneladas de carga. En esta categoría se encuentran: Los rígidos, cuando soportan sobre sus ejes únicamente el peso transportado por sí mismo y los articulados, si el camión compuesto por dos unidades, una de ellas de ellas tractora y la otra semirremolque o remolque.

La diferencia entre el semirremolque y el remolque radica en que el primero le transmite parte de la carga a la unidad tractora, mientras que el remolque no.

Se nombra en su orden el tracto camión con la letra C, el semirremolque con la letra S y el remolque con la letra R; a continuación de cada letra el número de líneas de rotación de la unidad vehicular correspondiente.

La representación esquemática 13, 14 de los vehículos más comunes se observa en la figura 2.

-Según (Cipriano N., 2000: Pág. 20), indica:

El Volumen de Tránsito.- Se debe tener en cuenta que al diseñar los pavimentos se calcula el volumen total de ejes o vehículos que pasarán por la estructura durante el periodo de diseño. Para esto, con base en la ecuación que expresa el crecimiento de tránsito se hace la sumatoria para los años considerados y se multiplica por 365.

#### **2.4.1.1.4. Métodos para cuantificar el tránsito que pasa por una sección de la vía.**

##### **-Distribución de las cargas**

Es necesario calcular la distribución de las cargas en los ejes sencillos, tándem y trídem que se espera que pasaran durante el periodo de diseño. El cálculo se puede hacer de tres formas, así:

- Mediante un estudio especial de tráfico para establecer las cargas de los ejes para un proyecto específico. Los ejes de todos los vehículos clasificados en las categorías B y C se pesan con ayuda de básculas, anotando en cada caso la clase de vehículo y el tipo de eje pesado, ya sea simple, tándem o trídem.
- Mediante los datos de distribución de cargas de una oficina competente realizados en vías con características similares al proyecto en cuestión.
- Cuando la distribución de las cargas por eje no está disponible, se puede recurrir a procedimientos simplificados.

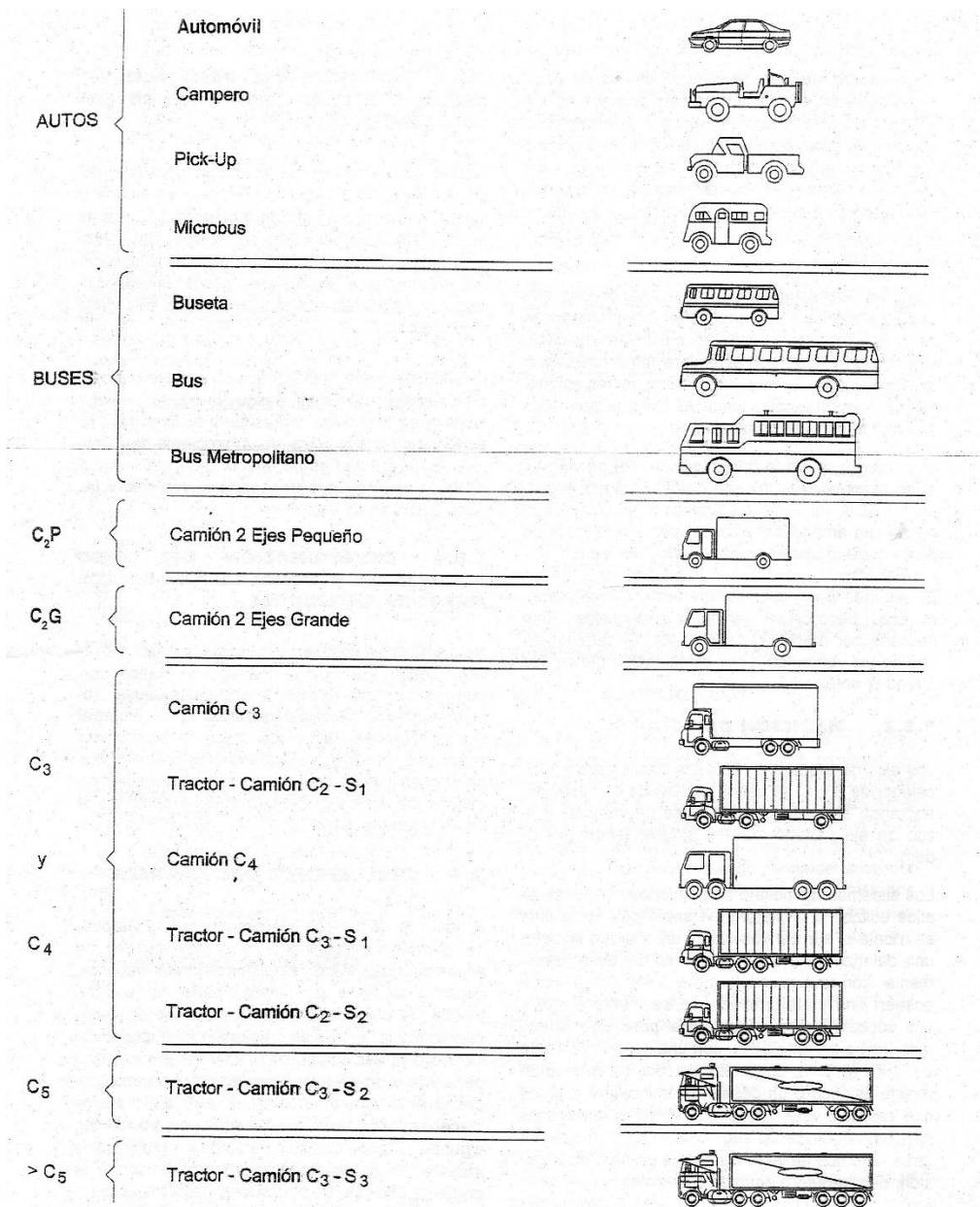


Figura 2. Clasificación de ejes.

Fuente: Cipriano A. Londoño N.

Los estudios de tránsito para el diseño de pavimentos parten del conteo de una muestra de los vehículos que circulan por la vía a pavimentar, o cuando se trata de una nueva, por una existente con características similares a la proyectada, para luego, con base en estimativos de crecimiento, establecer cuál será el volumen total de vehículos que transitarán durante un periodo de diseño fijado previamente.



Visto así, los estudios de tránsito tienen una alta dosis de predicción, lo que obliga hacer cuidadosos en la elección de la rata de crecimiento y de la muestra a evaluar, con el fin de evitar errores en el diseño del pavimento y, por lo tanto, en las asignaciones presupuestadas para su construcción, bien sea por defecto o por exceso.

El primer paso en la determinación del tránsito es el de establecer el tránsito diario promedio semanal – TPDS, es decir el número de vehículos que pasan (en ambas direcciones) por una sección de la vía durante una semana, dividido para siete.

El segundo paso consiste en determinar el número, tipo y peso de los vehículos-comerciales.

#### **2.4.1.2. Costos de mantenimiento**

-Según el Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, MOP-001-MV República del Ecuador (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1975: Pág. 4, 5, 9-12) indica:

Para la programación de los trabajos, el Departamento de Mantenimiento Vial, periódicamente actualizará el inventario de carreteras cuyo mantenimiento y mejoramiento tomará bajo su responsabilidad. Se incorporarán al inventario todas las carreteras cuya construcción haya sido terminada en el periodo de tiempo fijado.

Los costos de mantenimiento rutinario de carreteras que servirán para la elaboración de presupuestos se establecerán en base a costos promedio por kilómetro y se consideran que en ellos existen los dos componentes siguientes:

- a) Un elemento constante del costo, que no está relacionado con el volumen de tránsito y que principalmente incluye el mantenimiento de taludes, estructuras menores y señales, así como desalojo de derrumbes. El equipo y mano de obra a emplear será proporcional a la longitud de la carretera.
- b) Un elemento variable de costo, que está en función del volumen de tránsito que circula por la carretera. Los cálculos se basarán en proporciones representativas de vehículos livianos y pesados.

Las operaciones y cantidades básicas de los rubros de mantenimiento, que se consideren necesarias para mantener en buenas condiciones un tramo típico de carretera bien construida, serán para cada clase de carretera y de conformidad con la modalidad de empleo de mano de obra y de equipo utilizados en el país.

#### 2.4.1.2.1. Costo anual promedio estimado de mantenimiento para carreteras con superficie de rodadura de carpeta asfáltica (Clase I)

Ancho de calzada representativo de 7,30 metros, ancho total de espaldón pavimentado de 5,0 metros y asumiendo una proporción representativa de vehículos livianos y pesados; dado el grado de precisión de los cálculos se puede considerar los valores que se obtengan como válidos para un ancho entre 6,5 y 7,5 metros. Las tarifas para maquinaria son para propiedad y operación.

##### -Elemento constante del costo anual estimado.

El trabajo involucrado en esta fase del mantenimiento sería esencialmente lo mismo que el requerido para una carretera de la Clase II; sin embargo, el nivel de conservación para esta clase de carretera sería algo superior y por lo tanto se estima el costo constante por kilómetro por año en un 5 por ciento más que el costo correspondiente para carreteras de Clase II.

Costo constante estimado por kilómetro por año = 1,05 x costo para carreteras Clase II.

##### -Elemento variable del costo anual estimado.

Número de Vehículos (TPDA)	Bacheo Requerido m2/km/Año		Resello Requerido m2/km/Año	
	Calzada	Espaldones	Calzada	Espaldones
2.000	5	1	1.250	800
3.000	10	3	1.330	830
4.000	20	5	1.450	900
5.000	35	9	1.650	980
6.000	55	15	1.900	1.100
7.000	75	20	2.400	1.320
8.000	100	25	2.900	1.600
9.000	130	35	3.600	2.000
<b>10.000</b>	<b>160</b>	<b>45</b>	<b>2.900</b>	<b>2.000</b>
12.000	230	70	3.650	2.500
15.000	360	140	4.900	3.400
20.000	630	340	7.300	5.000

*Nota: Cuando el tránsito llega a 10.000, el mantenimiento de la estructura del pavimento aumentará súbitamente; así mismo el de los espaldones porque muchos vehículos transitarán por los espaldones. Para este volumen y volúmenes más altos el resello será un tratamiento bituminoso doble.*

Se considerará un transporte promedio de 20 kilómetros, para los agregados y se estimarán los siguientes costos:

Para bacheo:	\$.--- por m2
Tratamiento bituminoso simple:	\$.--- por m2
Tratamiento bituminoso doble:	\$.--- por m2

Número de Vehículos (TPDA)	Costo Estimado de Bacheo \$. km / Año	Costo Estimado de Resello \$. Km / Año	Costo Variable Total \$. Km. / Año
2.000	----	----	----
3.000	----	----	----
4.000	----	----	----
5.000	----	----	----
6.000	----	----	----
7.000	----	----	----
8.000	----	----	----
9.000	----	----	----
10.000	----	----	----
12.000	----	----	----
15.000	----	----	----
20.000	----	----	----

**2.4.1.2.2. Costo anual promedio estimado de mantenimiento para carreteras con superficie de rodadura de doble tratamiento superficial bituminoso (Clase III).**

- **Elemento constante del costo anual estimado**

a) Operaciones de limpieza de los espaldones y taludes:

No. de peones x \$.--- por día x F x 260 días por año . . . \$.---

No. de capataces x \$.--- por día x F x 260 días por año . . . \$.---

No. de volquetes de --- m3 x 260 días x 8 x \$ .--- por hora . . . \$.---

b) Limpieza de cunetas, emparejamiento de espaldones y taludes, limpieza y reparaciones menores de alcantarillas y puentes:

No. de horas de moto niveladora x \$ . - - - por hora . . \$. - -  
 No. de peones x No. de días x \$. - - - por día x F. . . \$. - - -  
 1capataz x No. de días x \$. - - - x F. . . \$. - - -  
 1 volqueta de - - - m3 x No horas x \$. - - - hora . . . . .\$. - - -

c) Remoción de derrumbes y reparación del pavimento dañado por derrumbes.

1. En terreno llano, costo . . . . . \$. - - -
2. En terreno ondulado: No. de horas de buldozer x \$. . - - -  
 por hora y No. de horas de cargadora frontal x \$. - - -  
 por hora, más costo de bacheo . . . . . \$. - - -
3. En terreno montañoso: No. de horas de buldozer y No. de horas de cargadora frontal, más costo de bacheo . . . .

d) Mantenimiento del señalamiento de la vía, pintura y guardacaminos. . . . .\$. - - -

e) Servicios administrativos de apoyo y gastos misceláneos.

Suman: Para terreno llano...\$---  
 Para terreno ondulado.... ----.  
 Para terreno montañoso...---

Costo constante estimado por kilómetro por año:

Terreno llano . . . \$. . . .  
 Terreno ondulado . . . . .  
 Terreno montañoso . . . . .

**Nota: F = Factor por carga sociales y días trabajados.**

Cuando es muy reducido el rango de costo constante estimado entre diferentes clases de terreno, se adoptará un promedio ponderado en cualquier terreno. . . \$.

**-Elemento variable del costo estimado**

Número de vehículos (TPDA)	Bacheo requerido m2 / km / Año	Resello requerido m2 / km / Año
100	5	840
200	8	970
300	12	1.120
400	18	1.250
600	30	1.580
800	45	1.900
1.000	65	2.200
1.500	125	3.150
2.000	200	4.100
3.000	370	6.400

Considerando un transporte promedio de 20 kilómetros para los agregados, se estimarán los siguientes costos:

Para bacheo: \$. 9,80 por m<sup>2</sup>

Para resello: \$. 0,88 por m<sup>2</sup>

Número de vehículos (TPDA)	Costo estimado de Bacheo \$./ km / Año	Costo estimado de Resello \$./ km / Año	Costo Variable Total \$./ km / Año
100	49,00	739,20	788,20
200	78,40	853,60	932,00
300	117,60	985,60	1103,60
400	176,40	1100,00	1276,40
600	294,00	1390,40	1684,40
800	441,00	1672,00	2113,00
1.000	637,00	1936,00	2573,00
1.500	1225,00	2772,00	3997,00
2.000	1960,00	3608,00	5568,00
3.000	3626,00	5632,00	9258,00

#### **2.4.1.3. Mantenimiento vial**

-De acuerdo al Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, República del Ecuador (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1975: Pág. 2-1, 2-2, 2-3), establece las definiciones:

Conjunto de actividades destinadas a preservar, en forma continua y sostenida, el buen estado de las vías, de modo que garantice un servicio óptimo al usuario. La conservación vial comprende actividades tales como el mantenimiento rutinario y periódico, la rehabilitación y el refuerzo de la superficie de rodadura, así como el mantenimiento y la rehabilitación de las estructuras de puentes.

##### **2.4.1.3.1 Tipos de mantenimiento**

###### **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de la vegetación, reparaciones menores y localizadas de pavimentos y la restitución de la demarcación, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, para preservar la

condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías. Incluye también la limpieza y reparación menores de las estructuras de puentes.

### **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades programables, previas evaluaciones de deterioro de la calzada, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de tratamientos superficiales o carpetas asfálticas, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente. El mantenimiento periódico de los puentes incluye la limpieza, pintura y reparación o cambio de elementos estructurales dañados o de protección.

### **Mantenimiento preventivo**

Es necesario evitar prematuros deterioros en las vías para lo cual se realizarán inspecciones constantes que permitan conocer el estado en que se encuentra cada una de sus partes a fin de aplicar medidas correctivas con la debida anticipación.

El mantenimiento preventivo deberá comenzar desde el momento en que se proyecta una vía, dándole las características adecuadas para el volumen de tránsito que va a soportar, a las condiciones topográficas y climáticas de la zona por la que va a atravesar. En el proceso de construcción se llevará un estricto control para que se cumplan con las especificaciones y se empleen los métodos constructivos adecuados.

Es recomendable por lo tanto que al proyectar una nueva vía o cuando se proyecten mejoras, se consulte al personal de Departamento de Mantenimiento que por sus funciones y experiencia estará en condiciones de proporcionar datos que ayudarán a los proyectistas. Así mismo en la recepción de vías terminadas será importante que Ingenieros de Mantenimiento tengan intervención directa para que puedan conocer el estado en que reciben y oportunamente hagan sus observaciones para evitar problemas en la etapa de mantenimiento.

En general el método más efectivo y económico para controlar los daños en una vía es previniéndoles, de ahí que esta clase de mantenimiento debe ser tomado muy en cuenta.

## **Emergencias**

“Los trabajos que debido a la acción de las fuerzas ambientales son requeridos para corregir peligros en la vía y permitir el tránsito normal de vehículos”.

## **Rehabilitación**

“Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o de la calzada, previa demolición parcial de la estructura existente”.

## **Reconstrucción**

“Renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición parcial o completa de la estructura existente, se realiza cuando la rehabilitación ya no es posible”.

## **Mejoramiento**

Los trabajos de mayor magnitud, producto de estudios especiales que tienen como objeto agregar nuevas características que no estaban previstas en el diseño original, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura, la pendiente longitudinal, y los trabajos de renovación de la superficie y de rehabilitación.

### **2.4.1.3.2. Subsistema para mantenimiento periódico.**

Las actividades de mantenimiento periódico se programan a corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de dar soluciones de mantenimiento y rehabilitación a las carreteras, en forma oportuna y con un sustento técnico y económico de las inversiones que deban efectuarse.

Realizar los trabajos de mantenimiento cuando corresponde ejecutarlos, representan grandes ahorros de recursos financieros.

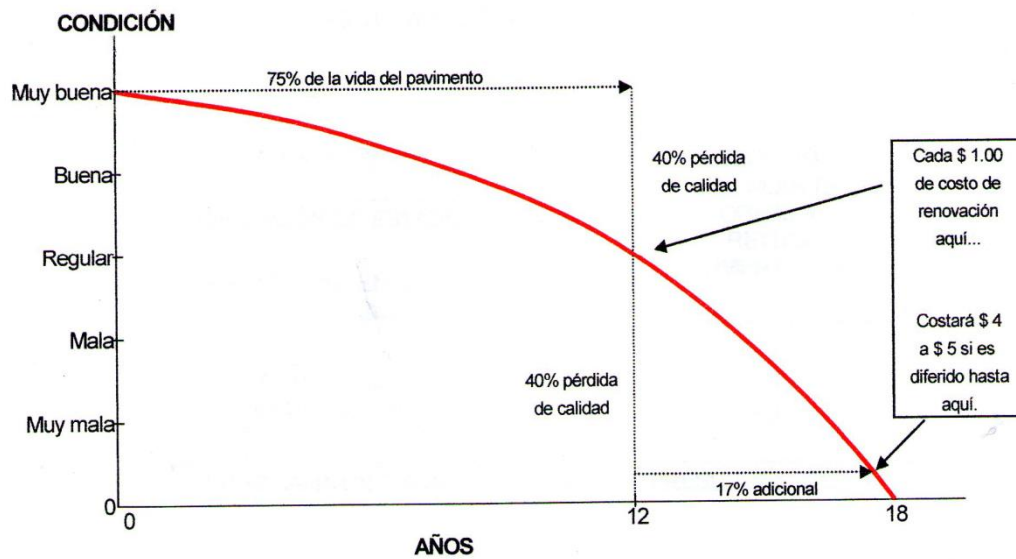


Figura 3. Condición de la Vía vs. Años de Servicio

Fuente: AASHTO 93

Hoy en día, los Sistemas de Gestión de Pavimentos, son utilizados como herramientas o métodos para planificar, programar, diseñar y mantener los pavimentos en condiciones aceptables de servicio. Para la aplicación de una acción o una estrategia de mantenimiento vial, cuyas decisiones son básicamente de carácter técnico, los datos requeridos esta relacionados con las condiciones o estado del pavimento, el nivel de servicio que presta la carretera, la generación y análisis de las alternativas y el presupuesto de ejecución. Es de vital importancia conocer las causas que originan el problema, para aplicar una determinada solución.

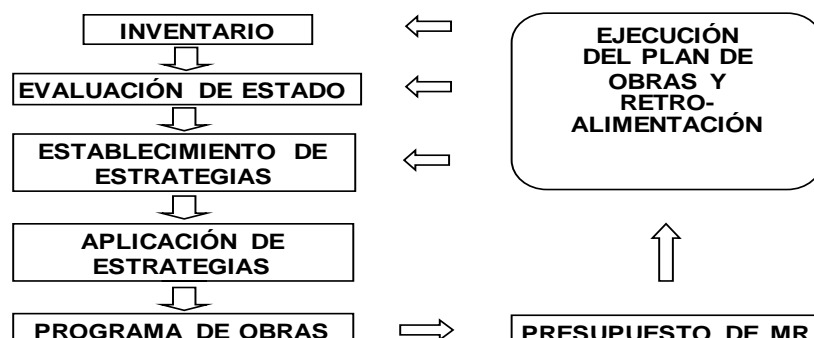


Figura 4. Esquema detallado de SGP

Fuente: AASHTO 93



#### 2.4.1.4. Inventario físico

“Se establecerá una base de datos para disponer de toda la información del inventario físico de la carretera; en el presente caso el inventario de las características viales, se detalla en el Subsistema de mantenimiento rutinario.”

#### 2.4.1.5. Evaluación del estado y comportamiento del pavimento

La estimación de las condiciones de la calzada o evaluación subjetiva, es utilizada como un proceso para definir cuales condiciones de la carretera, está bajo estándares predefinidos y que requerirán posteriores investigaciones y un estudio de evaluación objetiva que incluya una evaluación estructural del pavimento.

La evaluación estructural permite determinar la capacidad estructural del pavimento y la determinación de las causas para llegar a un nivel de condición.

Los defectos encontrados luego de un estudio de condiciones se muestran en la Tabla 1 y están relacionados con la seguridad de la vía, comodidad del usuario cuando se desplaza por la carretera y calidad de servicio que la carretera brinda al usuario.

Como los trabajos de mantenimiento vial, son utilizados para reducir el deterioro de vía, es necesario entonces identificar las causas que impiden se conserve su estructura inicial durante el período para el que fue diseñado, las acciones que deben tomarse y actividades que deben realizarse, para evitar el deterioro del pavimento y extender la su vida útil.

Tabla 1. Defectos encontrados luego de un estudio de condiciones

Cunetas laterales y sobre anchos	Sedimentación Socavación Muy poco profundas
Puentes y Alcantarillas	Sedimentados o bloqueados Desagües obstruidos Daño estructural
Implementación de señales	Sucias / Corroídas Dañadas / Ilegibles Ausencia
Caminos Pavimentados	Fallas superficiales: Grieta, (pero no hundimiento) Baches: Hinchamiento del bitumen Fallas estructurales: Hundimiento Grieta y hundimiento (juntas) Baches

Fuente: Manual de Mantenimiento para Ingenieros.

-Según (Highway Capacity Manual, TRB. 1985: Pág. 10,11), Explica que:

Los niveles de servicio utilizan el porcentaje de demora en tiempo como medida primordial para definir los niveles de servicio en carreteras de dos carriles. A continuación se indica los niveles de servicio:

- Nivel de Servicio A.- Define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de demora, en tiempo, inferior al 30%.
- Nivel de Servicio B.- Define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de demora, en tiempo, entre el 30 y 45%.
- Nivel de Servicio C.- Define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de mora, en tiempo, entre el 45 y 60%.
- Nivel de Servicio D.- Define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de mora, en tiempo, entre el 60 75%.
- Nivel de Servicio E.- Define las condiciones de circulación existentes en carreteras de dos carriles cuando se produce un porcentaje de mora, en tiempo, superior al 75%. La máxima intensidad alcanzable en este nivel de servicio define la capacidad de la carretera.
- Nivel de Servicio F.- Representa una circulación muy congestionada con una demanda superior a la capacidad.

En la Tabla 2 se presenta el criterio utilizado para definir los niveles de servicio en función del porcentaje de demora en tiempo.

Tabla 2. Niveles de Servicio en función del porcentaje de demora de tiempo.

Niveles de Servicio	Porcentaje de demora en tiempo (%)
A	$\leq 30$
B	$\leq 45$
C	$\leq 60$
D	$\leq 75$
E	$\geq 75$
F	100

Fuente: Highway Capacity Manual, TRB; 1985

### **Seguridad - Resistencia al deslizamiento.**

Es el principal factor relacionado con el pavimento y está determinado por el contacto de los neumáticos de los vehículos con la superficie de la calzada, por lo que dependerá del vehículo, de su carga, de la velocidad, del tipo de llantas del inflado de estas; de la calidad y espesor de la capa de rodadura y su textura; del agua que se desliza por la superficie del pavimento y del drenaje en general. La resistencia al deslizamiento es el coeficiente de fricción.

La falta de seguridad en una sección de la carretera, es identificada cuando el coeficiente de fricción establecido para un tipo de superficie, comience a disminuir o cuando la tasa de accidentes vaya en aumento. Para tomar las acciones correctivas, se medirán las áreas desgastadas, la textura del pavimento, se revisarán las obras de drenaje como cunetas, alcantarillas, encauzamientos, drenes y subdrenes.

### **Comodidad - Deterioro de la superficie y capacidad estructural (Deformaciones).**

La pérdida de comodidad de viaje se produce cuando ha iniciado el deterioro superficial del pavimento, debido al desgaste de los materiales que componen la calzada o pavimento, por las condiciones ambientales a las que se halla expuesta, por envejecimiento de los materiales y el paso continuo de los vehículos que circulan por la carretera.

El efecto combinado tráfico-tiempo, o repetición de cargas por eje de los vehículos, sobre la estructura del pavimento produce esfuerzos y deformaciones que deterioran el pavimento y se observará la presencia de fisuras y grietas longitudinales y transversales por la fatiga y desgaste de los materiales componentes; las condiciones atmosféricas en el pasar del tiempo, actúan sobre los materiales asfálticos que se vuelven más frágiles y tienden a desintegrarse, produciéndose desprendimientos que ocasionan los baches.

Se observarán fisuras por fatiga o tipo piel de cocodrilo, fisuras superficiales longitudinales y transversales y deformaciones permanentes del pavimento.

La pérdida de comodidad, se mide en forma visual o con equipos de evaluación, con lo cual se determina el tipo de fallas, la severidad y la extensión de la falla.

Los modelos de deterioro consideran una fase inicial de vida del pavimento, sin que se puede apreciar en forma visual las fisuras y

una segunda fase en la que se puede apreciar fallas de magnitud y severidad muy baja, luego aparecerán éstas con severidad mediana y posteriormente fisuras de magnitud y severidad alta, comenzando el deterioro agresivo del pavimento; igual situación ocurre con el desprendimiento de agregados que es sinónimo de presencia de baches.

La comodidad de viaje también se pierde por la disminución de la capacidad estructural del pavimento, que impide soportar el peso y carga de los vehículos, produciéndose fisuras y deformaciones en la carretera.

Las deformaciones en las calzadas de hormigón asfáltico, se reflejan en las huellas que los neumáticos de los vehículos van dejando al paso, debido a la falta de capacidad estructural del pavimento.

Como respuesta al paso repetido de los vehículos, se presenta el ahuellamiento en el pavimento.

Estas deformaciones producidas en el pavimento se determinan midiendo la deflexión.

La medida de las deformaciones nos permite calcular las necesidades de una nueva estructura, nos permite efectuar un diseño real y apropiado del refuerzo para reducir los costos de rehabilitación de la carretera.

#### **2.4.1.6. Calidad de Servicio - Serviciabilidad.**

La calidad y confort de viaje, se ve afectado cuando aparecen irregularidades sean estas longitudinales y/o transversales, en la superficie de la vía.

La pérdida de calidad, es medida por la respuesta del vehículo frente a las irregularidades que presenta la carretera cuando circula por esta.

Desde el punto de vista de los usuarios de la carretera, la calidad de viaje podría ser el único parámetro que influye en su opinión acerca del estado en que se encuentra la carretera, puesto que las desigualdades longitudinales principalmente, llevan una calidad de viaje muy pobre, que se traduce en un aumento de los costos de operación vehicular, puesto que existe una relación directa entre calidad de viaje y costo de operación de los vehículos.

“La calidad de viaje por una carretera decrece con el paso del tiempo, según la Figura 5”.

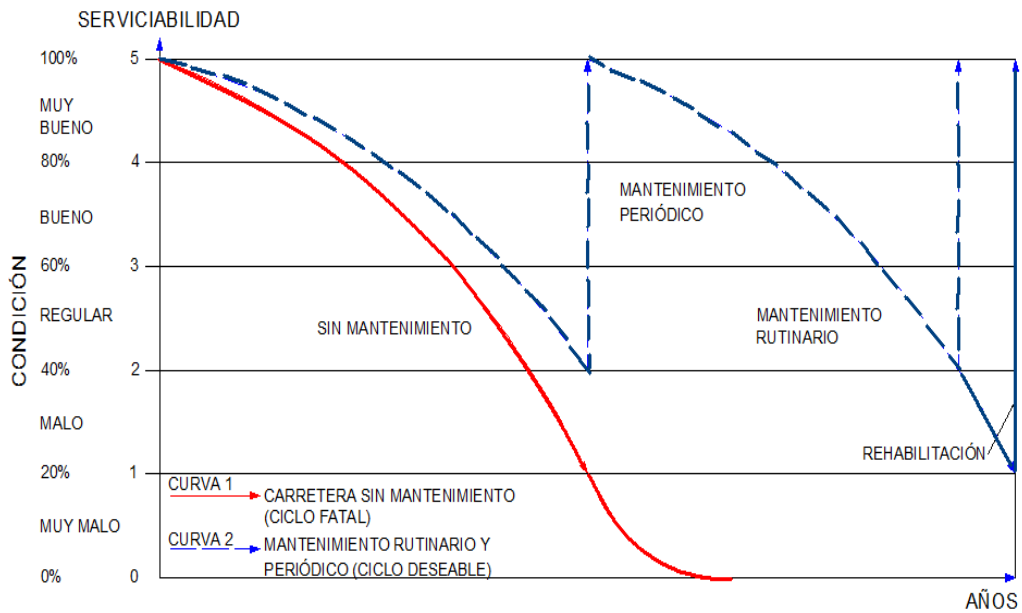


Figura 5. Efectos de mantenimiento sobre el nivel de serviciabilidad.

Fuente: AASHTO 93

“El gráfico indica el efecto del mantenimiento sobre el nivel de serviciabilidad, y se puede decir que un programa regular de mantenimiento puede mantener el nivel de servicio sobre el nivel mínimo acordado”.



Figura 6. Escala de nivel de servicio.

Fuente: AASHTO 93

El concepto general de serviciabilidad corresponde a la AASHTO Road TEST y es la medida del estado y condición de la carretera para soportar el tráfico sin peligro y es evaluada en función de la calidad del pavimento.

La AASHTO ha determinado un nivel de servicio en una escala de clasificación de 0 para una condición muy mala hasta 5 para una condición muy buena; los valores entre 0 y 5, ver Figura 6; corresponde al Índice Actual de Serviciabilidad calculado mediante un fórmula matemática en la que intervienen en forma combinada todos los tipos de fallas y deformaciones que se presentan en la calzada.

#### **2.4.1.7. Establecimiento de Estrategias de Mantenimiento**

Efectuada la evaluación de condiciones de la carretera con la identificación de fallas y deformaciones que afectan la estructura del pavimento y con ello, la seguridad, comodidad y calidad de viaje de los usuarios de la carretera, deberán tomarse las acciones correctivas mediante la ejecución de varias actividades, que permitirán conservar la vía, sobre el nivel mínimo de servicio acordado con anterioridad.

De acuerdo con la condición en la que se encuentre el pavimento, se establecerá una lista de estrategias que puedan aplicarse. Estas actividades y su relación con el tipo de fallas encontradas constan en la Tabla 3.

-Basándose en los estudios del “Manual de Pavimentos” (Torres M. 2010: Pág. 329), explica que:

Los trabajos definidos de mantenimiento periódico pueden realizarse de acuerdo con dos opciones:

*-Calendarizado:* Se realizan en función del tiempo transcurrido desde la construcción rehabilitación o reconstrucción de carretera o desde la última intervención de mantenimiento periódico; Ejemplo, por limitaciones presupuestarias se realizará un sello asfáltico cada 5 años; se efectuará un recapeo de 5 cm. cada 10 años; se realizará el bacheo asfáltico 5 m<sup>3</sup> por Km-año y un sellado de fisuras 100 m<sup>2</sup> por Km-año.

*-Respuesta al deterioro:* Deberá establecerse un nivel de servicio. Los trabajos de mantenimiento periódico, se realizarán cuando la carretera, sobrepase o alcance este nivel de servicio preestablecido; ejemplo: se realizará un recapeo de 5cm cuando la rugosidad de carretera llegue a IRI de 5.0 m/Km; se efectuará el trabajo de

bacheo, inmediatamente que aparezcan en la superficie; se realizará la rehabilitación o reconstrucción de la vía cuando la rugosidad alcance el límite de 10 m/Km.

Tabla 3. Tipo de fallas y las actividades de mantenimiento

No.	Nombre de la falla	Grado de severidad	Actividades de mantenimiento rutinario	Unidad
1	Grietas piel de cocodrilo	M	Bacheo asfáltico mayor	m2
1	Grietas piel de cocodrilo	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
2	Exudación de asfalto	H	Sello asfáltico	m2
3	Grietas de contracción	M	Sellado de fisuras superficiales	m2
3	Grietas de contracción	H	Sello asfáltico	m2
4	Elevaciones –Hundimientos	M	Bacheo asfáltico mayor	m2
4	Elevaciones –Hundimientos	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
5	Corrugaciones	M	Bacheo asfáltico mayor	m2
5	Corrugaciones	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
6	Depresiones	M	Bacheo asfáltico menor	m2
6	Depresiones	H	Bacheo asfáltico menor	m2
7	Grietas de borde	M	Sellado de fisuras superficiales	m2
7	Grietas de borde	H	Bacheo asfáltico menor	m2
8	Grietas de reflexión de juntas	M	Sellado de fisuras superficiales	m2
8	Grietas de reflexión de juntas	H	Bacheo asfáltico menor	m2
9	Desnivel calzad-hombrillo	M	Reparación de espaldones	m
9	Desnivel calzad-hombrillo	H	Reparación de espaldones	m
10	Grietas longitudinales y transversales	M	Sellado de fisuras superficiales	m2
10	Grietas longitudinales y transversales	H	Sello asfáltico	m2
11	Baches y zanjas	M	Bacheo asfáltico mayor	m2
11	Baches y zanjas reparadas	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
12	Agregados pulidos	H	Sello asfáltico	m2
13	Baches	L	Bacheo asfáltico menor	m2
13	Baches	M	Bacheo asfáltico menor	m2
13	Baches	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
14	Cruce de rieles	M	Bacheo asfáltico menor	m2
14	Cruce de rieles	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
15	Ahuellamiento	M	Bacheo asfáltico menor	m2
15	Ahuellamiento	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
16	Deformación por empuje	M	Bacheo asfáltico menor	m2
16	Deformación por empuje	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
17	Grietas de deslizamiento	L	Sellado de fisuras superficiales	m2
17	Grietas de deslizamiento	M	Bacheo asfáltico menor	m2
17	Grietas de deslizamiento	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
18	Hinchamiento	M	Bacheo asfáltico mayor	m2
18	Hinchamiento	H	Bacheo asfáltico mayor	m2
19	Disgregación y desintegración	H	Sello asfáltico	m2

Fuente: AASTHO 93

Las actividades de mantenimiento que se aplican a las carreteras con pavimento flexible para controlar el deterioro del pavimento y prolongar su vida útil son:

- Bacheos y sellado de fisuras que permite corregir problemas localizados no programados y nos permite conservar la carretera en buenas condiciones.
- Sellados con material granular (agregados de 3/8”), cada 4 o 5 años, capas de nivelación recapados con espesores reducidos de 2” con hormigón asfáltico mezclado en caliente.
- Bacheo asfáltico mayor, que se aplican en los tramos que se encuentran en mal estado y que ya no es posible realizar el mantenimiento con sellos asfálticos, puesto que pasó el momento óptimo para ejecutarlo; ó en aquellos tramos que requieren el mantenimiento mayor y que por la falta de recursos no se puede ejecutar. Estos trabajos permitirán asegurar la transitabilidad por la carretera y mantener la calidad de viaje.
- Rehabilitación, es la actividad que permite mejorar problemas estructurales importantes de la carretera, con la finalidad de que la superficie tenga una nueva vida de servicio, desde un determinado nivel de servicio.
- Reconstrucción, que es la actividad de reemplazo total del pavimento existente.

-En base a la experiencia del mantenimiento de las vías a cargo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP 1988-2014: S/Pág.) he observado:

Las causas del deterioro de la capa de rodadura en los pavimentos se deterioran por un gran número de factores, pero los dos más importantes son los efectos medio ambientales y las cargas de tráfico. El deterioro del pavimento es normalmente medido indirectamente por la calidad de rodado, pero las características visibles como el ahuellamiento y agrietamiento superficial también son relevantes. Como ilustración se muestra en la Fig. 3 las 3 características que relacionan el paso del tiempo y el efecto acumulativo de las cargas de tráfico. El deterioro gradual de los pavimentos es causado por una combinación de los factores ambientales y de tráfico.



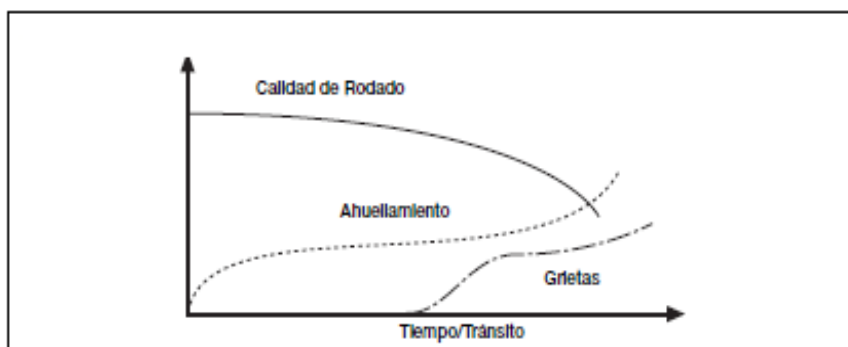


Figura 7. Indicadores de deterioro de pavimentos

Fuente: Manual de Reciclado en Frío

#### 2.4.1.8. Fallas en calzadas asfálticas

-Basándose en los estudios publicados en el Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, MOP-001-MV República del Ecuador (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1975: Pág. 55, 9-12), señala:

Las fallas en calzadas asfálticas se presentan en forma de:

- a) Grietas.- Las grietas son una manifestación muy frecuente de fallas y su falla puede tener origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales de la subrasante.
- b) Baches.- Porción de la superficie de rodadura que ha sido destruida y removida por efecto del tráfico.
- c) Deformaciones y desplazamientos.- Porción de superficie de rodadura que ha sufrido alguna deformación o desplazamiento en su nivel original debido a defectos constructivos o acción del tráfico.

#### 2.4.1.9. Procedimiento para arreglo de fallas.

La función más importante del personal de mantenimiento vial, es detectar y corregir los defectos del pavimento. Las grietas y otras roturas del pavimento, difíciles de notar en su primera etapa, son causa de fallas graves si no se les repara a tiempo. Para las labores del mantenimiento preventivo, se requiere un personal capacitado para hacer inspecciones detalladas del pavimento.

Para una estabilidad máxima del pavimento, se evitará la humedad de la subrasante. El uso de bases y sub-bases granulares contribuye a evitar la permanencia del agua en la subrasante, además de aumentar su capacidad de soporte.

La humedad es el factor más importante que deberá combatir el personal de mantenimiento, para lo cual podrá aplicarse las siguientes medidas, entre otras disposiciones a tomarse:

- a) Corregir las pendientes de los espaldones para evitar depósitos de agua al borde del pavimento.
- b) Sellar las grietas para evitar la entrada del agua superficial.
- c) Bachear los huecos pequeños del pavimento.
- d) Repavimentar las áreas de larga extensión donde el pavimento esté deformado, agrietado o poroso y donde se formen depósitos de agua sobre la superficie. De ser posible, las repavimentaciones deberán efectuarse con materiales similares a los utilizados originalmente en la construcción del pavimento, pero exigiendo una mejor calidad para los mismos.
- e) En áreas donde persistan las condiciones de deterioro, deberá efectuarse un tratamiento del suelo de la subrasante.
- f) Drenar las aguas subterráneas cuando tengan un nivel muy elevado.
- g) Sellar la calzada en toda su extensión.

Las superficies asfálticas requieren una inspección continua, para lograr que se haga a tiempo su mantenimiento preventivo o correctivo de la manera más rápida posible.

#### **2.4.1.9.1. Agrietamientos.**

El agrietamiento constituye una de las fallas características de los pavimentos flexibles. Las medidas correctivas para este tipo de fallas varían de acuerdo a lo avanzado del defecto y las causas que lo originan. El tratamiento adecuado podría consistir en un simple sellado hasta una remoción completa del material e instalación de drenajes.

-Tipos de agrietamientos:

1. Grietas en forma de piel de cocodrilo
2. Grietas de borde.
3. Grietas de juntas de borde
4. Grietas de juntas de carril.
5. Grietas reflejadas.
6. Grietas contracción.
7. Grietas de deslizamiento.

1. **Grietas en forma de piel de cocodrilo.-** Son grietas conectadas unas a otras formando pequeños polígonos que asemejan la piel de cocodrilo o la malla de gallinero. Estas fallas aparecen cuando se producen deflexiones excesivas de la capa superficial del pavimento o a causa de la poca estabilidad de las capas inferiores o del suelo de cimentación, cuando se satura con agua.

Este tipo de grietas afecta generalmente a áreas pequeñas.

Cuando se presentan en grandes extensiones de la calzada, su causa es probablemente una repetición de cargas que exceden la capacidad de soporte del pavimento. La reparación de esta falla se efectúa en la misma forma descrita para el bacheo.



Figura 8. Piel de cocodrilo.

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

2. **Grietas de borde.-** Son grietas longitudinales que aparecen muy cerca del borde del pavimento y pueden estar o no acompañadas de grietas transversales orientadas hacia, el espaldón. Generalmente se originan por falla del soporte lateral o por defecto del material que constituye el pavimento, el cual a su vez puede originarse por falla de un drenaje inadecuado o por contracción del suelo circundante. La reparación de estas fallas se efectúa

rellenando las grietas con mezcla de asfalto y arena. Si se ha producido el asentamiento del borde, se nivela colocando un parche superficial. Si hubiere falla de drenajes, conviene tomar las medidas necesarias para lograr su buen funcionamiento.



Figura 9. Grietas de borde.

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

**3. Grietas de juntas de borde.-** Estas grietas ocurren por la separación de la calzada y el espaldón a lo largo de su línea de unión. Su causa principal es la alternabilidad del humedecimiento y secado de los suelos bajo los espaldones, lo cual es originado a su vez por un drenaje inadecuado debido probablemente a una mayor elevación de los espaldones, al hundimiento del pavimento en su borde o a cualquier obstáculo que provoque el estancamiento del agua y su infiltración a través de la junta. Otras causas son los asentamientos de espaldones, contracción de la mezcla y el esfuerzo de separación de la junta provocado por los vehículos. La corrección de estas grietas es similar a la de las grietas de reflexión. Si el agua es el motivo de la falla, deberá mejorarse los drenajes.



Figura 10. Grietas de Junta de Borde.

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

**4. Grietas de juntas de carril.-** Estas se distinguen por la separación entre dos carriles, a lo largo de la línea de la junta. Se originan por la debilidad de la junta entre los tendidos de las capas adyacentes del pavimento. Su reparación se hace en la forma descrita para las grietas de reflexión.



Figura 11. Grietas de juntas de carril

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

**5.- Grietas reflejadas.-** Son grietas en la carpeta de repavimentación que reflejan las grietas existentes en el pavimento original. El patrón que siguen las grietas puede ser longitudinal, transversal, diagonal, etc. La ocurrencia de estas fallas es frecuente en capas asfálticas colocadas sobre pavimento de hormigón o bases tratadas con cemento.

En los casos de repavimentación de pavimentos asfálticos, estas grietas se producen cuando en el pavimento original no han sido corregidas en forma adecuada. Las grietas de reflexión se originan por movimientos horizontales y verticales en el pavimento original. Estos movimientos se deben a cambios de temperatura y más comúnmente a cambios de humedad.

Otros factores que pueden originar esta falla lo constituyen el tránsito y la pérdida de humedad de los suelos de la subrasante que tiene un alto contenido de arcilla.

La corrección de estas grietas se hace rellenándolas con asfalto emulsionado o asfalto diluido mezclado con arena fina. El procedimiento consiste en limpiar bien las grietas con cepillo de alambre y aire a presión. Luego se llenan con el material indicado y se cubren con arena seca, para evitar que el tránsito saque el relleno.

**6. Grietas de contracción.-** Estas grietas aparecen conectadas unas a otras, formando una serie de bloques o secciones que presentan esquinas con ángulos pronunciados. Es difícil determinar si la

causa de estas grietas reside en el cambio de volumen de la mezcla, de la base o del suelo de la subrasante. Frecuentemente se deben a cambios de volumen de mezclas de agregados finos, que contienen un elevado porcentaje de asfalto de baja penetración. La ausencia del tránsito en los pavimentos, acelera la formación de estas grietas.

La corrección se hace removiendo el material suelto de las grietas en la superficie del pavimento que se humedece, aplicándose después un riego de adherencia con asfalto emulsionado diluido en agua, en partes iguales.

Luego se prepara una lechada asfáltica, se vierte dentro de las grietas y se nivela con un rastrillo, si las grietas son muy numerosas se cubre toda el área. Cuando haya curado la lechada, se da a la superficie un tratamiento superficial utilizando el equipo correspondiente.

**7. Grietas de deslizamiento.-** Algunas veces aparecen en el pavimento grietas en forma de media luna, orientadas en la dirección del empuje de las ruedas. Esto no significa que su orientación sea necesariamente la dirección del tránsito. Por ejemplo, si se le aplican los frenos a un vehículo en bajada, el empuje de la rueda se invierte y la grieta de deslizamiento que ocurre en estas circunstancias estará orientada en sentido opuesto a la dirección del tránsito.

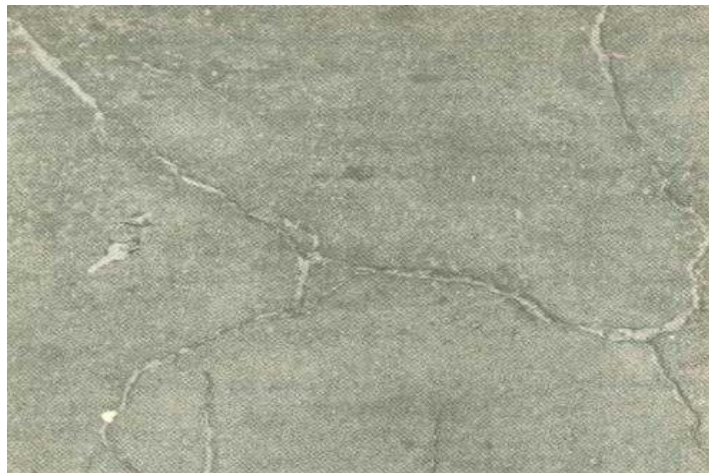


Figura 12. Grietas de contracción

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

Estas fallas se originan por la falta de adherencia entre diferentes capas del pavimento, lo cual es producto de la presencia de materiales no adhesivos (polvo, aceite, agua, etc.) entre dos capas.

Esta falla ocurre generalmente cuando no se usa la capa de liga en mezclas con un contenido elevado de arena y en pavimentos mal compactados, sometidos a la acción del tráfico. El procedimiento para la corrección de estas grietas es similar al indicado para la corrección de baches.

El relleno de grietas pequeñas se hará con cualquier asfalto que pueda licuarse lo suficientemente para que fluya dentro.

Cuando se utilicen los cementos asfálticos en caliente se corre el riesgo de que no penetren en las grietas. Los asfaltos recomendados para rellenos de pequeñas grietas son los RC y MC de grado liviano, calentados si es necesario y la lechada asfáltica. Para grietas grandes, se puede usar los mismos asfaltos combinados con arena fina u otro material fino.



Figura 13. Grietas de deslizamiento

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

El procedimiento que se seguirá para efectuar la corrección de grietas según el tipo de las mismas es el siguiente:

#### **Relleno de grietas.-**

1. Para el caso de grietas cuya profundidad no llegue a la capa de base y sea de 3 milímetros de ancho o menor, el relleno se hará empleando un producto asfáltico cuya fluidez a la temperatura de aplicación especificada, garantice la penetración, de preferencia deben usarse asfaltos diluidos ("cut-back") de fraguado rápido.

Cuando las grietas tengan más de 3 milímetros de ancho, se rellenarán ya sea con una mezcla de producto asfáltico y arena cuya fluidez garantice una adecuada penetración o bien con capas alternadas de arena y producto asfáltico, cuidando que la última



capa sea siempre de este último material.

Al terminar el relleno de las grietas, deberá removerse el producto o mezcla asfáltica sobrante que hubiere quedado sobre la superficie de rodadura.

En ningún caso deberá ampliarse una grieta para obtener mejor penetración del material de relleno.

2. Para el caso de grietas aisladas cuya profundidad llegue a la capa de sub-base o a la subrasante, es importante estudiar la causa de la falla para dar la solución más adecuada, sin embargo, en términos generales, será necesario abrir una caja en el ancho mínimo necesario para realizar el trabajo, hasta el fondo de la grieta y proceder a su relleno en la forma descrita más adelante para el caso de bacheo.

3. Grietas abundantes en superficies firmes.- En este caso, si las grietas son de un ancho hasta de 3 milímetros y la base se encuentra en buen estado, podrá efectuarse un tratamiento superficial como riego de sello, cuando las grietas tengan un ancho promedio superior a 3 milímetros y la base se encuentre en buen estado, deberá procederse a la colocación de una nueva capa de rodadura o una sobre-capa de rodadura.

4. Agrietado abundante con porciones de carpeta suelta, sobre una base en buen estado y sin deformaciones permanentes, en este caso y cuando estos daños se presentan en zonas aisladas deberá removerse la superficie en dichas zonas y proceder de acuerdo con lo indicado para el caso de bacheo. Cuando el área de la zona afectada sea superior al 50% del área total de la superficie de rodadura, deberá removerse íntegramente esta superficie y proceder a la construcción de una nueva.

5. Grietas paralelas acompañadas de deformaciones, en este caso se realizarán los estudios necesarios para determinar la causa o causas de la falla y suprimirlas, aplicando el tratamiento adecuado antes de reponer la carpeta.

Tomando en cuenta que la falla no es solamente de carpeta asfáltica, no es aplicable el arreglo con tratamientos superficiales o sobre-carpetas y para aquellos trabajos de construcción o modificación de sub-drenaje, subrasantes, sub-bases, bases, deberán seguirse los procedimientos indicados para estos en las secciones correspondientes a este manual.



#### 2.4.1.9.2. Baches.

Antes de efectuar la operación de bacheo es necesario inspeccionar la falla y determinar la causa que la originó para tomar las medidas necesarias a fin de modificar las condiciones existentes y garantizar la reparación.

El bache es uno de los defectos que con mayor frecuencia se presenta en carreteras y calles en toda clase de pavimentos. Para la operación de bacheo se requiere un personal calificado y una inspección rigurosa, su ejecución se hará lo antes posible y en forma adecuada para evitar la entrada de agua a la subrasante. La pronta reparación de baches en su iniciación, evitará la formación de una falla mayor y como consecuencia, una disminución en los costos de mantenimiento.

-Para la reparación de baches se procederá como se indica a continuación:

1. Se removerá la capa superficial y la base hasta la profundidad necesaria que permita llegar al material firme, la excavación se hará en forma cuadrada o rectangular con las caras laterales rectas y verticales. Dos de las caras serán perpendiculares a la dirección del tránsito.

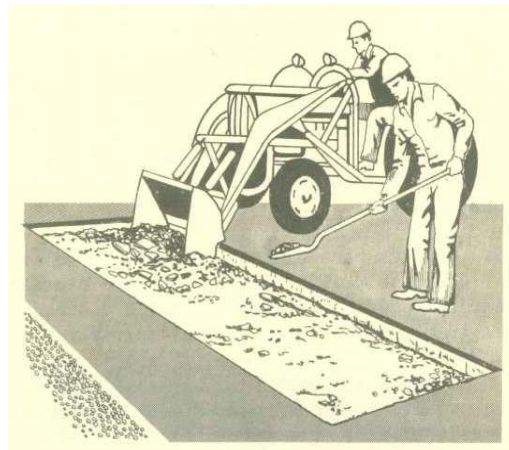


Figura 14. Remoción del material

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

2. Si el agua es la causa de las fallas, se instalarán drenajes.
3. Aplíquese el riego de adherencia a las caras verticales.
4. Para mejores resultados, rellénese con mezcla asfáltica en caliente y densamente graduada. Extiéndase la mezcla con cuidado para prevenir la segregación.

5. Si la profundidad es mayor de 15 centímetros, compáctese en capas, la compactación deberá hacerse con equipo apropiado al tamaño de la reparación.
  6. La mezcla asfáltica colocada en toda la profundidad y directamente sobre la subrasante, no necesita imprimación.
  7. Si se usa la base granular se requiere de imprimación. La reparación se completa colocando la mezcla caliente y compactándola hasta el nivel del pavimento existente.
- Un parche será colocado de tal manera que las condiciones de la capa de rodadura de la calzada mejoren. Por lo menos deberán obtenerse las condiciones originales.

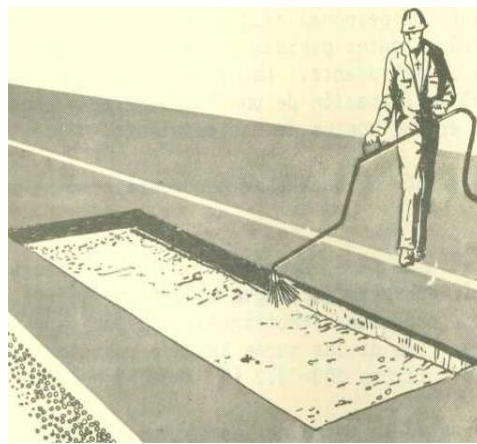


Figura 15. Aplicación de riego de adherencia.

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975



Figura 16. Colocación de la mezcla

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975



Figura 17. Extensión de la mezcla

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

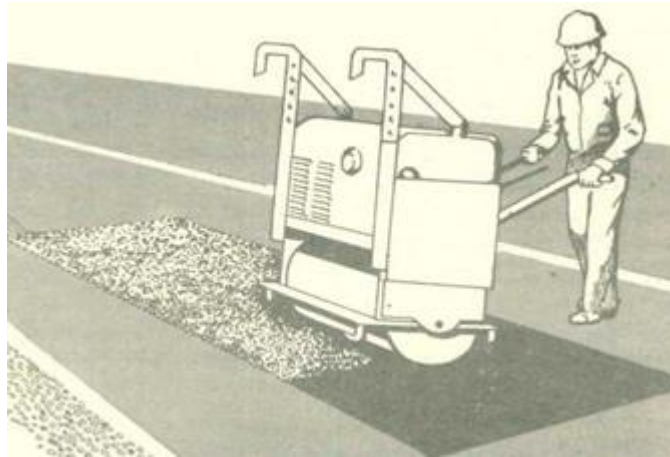


Figura 18. Compactación de la mezcla

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975



Figura 19. Nivelación o perfilamiento

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

#### 2.4.1.10. Causas y reparación de deformaciones

La deformación de un pavimento es cualquier cambio en la forma original de su superficie. Usualmente es ocasionada por causas tales como poca compactación de las capas del pavimento, demasiado asfalto, hinchamiento de las capas inferiores o asentamientos.

Las deformaciones se presentan bajo diferentes formas:

- Ahuellamientos
- Ondulaciones y desplazamientos
- Depresiones
- Levantamientos

##### 2.4.1.10.1 Ahuellamientos

Son depresiones canalizadas, que se forman en los pavimentos asfálticos bajo las huellas de las ruedas de los vehículos.

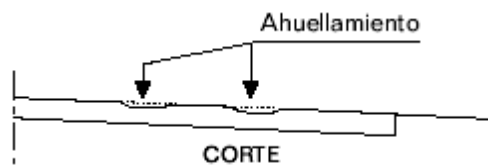


Figura 20. Ahuellamientos

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

Los ahuellamientos pueden producirse por la consolidación o por el movimiento lateral, bajo el tránsito, de una o más de las capas inferiores, o por desplazamientos, en la propia capa asfáltica superficial. Pueden desarrollarse bajo la acción del tránsito, en los pavimentos asfálticos nuevos que han tenido poca compactación durante la construcción.

-Reparación:

Se enrasa el pavimento rellenando las depresiones con concreto asfáltico, y luego se coloca un recubrimiento asfáltico delgado en toda la superficie del pavimento, cubriendo tanto el parche como la zona alrededor de éste.

Para realizar este trabajo, se procede de la siguiente manera:

- 1.- Se determinan los límites de las depresiones con una regla, demarcando las áreas a rellenar.
- 2.- Se aplica un riego de liga en el sector a rellenar.
- 3.- En las depresiones se rellena con concreto asfáltico densamente graduado.
- 4.- Se compacta el parche con rodillo neumático o en su defecto con un rodillo de rueda metálica.
- 5.- Se aplica un recubrimiento delgado de material asfáltico.

#### **2.4.1.10.2. Ondulaciones y desplazamientos**

La ondulación es una forma de movimiento tipificada por ondas en la superficie del pavimento asfáltico. El desplazamiento es una forma de movimiento plástico consistente en un hundimiento y levantamiento localizado de la superficie del pavimento. Ocurre, generalmente, en los sitios donde los vehículos frenan durante la bajada, en las curvas cerradas y donde los vehículos golpean un resalte.



Figura 21. Ondulaciones y desplazamientos

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

### **Causas y reparaciones de la desintegración.**

La desintegración es la rotura del pavimento en fragmentos pequeños y sueltos, o también disgregación de las partículas del agregado. Es necesario hacer esta reparación en sus comienzos, ya que si la desintegración progresa se debe reparar todo el pavimento.

Los tipos más comunes de desintegración son los baches y el desprendimiento.

#### **2.4.1.10.3. Baches**

Son pozos de distintos tamaños, que se forman en el pavimento como resultado de la desintegración localizada.



Figura 22. Bache

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

Los baches son causados generalmente por pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante, resultante de la escasez de asfalto, superficie de asfalto demasiado fino y drenaje inadecuado de las aguas o insuficiente.

#### Reparación:

Generalmente los baches aparecen cuando es difícil hacer una reparación permanente, requiriéndose entonces medidas de emergencia.

#### *Reparación de emergencia:*

1.- Se limpia el bache de todo el material suelto y el agua que sea posible.

- 2.- Se rellena el bache con concreto asfáltico, y se rastrilla hasta dejar la superficie lisa.
- 3.- Se compacta con un compactador vibrante plano o con rodillo.

*Reparación permanente:*

- 1.- Se corta con sierra eléctrica alrededor del bache, dejando las caras verticales de éste, se remueve la superficie y la base hasta la profundidad que sea necesaria para alcanzar un apoyo firme (ver fig.11).

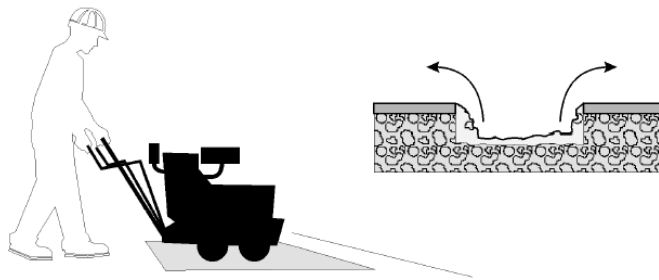


Figura 23. Reparación permanente

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

- 2.- A las caras verticales y al fondo del bache se le aplica un riego de liga

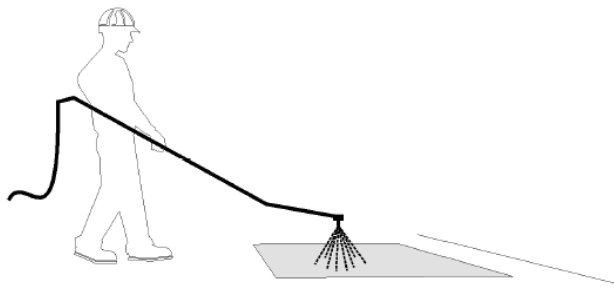


Figura 24. Riego de liga

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

- 3.- Se rellena el bache con concreto asfáltico densamente graduado.
- 4.- Se compacta la superficie del parche con un compactador vibrante plano o con rodillo.

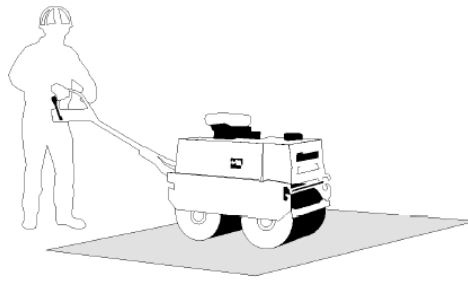


Figura 25. Compactación

Fuente: Manual de Mantenimiento MOP 1975

-Basándose en el Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la vialidad, Ministerio de Fomento, República de España, (Dirección General de carreteras 1999: Pág. 11). Define:

Actividades de conservación ordinaria: Son actividades destinadas a retrasar todo lo posible el proceso de degradación de las características funcionales o estructurales de los elementos de la carretera y a corregir los impactos negativos del entorno que, sin suponer degradación de los elementos, también impiden o dificultan la correcta realización de su función.

-Según, (Arenas H. 2003: Pág. 188). Define:

“La durabilidad de un cemento asfáltico se define como su capacidad para mantener las propiedades ligantes y cohesivas en la mezcla, antes y después de envejecido”.

-Además, (Jaime, M. en El Mural 2008: Internet), publica:

El diseño de la mezcla asfáltica, el control de calidad en la elaboración, la aplicación de la mezcla, el mantenimiento de obras Hidráulicas y las sobrecargas vehiculares, son los principales factores que reducen la vida útil de un pavimento asfáltico, explica Jorge Alarcón Ibarra, coordinador de la maestría en Vías Terrestres de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

#### **2.4.1.10.4. Subsistema para mantenimiento rutinario**

Un subsistema de administración de mantenimiento rutinario es un método ordenado para planificar, programar, ejecutar y controlar las operaciones de mantenimiento. El subsistema contempla el



establecimiento de objetivos medibles, la distribución de recursos para conseguir dichos objetivos, la rendición de informes sobre el desempeño de los trabajos efectuados y las medidas de administración ejecutiva necesarias para asegurar la realización de tales objetivos.

El proceso de planificación de los trabajos de conservación vial debe definir, calcular y documentar los tipos y cantidades de trabajo que se estiman necesarios para proveer un mantenimiento adecuado. Los procedimientos de planificación empleados para desarrollar un programa de mantenimiento incluyen:

- Identificación y definición de las actividades de mantenimiento.
- Elaboración de un inventario de las características viales que deben ser mantenidas.
- Elaboración de un inventario de las Normas de Mantenimiento: de calidad, de cantidad y de ejecución.
- Cálculo del programa anual de trabajo.
- Estructuración del presupuesto para las obras y la identificación y consecución de los recursos necesarios.

A continuación se describe brevemente lo que está involucrado en cada una de las etapas.

### **Identificación, listado y definición de las actividades de mantenimiento**

Para ayudar a planificar, ejecutar, informar y controlar las operaciones de mantenimiento, hay que identificar los trabajos que se ejecutan con frecuencia, otorgándoles un nombre específico.

Una vez identificadas las actividades de importancia, a cada una se la da una descripción clara para que el personal a todo nivel de una institución de vialidad entienda uniformemente la operación a ejecutarse y la deficiencia a corregir. A la vez se asigna a cada actividad una unidad de medida de trabajo.

## **Listado de actividades de Mantenimiento Rutinario para vías pavimentadas**

### **A. Calzada**

#### **MR-111.E Bacheo asfáltico menor**

“Son los trabajos de reparación a mano de áreas pequeñas de superficies pavimentadas asfálticas para corregir baches, depresiones, roturas de bordes y otros peligros potenciales”.

#### **MR-112.E Sellado de fisuras superficiales**

Son los trabajos de sellado de juntas y pequeñas áreas fisuradas en superficies asfálticas con la aplicación de asfalto líquido y agregado fino para evitar la entrada del agua superficial y otro material ajeno que causará daño a la base.

#### **MR-113 Bacheo asfáltico mayor**

Consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas como, a lo menos, parte de la base y subbase.

### **B. Drenaje y Estructuras**

#### **MR-122.E Limpieza de cunetas y encauzamientos a mano**

“Son los trabajos de limpieza y reconfiguración manual de las cunetas y encauzamientos para asegurar que el agua fluya libremente”.

#### **MR-121.Ea Limpieza de cunetas y encauzamientos a mano**

“Son los trabajos de limpieza y reconfiguración a máquina de las cunetas y encauzamientos para asegurar que el agua fluya libremente”.

### **MR-123.E Limpieza de alcantarillas**

“Son los trabajos de inspección, limpieza manual y reparaciones menores de alcantarillas incluidos los cauces de entrada y salida hasta una distancia de 10 metros a cada lado, para asegurar el flujo libre del agua”.

### **MR-124.E Inspección de puentes**

“Constituyen los trabajos de inspección, mantenimientos menores y limpieza manual de los diferentes elementos de un puente donde se acumula material incluyendo el apoyo de las vigas, para conservarlo en buen estado de funcionamiento”.

### **MR-199.C Reparación de cunetas de 180 kg/cm<sup>2</sup>**

“Consiste en realizar reparaciones menores de cunetas revestidas en concreto. El objetivo es mantener las cunetas trabajando eficientemente y cumpliendo con las funciones para las que fueron construidas, posibilitando que el agua fluya libremente”.

## **C. Servicios Varios**

### **MR-131.E Roza a mano**

Son los trabajos necesarios para el control de la vegetación en las zonas laterales de la carretera mediante la roza manual para mejorar la visibilidad y eliminar la maleza creciente incrementando de esta manera el nivel de seguridad de los usuarios.

### **MR-132.E Roza a máquina**

Son los trabajos necesarios para el control de la vegetación en las zonas laterales de la carretera mediante la roza a máquina, para mejorar la visibilidad y eliminar la maleza creciente incrementando de esta manera el nivel de seguridad de los usuarios.

**MR-133.E    Mantenimiento de señalización vertical**

“Son los trabajos de limpieza, reparación, reemplazo o reinstalación de señales verticales de tránsito para mejorar su condición legible y ayudar a los usuarios de la carretera”.

**MR-134.E    Mantenimiento de señalización horizontal**

“Limpieza y/o reaplicación de pintura en tramos que presenten desgaste en la demarcación horizontal”.

**MR-214.E    Mantenimiento y reparación de guardavías**

“Consiste en mantener limpios, visibles y en buen estado o en la reparación parcial de los guardavías metálicos que fueron instalados en sitios críticos para la seguridad vial”.

**MR-199.d    Reposición de tachas bidireccionales**

“Consiste en la provisión y colocación de elementos delineadores, tales como las tachas delineadoras con el fin de remarcar o delinear determinados sectores de la carretera”.

**D. Emergencias**

**ME-311.E    Limpieza de derrumbes a máquina**

“Son los trabajos requeridos para la limpieza a máquina del material proveniente de los taludes y quebradas que se deposita en la carretera para facilitar el normal tránsito de los vehículos”.

## **ME-312.E Limpieza de derrumbes a mano**

“Son los trabajos requeridos para realizar la limpieza mano del material, en pequeñas cantidades, proveniente de los taludes y quebradas que se depositan en la carretera, para facilitar el normal tránsito de los vehículos”.

### **2.4.1.10.5. Inventario de las características viales que requieren mantenimiento.**

En la elaboración de un programa de trabajo para cierta carretera, es importante saber el kilometraje a ser mantenido y determinar el estado, las condiciones actuales y el mantenimiento requerido.

Para contar con esta información, se recopila los datos de campo y se resume de forma que facilite el cálculo del programa de trabajo. Un ejemplo de estas características viales se describe a continuación:

- Tipo de carretera
- Tipo de espaldones
- Número de puentes
- Kilómetros de cunetas revestidas y no revestidas
- Número y diámetro de alcantarillas
- Número de señales, muros, guardavías, etc.

Anualmente todos los inventarios deben ser actualizados antes de preparar el programa y el presupuesto respectivo.

### **2.4.1.10.6. Establecimiento y definición de las normas de mantenimiento.**

Las normas de mantenimiento son modelos a seguir o metas que deben ser realizadas.

Hay tres tipos de normas usadas en el trabajo de mantenimiento de las carreteras: normas de calidad, cantidad y de ejecución.

#### **1. Normas de Calidad**

Las normas de calidad son guías que fijan pautas de los niveles de servicio que deben ser mantenidos en una carretera. Más aún, las normas de calidad son guías que demuestran dentro de que circunstancias el trabajo debe o no ser ejecutado.

## 2. Normas de Cantidad

“Las normas de cantidad son muy relativas a las normas de calidad. Las normas de cantidad son valorizadas de acuerdo al trabajo que debe ser ejecutado para satisfacer las normas de calidad”.

## 3. Normas de Ejecución

Las normas de ejecución son las más usadas por el personal de campo, son guías para ejecutar el trabajo. Ellas incluyen para cada actividad de mantenimiento, los recursos: personal, equipo y materiales para realizar el trabajo; la producción promedio por día en la unidad respectiva; el procedimiento de trabajo; una definición, categoría de control y criterio para la ejecución.

### Cálculo del Programa Anual de Trabajo

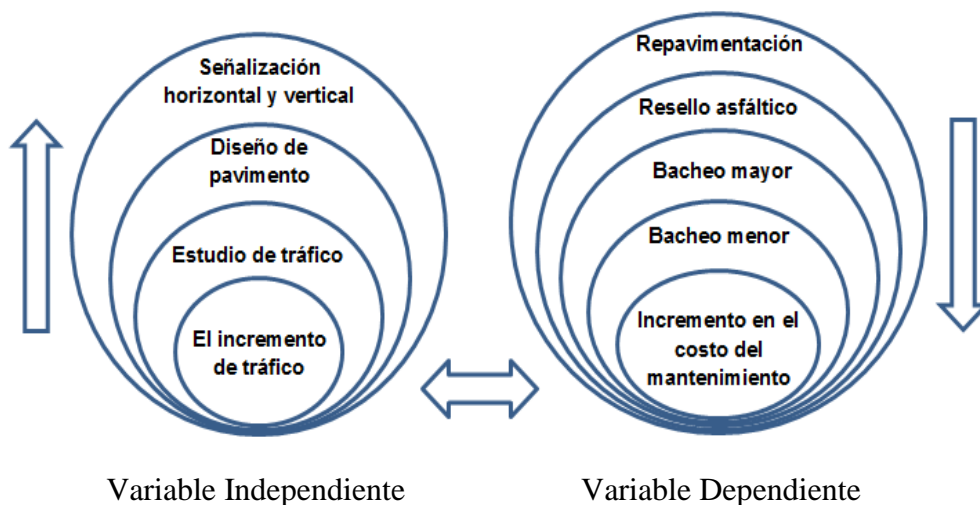
Una vez definidas las actividades de mantenimiento, resumido el inventario de características viales y establecidas las normas de cantidad y de ejecución, el cálculo del programa anual de trabajo se reduce a un simple procedimiento matemático.

El programa anual de trabajo tiene que ser desarrollado actividad por actividad. Cuando todas las actividades de mantenimiento han sido consideradas de la manera antes indicada estará formulada la programación anual.

### 2.4.2. Gráficos de inclusión interrelacionados

#### -Súper ordenación conceptual.

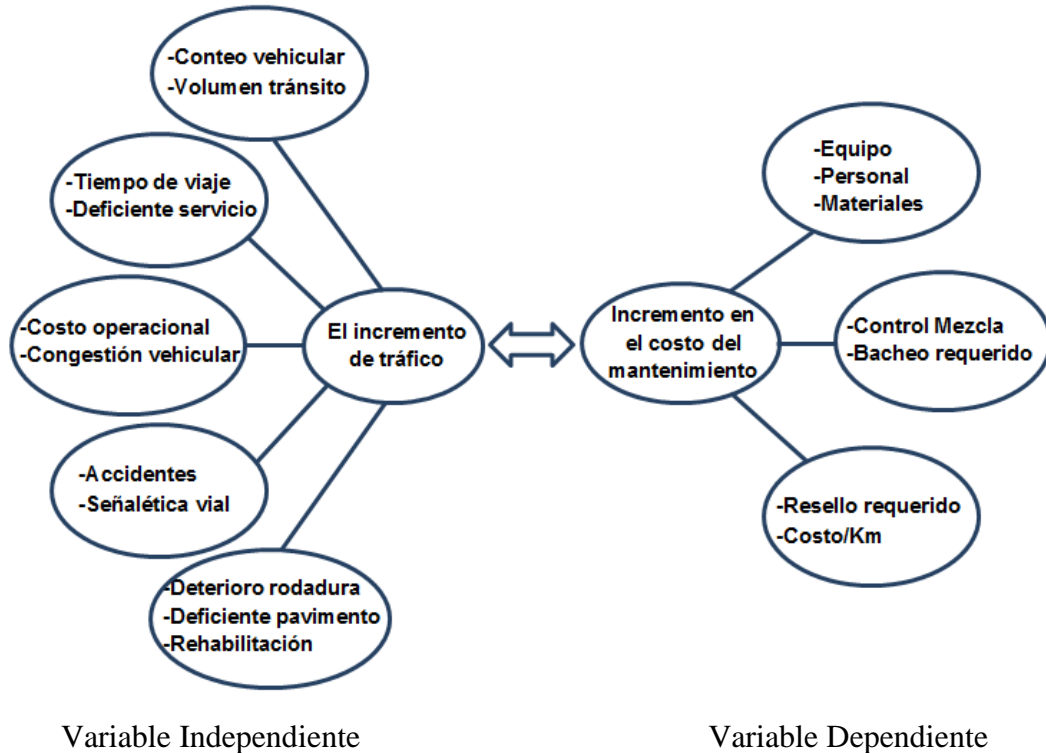
Diagrama 2. Súper ordenación conceptual.



Fuente: Investigación de campo.

## -Subordinación conceptual.

Diagrama 3. Subordinación conceptual.



Fuente: Investigación de campo.

## 2.5. HIPÓTESIS

El incremento de tráfico incide en el aumento de costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, provincia de Chimborazo.

## 2.6. SEÑALAMIENTO VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

**-Variable independiente:** El incremento de tráfico

**-Variable dependiente:** aumento de costo del mantenimiento

**-Unidad de observación:** la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, provincia de Chimborazo.

**-Términos de relación:** incide en el, de

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Investigación de campo**

Se evaluó la situación actual de la carreta a través de un inventario vial en el cual se determinaron las características físicas de la vía y los tipos de fallas encontrados en la superficie de rodadura. Se obtuvieron datos para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) a través de conteos manuales y automáticos. Además, se realizaron calicatas que permitieron conocer las características mecánicas de la subrasante y conocer los espesores de las capas de la estructura del pavimento actual a rehabilitarse. Finalmente se realizó la evaluación del estado funcional y estructural del pavimento a través de los ensayos de IRI y deflectometría.

##### **3.1.2. Investigación bibliográfica.**

Se recopiló información existente en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, apuntes de la Maestría de Vías Terrestres y publicaciones como las siguientes:

-De acuerdo a lo publicado por (Jaime, M., 2008), explica:

Ni contratistas ni Gobierno se preocupan por el control de calidad de las mezclas asfálticas, el cual consiste en el cumplimiento de características específicas de los agregados pétreos y el asfalto, así como en el diseño de la mezcla y su aplicación.



-Según el diario (El Comercio, 2005) en su publicación de 19 de mayo del 2005 indica:

Las voces que piden el mejoramiento de la vía que comunica a Zamora con [Loja] aumentan. Autoridades, transportistas y habitantes critican el mal estado de esta carretera y la falta de decisión para concretar la reconstrucción de 37 de los 60 kilómetros de la vía.

-Basándose en la publicación de (Cardona, C., 2002), indica:

“Aunque el pavimento estampado de la calle General Cepeda, en el Centro Histórico de Saltillo, fue reparado por tercera ocasión hace unas semanas, ya muestra nuevamente los baches producto de un deficiente trabajo”.

-Según (Rodríguez A., 2009), explica:

“El deficiente recarpeteo de las arterias que fueron dañadas por la Ampliación de la Línea 2 del Metro alcanzó a la Avenida Alfonso Reyes, en Monterrey, misma que muestra baches y desprendimiento de la carpeta asfáltica en varios segmentos”.

-Además (Rodríguez A., 2009), indica:

Tras permanecer cerrada por más de un año, esta arteria, que en San Nicolás cambia su nombre por el de Universidad, fue reabierto en octubre del 2007, una vez que fueron concluidos los trabajos del Metro y se colocó una nueva carpeta asfáltica.

## **3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Investigación exploratoria**

-Según el Manual de Proyecto Geométrico de carreteras, (Secretaría de Obras Públicas, 1971: Pág. 3) explica que:

“El crecimiento de una red de carreteras y el uso cada vez más intenso a que se encuentra sujeta, obligan a otorgar una particular atención a su conservación, dentro de los programas de inversiones”.

-Basándose en el Manual de Proyecto Geométrico de carreteras, (Secretaría de Obras Públicas, 1971: Pág. 3), señala:

Dentro de esto, algunos tramos de la red deben ser reconstruidos por haber sido realizados con las limitaciones y experiencias propias de la época en que se construyeron; otros tramos requieren una verdadera modernización, entendida esta como una modificación radical de las características geométricas y físicas.

-Según (Cipriano A., 2000: Pág. 14) señala que:

El ensayo para determinar el Módulo de Reacción de la subrasante, llamado también Ensayo de Placa, tiene por objetivo determinar la presión que hay que ejercer sobre el suelo para que se presente una deformación dada, que para el caso específico de los pavimentos es de 13 mm.

### **3.2.2. Investigación descriptiva**

-Basándose en el Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras, República del Ecuador (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1975: Pág. 13), indica que:

La capa de rodadura.- Es la capa superior del pavimento construido sobre la base, puede estar constituida por una o más capas: 1) Base asfáltica, 2) Carpeta intermedia y 3) Carpeta de rodadura. La carpeta de rodadura en las calzadas flexibles, está constituida usualmente por hormigón asfáltico y en menor escala por tratamientos asfálticos. La función principal de esta capa es la de proveer una superficie uniforme y resistente al tráfico y contribuir a la resistencia de los esfuerzos horizontales y verticales.

-Según (Ibídem, 1975: Pág. 3-15) señala que:

“Para una estabilidad máxima del pavimento, se evitará la humedad de la subrasante. El uso de bases y subbases granulares contribuye a evitar la permanencia del agua en la subrasante, además de aumentar su capacidad de soporte”.

-Además (Ibídem, 1975: Pág. 3-15), explica:

Repavimentar las áreas de larga extensión donde el pavimento esté deformado, agrietado o poroso y donde se formen depósitos de agua sobre la superficie. De ser posible, las repavimentaciones deberán

efectuarse con materiales similares a los utilizados originalmente en la construcción del pavimento, pero exigiendo una mejor calidad para los mismos.

### **3.2.3. Investigación asociación de variables (correlacional)**

- Según (Cipriano A., 2000: Pág. 17), indica que:

Al observar una vía cualquiera, inmediatamente se pone en evidencia la gran variedad de vehículos, desde autos familiares capaces de transportar 500 o 600 kilos, hasta camiones con remolques que transporten más de de 50.000 kilos. El diseñador de pavimentos debe convertir todos esos vehículos y sus cargas en tablas o números que permitan tener acceso a los diferentes métodos de diseño de pavimentos.

-Además (Ibídem, 2000: Pág. 17), explica que:

Los métodos más precisos parten del pesaje de una muestra representativa de los vehículos que van a circular por una vía. Los más simplificados son estimativos hechos con base en consideraciones sobre la utilización de la vía. Pero cualquiera que sea la aproximación, a las simplificaciones y extrapolaciones involucradas, no se puede tener la certeza respecto a esta variable.

-Basándose en el informe de los fiscalizadores de los trabajos en ejecución que reposa en las oficinas de la Subsecretaria de Obras Públicas de Manabí, las tareas en la vía Rocafuerte-Tosagua tienen muchos retrasos, allí se trata de recuperar la capa de rodadura. En la Tosagua-Chone, recién hay movimiento de tierra y en la Chone-[Flavio Alfaro], solo bacheo (El Comercio (2005).

-Según el diario (El Comercio, 2005) en su publicación del 9 de agosto del 2005, indica que:

El costo de esta reconstrucción es de 17 869 91 de dólares, sin incluir IVA. Una vez terminados los trabajos, la vida útil de la vía según el técnico será para 20 años. José Briones dice que uno de los tramos más críticos es el de la vía Tosagua-Chone. Las arcillas expansivas en la zona son totales, allí la capa de rodadura ya no da más.

### **3.2.4. Investigación explicativa**

-Tomando como referente (Garza, N., 2000), señala que:

“Para los choferes de la ruta 9 manejar una unidad en malas condiciones es cosa de todos los días, pues aseguraron que los camiones que operan constantemente fallan por falta de mantenimiento”.

-Además (Garza, N., 2000), indica que:

Temerosos por el riesgo que corren todos los días al conducir unidades en mal estado, sobre todo cuando el pavimento esta resbaladizo, los operadores, quienes prefirieron omitir sus nombres por temor a represalias, señalaron que el taller mecánico de la empresa es deficiente, pues cuando reportan alguna falla solo la arreglan "por encimita".

-Según (García M., y. N. J., 2000), comentan que:

“Para garantizar la seguridad de la comunidad que los eligió, los Alcaldes del área metropolitana deberían de aplicar los impuestos en hacer obras viales con material de calidad, consideraron representantes de organismos no gubernamentales”.

-Además (García M., y. N. J., 2000), explica que:

EL NORTE publicó el 18 de febrero que Monterrey tiene el liderazgo nacional e internacional por ser la Ciudad en donde más accidentes viales se registran debido a la falta de pericia de los conductores, pero también a causa del deficiente pavimento de sus arterias.

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. Población**

“El universo al cual va dirigido son los vehículos que se desplazan por la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, provincia de Chimborazo, con una población de 3221 vehículos”.

Tabla 4. Tráfico promedio diario anual existente - TPDA

Nº	CLASIFICACIÓN VEHICULAR	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)	TAMAÑO MUESTRA
1	LIVIANO	2567	79.70	18.33
2	BUS 2 EJES	152	4.72	1.08
3	CAMIÓN 2 EJES LIVIANO	187	5.80	1.34
4	CAMIÓN 2 EJES MEDIO	231	7.17	1.65
5	CAMIÓN PESADO 3 EJES	75	2.33	0.54
6	CAMIÓN PESADO 5 EJES	2	0.06	0.01
7	CAMIÓN PESADO 6 EJES	7	0.22	0.05
	<b>TOTAL</b>	<b>3221</b>	<b>100</b>	<b>23</b>

Elaborado por: Antonio Ronquillo (2014)

### 3.3.2. Muestra

Se determina el tamaño de la muestra por clasificación vehicular, para lo cual se aplica una regla de tres simple y la sumatoria debe ser igual al tamaño de la muestra de la población que es 23, (ver Tabla 4).

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1) E^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza deseado

N = Universo o Población

E = Límite aceptable de error muestral

$\sigma$  = Varianza

$$n = 3221 * 0.25^2 * 1.645^2 / [(3221 - 1)(0.08)^2 + 0.25^2 * 1.645^2]$$

$$n = 544.75 / 20.78$$

$$n = 23$$

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5. Operacionalización de Variable Independiente. El incremento del tráfico

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El incremento de tráfico se conceptúa como: El crecimiento del volumen de vehículos incide en la capacidad de la carretera, produciendo congestión y demora en el tiempo de llegada de los usuarios de la vía.</p> <p>El conocimiento del volumen de tráfico local, regional y nacional es una información necesaria para la planificación vial, tanto en proyectos existentes como en proyectos futuros, su variación, composición y proyección mediante tasas de crecimiento, permitirán oportunos y acertados planes de inversión.</p>	<p>-Livianos: Aquellos que estando descargados pesan menos de 1.500 kilos y tiene cuatro llantas. Incluye automóviles y jeeps, camionetas y furgonetas.</p> <p>-Buses: bus de 2 ejes, incluye colectivos, busetas y buses.</p> <p>- Camiones: Vehículos pesados o vehículos comerciales. Aquellos que estando descargados pesan más de 1.500 kilos y tiene seis o más llantas. Incluye vehículos de carga todos los que tenga doble llanta en el eje posterior y más de un eje.</p>	<p>El conteo de tráfico se realizó en la vía de estudio en el año 2014, contabilizando 2567 vehículos livianos.</p>	<p>¿Antes de 2014 cuántos vehículos livianos circulaban por la carretera?</p>	<p>-Formularios para conteo vehicular</p> <p>-Formularios para inventario vial</p> <p>-Formularios para determinar tipos de fallas en el pavimento.</p>
		<p>El conteo de camiones se realizó según clasificación vehicular en el año 2014:</p> <p>-Camión de 2 ejes, livianos 187. Camión de 2 ejes, medio 231.</p> <p>-Camión pesado, 3 ejes 75.</p> <p>-Camión pesado, 5 ejes 2.</p> <p>-Camión pesado 6 ejes 7.</p> <p>Con estos datos se obtiene el tráfico promedio diario anual (TPDA) que resultó de 3221 vehículos.</p>	<p>¿Cuántos buses circulaban antes del 2014?</p> <p>¿Qué días de la semana se congestion a el tráfico dificultand o el normal fluido de vehículos?</p> <p>¿Cuál será el tráfico generado una vez que la carretera sea repavimentada?</p>	<p>-Ensayos de mecánica de suelos. SUCS</p> <p>-Método AASHTO 93</p> <p>-IRI, Deflectómetro</p>

“Una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado” (Reynolds, 1971).

Tabla 6. Operacionalización de Variable Dependiente: Aumento del costo de mantenimiento

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Incremento en el costo del mantenimiento se conceptúa como:</p> <p>Un elemento variable de costo, que está en función del volumen de tránsito que circula por la carretera en estudio. Los cálculos se basarán en las proporciones representativas de vehículos livianos y pesados.</p>	<p>-Mantenimiento rutinario</p> <p>-Mantenimiento especial</p> <p>-Mantenimiento de emergencia</p> <p>-Mantenimiento Mejoramiento</p> <p>Mantenimiento preventivo.</p>	<p>-Actividades de rutina 60% programado en el año.</p> <p>-Sellado asfáltico 10% de la programación anual.</p> <p>-Remoción de derrumbes programado un 15%.</p> <p>- Ensanchamiento de un puente 5% programado.</p> <p>-Actividades preventivas programado 10%.</p>	<p>¿Cuál son las normas para el mantenimiento rutinario?</p> <p>¿Qué tipo de maquinaria se necesita?</p> <p>¿En que meses del año se presenta los derrumbes?</p> <p>¿Cuándo es prioritaria la ampliación de un puente?</p> <p>¿Qué presupuesto asignan para actividades preventivas?</p>	<p>Inventario vial para la programación anual de mantenimiento.</p> <p>Especificaciones Generales MOP 2002.</p> <p>Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras MOP 1975.</p> <p>Observación realizando estudios geotécnicos para cimentación.</p> <p>Observación visual del estado de la carretera.</p>

### 3.5. PLAN PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

“Este plan contempla estrategias metodológicas requeridas por los objetivos e hipótesis de investigación, de acuerdo con el enfoque escogido que para el presente estudio es predominantemente cuantitativo, considerando los siguientes elementos”.

***Definición de los sujetos: personas u objetos que van a ser investigados.***

“En la presente investigación, en lo referente a la población se tiene 3221 vehículos. Explicación en función del contenido de las columnas de técnicas e instrumentos de recolección de información de las diferentes matrices de operacionlización de variables, haciendo referencia a la población y/o muestra de estudio”.

Las cargas de los vehículos se transmiten al pavimento a través de llantas, dispuestas en grupos de líneas de rotación llamadas ejes, estos se clasifican de la siguiente manera: Simple con una sola línea de rotación. Tándem conformado por dos líneas de rotación, separadas entre 1,0 y 1,6 metros y dotado de un dispositivo de distribución de cargas entre sus dos líneas de rotación. Trídem o tándem triple conformado por tres líneas de rotación, igualmente separadas en un espacio entre 2,0 y 3,2 metros y con un dispositivo de distribución de cargas entre las mismas (Londoño, 2000: Pág. 21).

Las técnicas e instrumentos de recolección de la información se determinó de la siguiente manera:

- Conteos manuales de clasificación vehicular.- Este tipo de conteos se realizaron en forma manual, con una persona que se denomina encuestador, este trabajo se realiza en las estaciones predeterminadas en la carretera, durante dos (2) días, de 10 horas/día y tiene la finalidad de obtener la composición del tránsito en vehículos: liviano, bus y los distintos tipos de camiones.
- Conteos volumétricos automático de tráfico vehicular.- La finalidad de realzar esta actividad es el determinar el volumen de tráfico vehicular que circula por los distintos subtramos de vías. Se utilizaron contadores de cable neumático, los que fueron regulados para obtener volúmenes de ejes para cada hora.

***Selección de las técnicas a emplear en el proceso de recolección de información.***

“Las técnicas utilizadas en la presente investigación se realizó mediante encuestas, entrevistas y observaciones. Explicación en función del contenido de las columnas de técnicas e instrumentos de recolección de información de las diferentes matrices de operacionalización por variables”.



- El inventario vial para la programación anual se obtiene mediante la observación en el campo recopilando los datos georeferenciando las alcantarillas, muros, puentes con la facilidad de un GPS, cinta métrica y registro en una libreta de campo para en la oficina realizar la consolidación y el proceso de cálculo para elaborar la programación anual con lo cual se determina el presupuesto del mantenimiento vial de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda provincia de Chimborazo.
- Selección de recursos de apoyo (equipos de trabajo) para el levantamiento topográfico de la carretera en estudio se requiere de una Estación total, un defleómetro para la evaluación estructural del pavimento, ensayos de calicatas en el campo para lo cual se utiliza herramienta manual y observación de las capas de pavimento tomando muestras de suelo para llevar al laboratorio y obtener las características de los materiales y sus granulometrías. Una persona voluntaria movilizandolos equipos de topografía que hace la función de Cadenero.
- “El presente trabajo en estudio como método de investigación para la recolección de información se utilizará la técnica de Observación en el estudio a realizarse desde junio a octubre del 2014 de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal”.

Tabla 7. Procedimiento de recolección de información

TÉCNICAS	PROCEDIMIENTO
Observación	¿Cómo? Realizando un conteo manual de tráfico para determinar el tipo y número de vehículos que circulan por la carretera en estudio.
	¿Dónde? En el campo, sectores de San Juan, comunidad de Chimborazo y acceso al nevado Chimborazo.
	¿Cuándo? La primera semana del mes de junio del 2014, (Ver Anexo D).

Elaborado por: Antonio Ronquillo (2014)

### 3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

- **Revisión crítica de la información recogida.** Es decir limpieza de información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- **Repetición de la recolección.** En ciertos casos individuales, para corregir fallas de contestación.

- **Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis: manejo de información, estudio estadístico de datos para presentación de resultados.** Tablas a ser utilizadas para la cuantificación de los resultados obtenidos con los instrumentos de recolección de información primaria (de campo). El presente trabajo de investigación no aplica la entrevista.
- **Representaciones gráficas.** Ejemplo de figura a ser utilizada para la presentación visual porcentual de los resultados cuantificados en la tabla anterior. El presente trabajo de investigación no aplica la encuesta ni entrevista, es eminentemente de Observación.

### **Plan de análisis e interpretación de resultados**

- **Análisis de los resultados estadísticos.** Destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis deducido anteriormente, el incremento de tráfico incide en el aumento del costo de mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato-Guaranda, provincia de Chimborazo.
- **Interpretación de los resultados.** Con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.
- **Comprobación de hipótesis.**  
Analizar e interpretar los resultados relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos.

Tabla 8. Relación de objetivos específicos, conclusiones y recomendaciones

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<p>Determinar el incremento de tráfico para el mejoramiento del pavimento de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato Guaranda, provincia de Chimborazo.</p>	<p>La carretera Calpi-San Juan-El Arenal tiene un TPDA asignado de 3704 vehículos y TPDA proyectado al año 2035 es de 7045 vehículos.</p>	<p>Aplicando la norma vigente, por su volumen de tráfico vehicular proyectado a 20 años, se recomienda que el proyecto debe tener características de carretera Clase I.</p>
<p>Evaluar el aumento del costo de mantenimiento de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato-Guaranda, provincia de Chimborazo.</p>	<p>El incremento de tráfico, incide en el acelerado deterioro del pavimento de la carretera por tanto el costo de su mantenimiento es mayor que el mantenimiento de los otros componentes de la infraestructura vial.</p>	<p>Debido al deficiente estado de la capa de rodadura se recomienda realizar un bacheo asfáltico y de inmediato un sello asfáltico de 3/8” mientras se realiza el estudio para su rehabilitación.</p>
<p>Proponer un plan de rehabilitación para la carretera Calpi-San Juan-El Arenal, provincia de Chimborazo.</p>	<p>El pavimento de la carretera en estudio se encuentra en mal estado con fisuras y baches por doquier.</p>	<p>A fin de recuperar la serviciabilidad de la vía se recomienda realizar la rehabilitación de la carretera Calpi-San Juan-El Arenal, provincia de Chimborazo.</p>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Antonio Ronquillo (2014)

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

##### 4.1.1. Análisis de resultados de tráfico

El proyecto de la carretera San Juan - El Arenal, por las condiciones existentes, se lo ha dividido en dos tramos:

- Tramo 1: Enlace vía (Riobamba-Alausí) - San Juan – Sector Chimborazo, con una longitud aproximada de 15.0 Km.
- Tramo 2: Sector Chimborazo – El Arenal (Enlace vía Guaranda-Ambato), con una longitud aproximada de 26.0 Km.

Para llegar a determinar el tráfico vehicular existente (TPDA), se realizaron contajes volumétricos automáticos y manuales de clasificación en los diferentes tipos de vehículos en dos estaciones de conteo automático y cuatro estaciones de conteo manual, ubicadas en los tramos viales existentes 1 y 2.

Tabla 9. Estaciones de conteo de tráfico vehicular

TRAMOS VIALES	ESTACIÓN No.	UBICACIÓN	ABSCISAS COORDENADAS	CONTEO TIPO
Enlace vía (Riobamba-Alausí) - San Juan - Sector Chimborazo	1	San Francisco	Km. 35+560 N: 9°818,898,41 E: 748,345,5	Automático y manual
Sector Chimborazo - El Arenal (Enlace vía Ambato - Guaranda)	2	Sector Chimborazo	Km. 25+800 N: 9°826,036,30 E: 744,901,23	Automático y manual
Enlace vía (Riobamba-Alausí) - Cuatro esquinas	3	Cuatro esquinas	Km. 36+350 N: 9°818,454,04 E: 748,943,44	Manual
Sector Chimborazo - Ingreso Nevado Chimborazo	4	Ingreso Chimborazo	Km. 9+360 N: 9°834,262,25 E: 736,404,53	Manual

Fuente: Autor

Los conteos volumétricos de tráfico vehicular en cada una de las estaciones, se realizó bajo el siguiente esquema:

- Conteos volumétricos automáticos, se realizaron durante siete (7) días continuos, las 24 h/día, de la semana del 22 al 28 de junio del 2013.
- Conteos volumétricos manuales de clasificación vehicular, durante dos (2) días de 10 h/día.
- Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) existente.

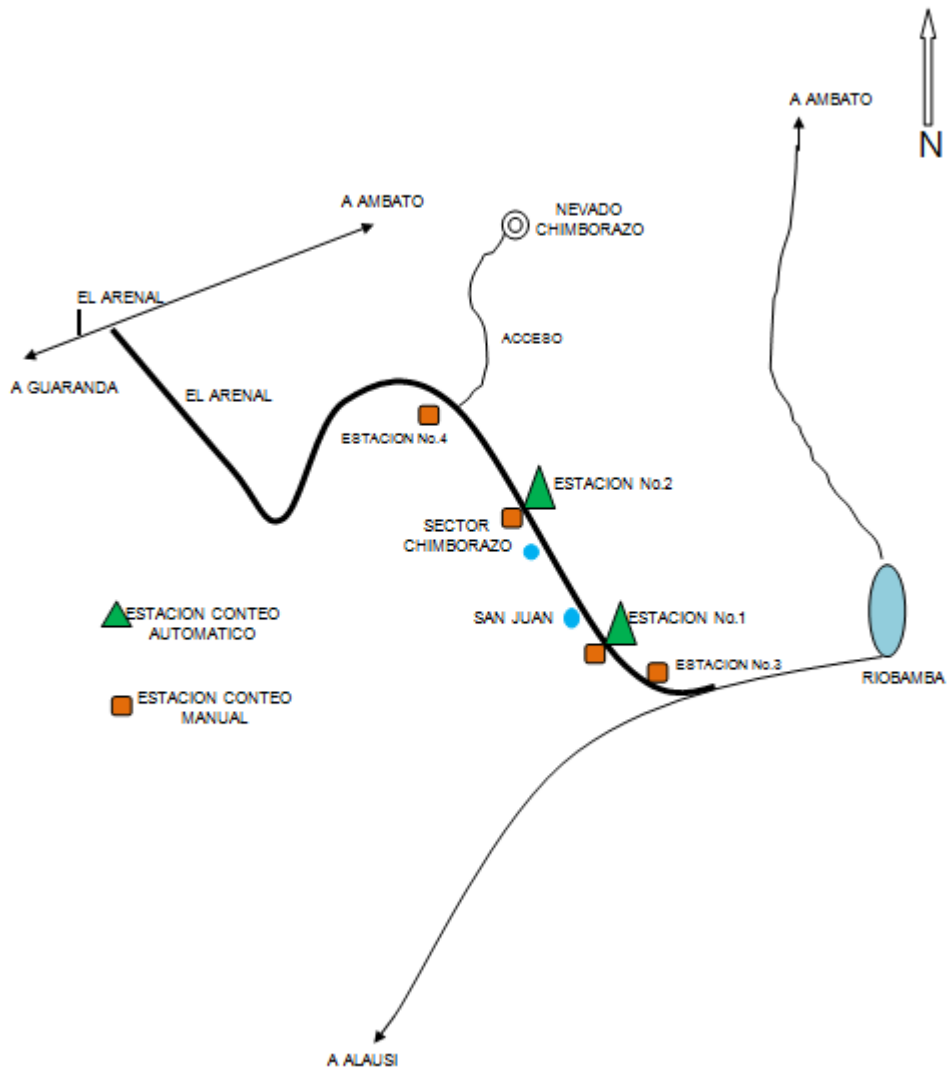


Figura 26. Ubicación de estaciones de conteo vehicular.

Fuente: investigación de campo

Tabla 10. Periodo de duración de los conteos

ESTACIÓN No.	UBICACIÓN	CONTEOS AUTOMÁTICOS (días)	CONTEOS MANUALES (días)
1	Antes de San Juan (Barrio San Francisco)	7	2
2	Sector Chimborazo	7	2
3	Sector Cuatro Esquinas	No	2
4	Ingreso al Nevado Chimborazo	No	2

Fuente: Autor

Los conteos volumétricos manuales de tráfico vehicular desglosa la información en una diversidad mayor de tipos de vehículos, finalmente toda la información deberá ser referida a los siguientes tipos:

- Livianos: incluye automóviles y jeeps, camionetas y furgonetas.
- Buses desglosado así:  
Bus de 2 ejes, incluye colectivos, busetas y buses.  
Bus de 3 ejes, de larga distancia de circulación.
- Camiones: incluye todo tipo de vehículo de carga exceptuando las camionetas, se considera vehículos de carga todos los que tengan doble llanta en el eje posterior y más de un eje.

Nota: No se tomará en cuenta los tractores agrícolas y otro tipo de maquinaria vial o agrícola.

De los conteos automáticos se contabiliza los pares de ejes totales diarios durante el período de conteo y se calcula el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS).

$$TPDM = TPDS = \frac{\sum \text{Días SEMANA}}{7}$$

Donde:

TPDM: Tráfico Promedio Diario Mensual

TPDS: Tráfico Promedio Diario Semanal

Días Semana: Volumen de vehículos contabilizados

Para llegar a determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) en vehículos, al Tráfico Promedio Diario Mensual se afecta con los factores: de ejes ( $f_e$ ) y estacional ( $F_m$ ).

$$TPDA = TPDM * f_e * F_m$$

Donde:

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

$f_e$ : Factor de ejes que se calcula relacionando el número de ejes con el número de vehículos cuantificados en los contajes manuales.

$F_m$ : Factor de estacionalidad mensual promedio  $F_m = 1.0221$ , calculado en base al consumo de combustibles en la provincia de Chimborazo y correspondientes al mes de junio.

Tabla 11. Factor estacional mensual de la provincia de Chimborazo.

MES	FACTOR
ENERO	1,0904
FEBRERO	1,1395
MARZO	0,9160
ABRIL	1,0180
MAYO	1,0021
JUNIO	1,0221
JULIO	1,0197
AGOSTO	0,9560
SEPTIEMBRE	0,9638
OCTUBRE	0,9917
NOVIEMBRE	0,9630
DICIEMBRE	0,9571

Fuente: MOP

Tabla 12. Tráfico Promedio Diario Anual TPDA existente.

CLASIFICACIÓN VEHICULAR								
CORREDOR VIAL: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan - El Arenal								
TRAMO: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan – Sector Chimborazo								
DOS DIRECCIONES DE CIRCULACIÓN								
	LIVIANO	BUS	CAMIÓN 2 EJES		CAMIÓN PESADO			TPDA
		2 EJES	LIVIANO	MEDIO	3 ejes	5EJES	6 EJES	
VEHÍCULO	2567	152	187	231	75	2	7	3221
%	79,71	4,73	5,81	7,15	2,32	0,05	0,22	100

Fuente: MOP

El proceso de asignación de tráfico vehicular al proyecto está constituido por los tráficos vehiculares: existente y generado.

El tráfico generado está constituido por aquellos viajes vehiculares distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se mejora o se construye el carretero.

El tráfico vehicular generado para el presente tramo vial objeto del estudio está constituido por tres categorías siguientes:

1. El Tránsito inducido, o nuevos viajes no realizados previamente por ningún modo de transporte.
2. El tránsito convertido, o nuevos viajes que previamente se hacían en carros de alquiler, autobuses u otros medios de transporte, y que por razón de la nueva condición del carretero se harían en vehículos particulares.
3. El Tránsito trasladado, consiste en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva condición de la carretera y no al cambio del uso del suelo.

Al tráfico vehicular generado así catalogado se la asigna tasas de incremento entre el 5% al 25% del tráfico actual, con un período de generación de 1 a 2 años después de que la carretera entre en funcionamiento. Para el presente estudio se tomó un 15 % del TPDA actual. Ver Cuadros Nos. 5 y 6 el Tráfico generado para los dos subtramos del proyecto.

Tabla 13. Tráfico Promedio Diario Anual Generado.

Corredor vial: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan - El Arenal  
 Tramo: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan – Sector Chimborazo

TRÁFICO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN 2 EJES		CAMIÓN PESADO			TPDA
		2 EJES	LIVIANO	MEDIO	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
<b>GENERADO</b>	385	23	28	35	11	0	1	483

Fuente: Autor



Tabla 14. Tráfico Promedio Diario Anual TPDA asignado al proyecto.

Corredor vial: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan - El Arenal  
 Tramo: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan – Sector Chimborazo

TRÁFICO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN 2 EJES		CAMIÓN PESADO			TPDA
		2 EJES	LIVIANO	MEDIO	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
<b>EXISTENTE</b>	2567	152	187	230	75	2	7	3221
<b>GENERADO</b>	385	23	28	35	11	0	1	483
<b>ASIGNADO</b>	<b>2953</b>	<b>175</b>	<b>215</b>	<b>265</b>	<b>86</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>3704</b>
<b>%</b>	<b>79,711</b>	<b>4,734</b>	<b>5,812</b>	<b>7,147</b>	<b>2,321</b>	<b>0,055</b>	<b>0,219</b>	<b>100</b>

Fuente: Autor

### Proyección de tráfico vehicular

Las proyecciones de tráfico vehicular asignado para la carretera en estudio, se han planteado de tal forma que se basan en una relación entre el crecimiento del parque automotor, la población, el producto interno bruto (PIB) y el tiempo.

La expresión matemática que se utilizó para las proyecciones del tráfico promedio diario anual, es la siguiente:

$$TPDA_t = TPDA_0 \times (1 + \alpha)^t$$

Donde:

- $TPDA_t$  = tráfico promedio diario anual futuro  
 $\alpha$  = tasa de crecimiento del parque automotor  
 $t$  = año de la proyección respecto al año base  
 $TPDA_0$  = tráfico promedio diario anual actual

Tabla 15. Tasas de crecimiento del tráfico (%)

PERIODO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN
2010-2015	3,87	1,32	3,27
2015-2020	3,44	1,17	2,90
2020-2025	3,10	1,05	2,61
2025-2030	2,82	0,96	2,38

Fuente: MTOP

Utilizando las tasas de crecimiento indicadas y aplicando la expresión matemática, se proyecta el tráfico asignado al proyecto, para un período de 20 años.

Tabla 16. Proyección del TPDA asignado

Tramo: Enlace (Vía Riobamba – Alausí) – San Juan – Sector Chimborazo

Dirección de circulación: dos

AÑO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN 2 EJES		CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN DE 5JES	CAMIÓN DE 6 JES	TOTAL
			LIVIANO	MEDIO				
2013	2953	175	215	265	86	2	8	3704
2014	3067	178	222	273	89	2	8	3839
2015	3186	180	230	282	92	2	9	3980
2016	3295	182	236	291	94	2	9	4109
2017	3408	184	243	299	97	2	9	4243
2018	3526	186	250	308	100	2	9	4382
2019	3647	189	257	317	103	2	10	4524
2020	3772	191	265	326	106	2	10	4672
2021	3889	193	272	334	109	3	10	4810
2022	4010	195	279	343	111	3	11	4951
2023	4134	197	286	352	114	3	11	5097
2024	4262	199	294	361	117	3	11	5247
2025	4395	201	301	370	120	3	11	5402
2026	4518	203	308	379	123	3	12	5547
2027	4646	205	316	388	126	3	12	5696
2028	4777	207	323	398	129	3	12	5849
2029	4912	209	331	407	132	3	12	6006
2030	5050	211	339	417	135	3	13	6168
2031	5193	213	347	427	139	3	13	6334
2032	5339	215	355	437	142	3	13	6505
2033	5490	217	364	447	145	3	14	6680
2034	5644	219	372	458	149	4	14	6860
2035	5804	221	381	469	152	4	14	7045

Fuente: MTOP

#### 4.1.2. Análisis de rugosidad y deflexiones

La rugosidad se midió en dos carriles, de ida y de regreso, y las deflexiones cada 100 metros calzada, 50 metros carril en forma alternada en los carriles de ida y regreso de la carretera.

### **Trabajos de campo y laboratorio**

- Medición de deflexiones con Heavy Weight Deflectometer (HWD), con una carga estándar de aproximadamente 40 KN.
- Evaluación de Fisuras y deformaciones mediante estimación visual
- Medición de IRI en cada carril de circulación
- Perforación de calicatas y ensayos de campo y laboratorio

### **Trabajos de oficina**

- Estudio de la información existente
- Revisión de trabajos de campo existentes, que incluyen ensayos necesarios para la evaluación geotécnica de las capas del pavimento y la subrasante, así como para la ampliación de la vía.
- Estudio del tránsito
- Evaluación de la estructura existente, representada por el módulo de la subrasante, el número estructural efectivo y el módulo equivalente del pavimento. En esta etapa se hace una sectorización de la vía en tramos homogéneos teniendo en cuenta, principalmente, las condiciones de Número Estructural Efectivo de la estructura del pavimento existente y el módulo de la subrasante.

### **Toma de datos no destructivos.**

Las deflexiones son una medida de la deformación elástica que experimenta un pavimento al paso de una carga, y éstas son función no sólo del tipo y estado del pavimento sino también del método y equipo de medida. Para el presente estudio se ha medido deflexiones con el Heavy Weight Deflectometer (HWD) cada 50 m de manera intercalada en cada uno de los carriles de la vía en estudio.

La medición de la distancia recorrida ha sido llevada a cabo por un odómetro de precisión. Cada punto de medición tiene registrado su posición geográfica, ya que en el equipo de medición se ha instalado un GPS de precisión submétrica.

### 4.1.3. Análisis de condición del pavimento

Se realizó una estimación visual de las áreas con fisuramientos y deformaciones. La falla que se presenta con mayor frecuencia es el fisuramiento en bloque.

Para determinar el Índice de Estado se llevó a cabo un inventario visual que permitió la obtención de la información necesaria para la determinación numérica cuantificable de él. Los parámetros de condición evaluados mediante “Criterios de apreciación visual” fueron los siguientes:

- D1 Baches descubiertos
- D2 Fisuras en bloque o piel de cocodrilo
- D3 Otras fisuras
- D4 Defectos de superficie
- D5 Comodidad de manejo

Tabla 17. D1- Baches descubiertos

<b>Objetivo:</b> Evaluar la integridad del pavimento en su condición actual
<b>Procedimiento de calificación:</b> Se registra el número de baches descubiertos observados en una sección, clasificándolos según su severidad y extensión en cuatro categorías: <ul style="list-style-type: none"><li>• Baches superficiales de área menor a 1 m<sup>2</sup> (SA).</li><li>• Baches superficiales de área mayor a 1 m<sup>2</sup> (SB).</li><li>• Baches profundos de área menor a 1 m<sup>2</sup> (PA).</li><li>• Baches profundos de área mayor a 1 m<sup>2</sup> (PB).</li></ul> Se totaliza el número de baches en cada categoría, para determinar el valor DI que representa el área ponderada porcentual de baches descubiertos en la sección: $DI = \frac{0.7 * SA + 2 * SB + 2 * (0.7 * PA + 2 * PB)}{L * A} * 100$ Donde: L = longitud en metros A = ancho en metros
En consecuencia, D1 vale cero cuando no existen baches descubiertos, y crece en la medida que el área afectada se incrementa. Valores superiores al 2 % revelan una muy alta incidencia de estos daños.

Fuente: MTOP

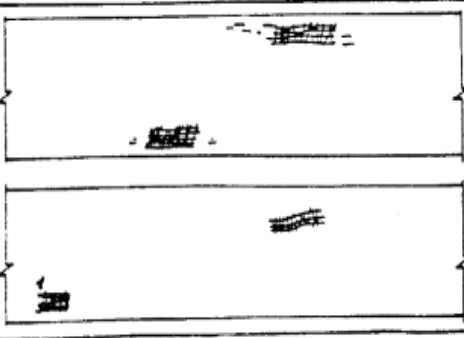
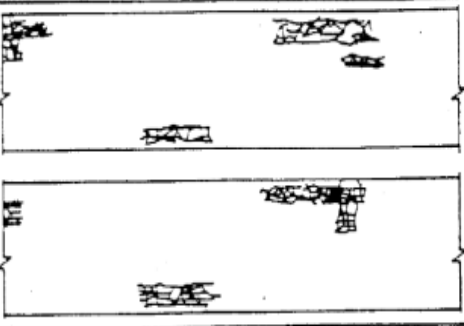
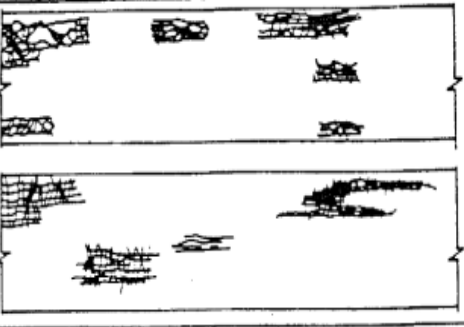
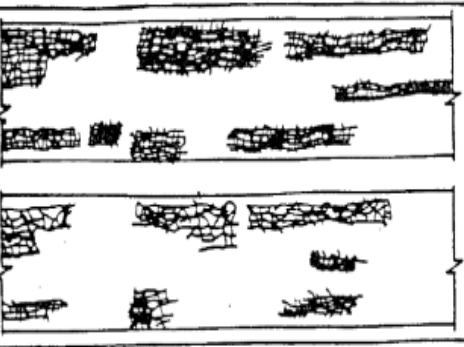
Tabla 18. D2 - Fisuras en bloque o piel de cocodrilo

<p><b>Objetivo:</b>                  Evaluar la integridad de la estructura del pavimento y su potencial evolución a muy corto plazo.</p> <p><b>Procedimiento de calificación:</b>                  Se califica el estado del pavimento en función de la apreciación visual de la frecuencia o extensión de la superficie afectada por Fisuras en Bloques (pavimentos rígidos) o Fisuras tipo Piel de Cocodrilo (pavimentos flexibles y mixtos). A tal efecto se emplean los esquemas Niveles de frecuencia o extensión D2.</p> <p><b>Niveles de Severidad:</b>                  Para efectos de éste inventario de condición no se diferencian niveles de severidad. Todas las fisuras en bloques o piel de cocodrilo visibles en la superficie son consideradas en el relevamiento</p>		
<p><b>Niveles de extensión o frecuencia:</b>                  Se califica la extensión afectada de acuerdo a los siguientes indicadores.</p>		
<b>Nivel</b>	<b>Porcentaje Afectado</b>	<b>Descripción</b>
0	0%	Ausencia de fisuras en bloque o piel de cocodrilo en la sección
1	0 -5 %	Fisuración escasa, aislada y ocasional
2	5 -15 %	Fisuración intermitente, distribuida regularmente en la sección
3	15 -25 %	Fisuración frecuente, afecta a gran número de losas o gran parte de las huellas de canalización de tránsito
4	● 25%	Fisuración extensa, generalizada en toda la sección
<p>Nota: En pavimentos rígidos los porcentajes se refieren al total del área de la sección, mientras que en pavimentos flexibles y mixtos el área corresponde a las huellas de canalización del tránsito.</p>		

Fuente: MTOP

Figura 27. Niveles de Frecuencia o Extensión D2.

NIVELES DE FRECUENCIA O EXTENSION  
D2 FISURAS CUERO DE COCODRILO – PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y MIXTOS

CODIGO EXTENSION	ESQUEMA TIPO	AREA AFECTADA DESCRIPCION PAVIMENTO
1		MAYOR DE 0 A 5% FISURACION ESCASA AISLADA OCASIONAL
2		MAYOR DE 5 A 15% FISURACION INTERMITENTE. SE DISTRIBUYE REGULARMENTE EN LAS HUELLAS DE CANALIZACION DEL TRAFICO.
3		MAYOR DE 15 A 25% FISURACION FRECUENTE. AFECTA UN PORCENTAJE SIGNIFICATIVO DE LAS HUELLAS DE CANALIZACION DEL TRAFICO.
4		MAYOR DE 25% FISURACION EXTENSIVA QUE CUBRE TODA EL AREA DE CANALIZACION DEL TRAFICO EN LAS SECCIONES EVALUADA.

Fuente: MTOP

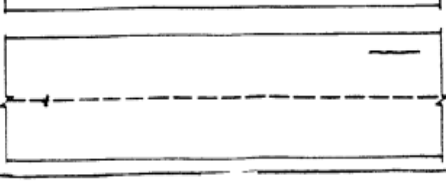
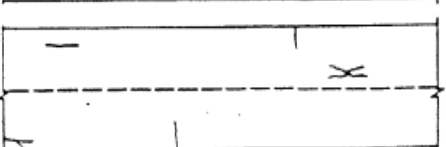
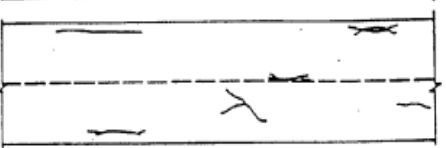
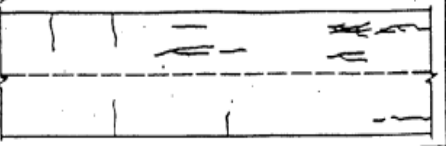
Tabla 19. D3- Otras fisuras

<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Evaluar la integridad de la estructura del pavimento y su potencial evolución en el término de dos a tres años.</p> <p><b>Procedimiento de calificación:</b></p> <p>Se califica el estado del pavimento en función de la apreciación visual de la frecuencia o extensión de la superficie afectada por diversos tipos de fisuras a saber:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentos de hormigón: losas subdivididas, fisuras de esquina, longitudinales, transversales y diagonales, inducidas por el mal funcionamiento de las juntas.</li> <li>• Pavimentos flexibles y mixtos: fisuras longitudinales, transversales y diagonales, en arco y reflejas. Se compara la superficie del pavimento con los standards de pavimentos flexibles para determinar la extensión.</li> </ul>		
<p><b>Niveles de Severidad:</b></p> <p>Para efectos de éste inventario de condición no se diferencian niveles de severidad. Todas las fisuras visibles en la superficie, y diferentes de las evaluadas mediante el indicador D3, son consideradas en el relevamiento, con excepción de las fisuras reflejas que son relevadas sólo cuando su severidad es moderada a alta.</p> <p><b>Niveles de extensión o frecuencia:</b></p> <p>Se califica la extensión afectada de acuerdo a los siguientes indicadores.</p>		
<b>Nivel</b>	<b>Porcentaje Afectado</b>	<b>Descripción</b>
0	0%	Ausencia de fisuras en la sección
1	0 -5 %	Fisuración escasa, aislada y ocasional
2	5 -15 %	Fisuración intermitente, distribuida regularmente
3	15 -25 %	Fisuración frecuente, afecta a gran número de losas o gran parte de la sección
4	• 25%	Fisuración extensa, generalizada en toda la sección
<p>Nota: En pavimentos rígidos los porcentajes se refieren al total del área de la sección, mientras que en pavimentos flexibles y mixtos el área corresponde a las huellas de canalización del tránsito.</p>		

Fuente: MTOP

Figura 28. Niveles de Frecuencia o Extensión D3.

NIVELES DE FRECUENCIA O EXTENSION  
D3 OTRAS FISURACIONES – PAVIMENTOS FLEXIBLES

CODIGO EXTENSION	ESQUEMA TIPO	AREA AFECTADA	DESCRIPCION PAVIMENTO
1		MAYOR DE 0 A 5%	FISURACION ESCASA ASIMILAR OCASIONAL
2		MAYOR DE 5 A 15%	FISURACION INTERMITENTE SE DISTRIBUYE REGULARMENTE EN LA SECCION
3		MAYOR DE 15 A 25%	FISURACION FRECUENTE AFECTA GRAN PARTE DE LA LONGITUD DEL TRAMO
4		MAYOR DE 25%	FISURACION EXTENSIVA GENERALIZADA EN TODA LA SECCION EVALUADA

Fuente: MTOP



Tabla 20. D4- Defectos de superficie

<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Evaluar la condición de la superficie del pavimento y en relación a la existencia de diversos tipos de daño que si bien no comprometen la integridad estructural puede generar actividades de mantenimiento (rutinario o periódico) en el corto o mediano plazo.</p> <p><b>Procedimiento de calificación:</b></p> <p>Se califica el estado del pavimento en función de la apreciación visual de la frecuencia o extensión de la superficie afectada por los siguientes tipos de daño:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentos de hormigón: descascaramientos, peladuras, astillamientos de juntas.</li> <li>• Pavimentos flexibles y mixtos: peladuras, desintegraciones de bordes, exudación de asfalto, deformaciones en mezclas asfálticas asociadas a deficiente estabilidad (ondulaciones y corrimientos).</li> </ul> <p>Se compara la superficie del pavimento con los standards de pavimentos flexibles para determinar la extensión.</p> <p><b>Niveles de Severidad:</b></p> <p>Para efectos de éste inventario de condición se consideran los daños asociados con niveles de severidad moderados a altos.</p> <p><b>Niveles de extensión o frecuencia:</b></p>		
Nivel	Porcentaje Afectado	Descripción
0	0%	Ausencia de defectos de superficie con severidad moderada a alta.
1	0 -5 %	Defectos escasos, aislados y ocasionales
2	5 -15 %	Defectos intermitentes, se distribuyen con regularidad en la sección.
3	15 -25 %	Defectos frecuentes, afectan un gran número de losas o gran parte de la superficie del pavimento.
4	25%	Defectos extensivos, generalizados en toda la sección.

Fuente: MTOP

Figura 29. Niveles de Frecuencia o Extensión D4.

NIVELES DE FRECUENCIA O EXTENSION  
D4 DEFECTOS DE SUPERFICIE – PAVIMENTOS FLEXIBLES

CODIGO EXTENSION	ESQUEMA TIPO	AREA AFECTADA DESCRIPCION PAVIMENTO
1		MAYOR DE 0 A 5% DEFECTOS ESCASOS, AISLADOS, CASO- MENTE EN ZONAS MAS CERCAS ESCUELAS Y ZONAS DE FRENADO
2		MAYOR DE 5 A 15% DEFECTOS INTERMITENTES, SE EXHIBEN CON REGULARIDAD EN LA SECCION
3		MAYOR DE 15 A 25% DEFECTOS FRECUENTES, LINA POCA EN SIGNIFICATIVA DEL PAVIMENTO
4		MAYOR DE 25% DEFECTOS EXTENSIVOS, GENE- RALIZADOS EN TODA LA SECCION EVALUADA

Fuente: MTOP

Tabla 21. D5- Comodidad de manejo

<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Caracterizar la calidad funcional o serviciabilidad del pavimento en relación a su aceptación por parte del usuario.</p> <p><b>Procedimiento de calificación:</b></p> <p>Reconocer el tramo o sección conduciendo el vehículo a una velocidad uniforme compatible con el tipo y función de la vía, evaluando globalmente la irregularidad del perfil longitudinal, en forma subjetiva, según su efecto en la calidad de manejo, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Nivel 1: Bueno a muy bueno</b> Circulación confortable y segura,- brinda un nivel de servicio muy satisfactorio; ocasionalmente se detectan pequeñas irregularidades que no afectan la calidad de manejo.</li><li>• <b>Nivel 2: Regular</b> Circulación medianamente confortable; existen irregularidades en el perfil y acabado del pavimento, originadas en juntas defectuosas, reparaciones mal terminadas, deformaciones localizadas, que sin imponer restricciones a la velocidad de circulación afectan la comodidad de manejo.</li><li>• <b>Nivel 3: Pobre</b> Circulación no confortable. La velocidad debe adecuarse a la condición del perfil longitudinal; frecuentes irregularidades por deficiencias varias provocan continuo golpeteo, vibración y cabeceo en la marcha del vehículo.</li><li>• <b>Nivel 4: Pésimo</b> Circulación con muy bajo confort, desplazamientos y saltos provocados por continuas y severas irregularidades del pavimento, obligando no solo a regular la marcha sino también a frecuentes maniobras para anticiparse a esquivar dichos daños. Circulación peligrosa.</li></ul> <p>Nota: Se procurará circular por el carril más crítico desde el punto de vista del desempeño del pavimento.</p>
--

Fuente: MTOP

#### 4.1.3.1. Índice de estado

Este índice representa, a través de un valor numérico, la condición del pavimento y se calcularon para cada segmento o sección de vía.

El procedimiento adoptado para el cálculo está basado en el criterio de valores deducibles, por el cual se asigna un puntaje a deducir de un valor inicial o perfecto, según el tipo y magnitud de los daños encontrados en la vía.

La fórmula utilizada para el cálculo del índice de estado es la siguiente:

$$IE = 100 - FSD * \sum_1^{NI} DD_i$$

Donde:

IE = índice de Estado, variable de 0 a 100.

FSD= Factor de Ajuste, función del número de tipos de daños considerados en la sección (NI) y la sumatoria de puntos a deducir (DD<sub>i</sub>) por cada tipo de daño. Este factor tiene en cuenta el efecto no totalmente aditivo de la combinación de los daños, variando según se indica más adelante.

NI= Número de daños observados en la sección que generan puntos a deducir DD<sub>i</sub> mayores de 5.

DD<sub>i</sub>= Puntos a deducir, función del tipo de daño (D<sub>i</sub>) y el nivel de extensión o valor asignado al mismo.

Puntos a deducir (DD1), se determinan aplicando la siguiente relación:

$$\begin{aligned} DD1 &= 0 && \text{para } DI < 0.10 \\ DD1 &= 45.802 + 38.81 \log DI && \text{para } DI \geq 0.10 \end{aligned}$$

Puntos a deducir por concepto de D2 "Fisuras en Bloques o piel de cocodrilo":

CALIFICACIÓN EN CAMPO D2	PUNTOS A DEDUCIR DD2
0	0
1	20
2	40
3	55
4	60

Puntos a deducir por concepto de D3 "Otras Fisuras":

CALIFICACIÓN EN CAMPO D3	PUNTOS A DEDUCIR DD3
0	0
1	14
2	29
3	36
4	44

Puntos a deducir por concepto de D4 "Defectos de Superficie":

CALIFICACIÓN EN CAMPO D4	PUNTOS A DEDUCIR DD4
0	0
1	8
2	15
3	20
4	30

Puntos a deducir por concepto de D5 "Comodidad de Manejo":

CALIFICACIÓN EN CAMPO D5	PUNTOS A DEDUCIR DD5
1	0
2	10
3	20
4	30

- Sumatoria de puntos a deducir SSD

$$SSD = DD1 + DD2 + DD3 + DD4 + DD5$$

- Número de daños que generan puntos a deducir (NI).

El valor NI es la suma de los indicadores que generan puntos a deducir  $DD_i$  mayores de 5. Cuando todos proveen puntos a deducir mayores que 5,  $NI = 5$ .

- Factores de corrección (FSD).

Los factores de corrección, FSD, se determinan en función de NI, y de la sumatoria de puntos a deducir, SSD, en base a las siguientes fórmulas:

Si NI = 1: FSD = 1

Si NI > 1 y SSD < 90:

$$FSD = (1/SSD) * 10^{(-0.2757 - 0.0652NI + 1.1513 \log SSD)}$$

Si NI > 1 y SSD ≥ 90:

$$FSD = (1/SSD) * 10^{(-0.4327 - 0.00316NI + 0.7375 \log SSD)}$$

- Verificación de la relación:  
DDI ≤ FSD<sub>i</sub>\*SSD<sub>i</sub> Para i=1 hasta 5
- Determinar el índice de Estado (IE) en base a los parámetros calculados aplicando la fórmula: IE = 100 – FSD\*SSD

Tabla 22. Índices de estado.

INDICE DE ESTADO	NIVEL DE SERVICIABILIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
85 - 100	Muy Bueno	Pavimento en condición Muy Buena; circulación muy confortable, superficie uniforme. No se observan daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos
60 - 85	Bueno	Pavimento en condición Buena a Regular; circulación confortable. Se observan fallas incipientes aunque de tipo localizado
40 - 60	Regular	Pavimento en condición Regular; circulación poco confortable, daños manifiestos y frecuentes. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil
25 - 40	Malo	Pavimento en condición deficiente; circulación no confortable, daños en proceso de generación. El pavimento ha alcanzado su vida útil
0 - 25	Muy Malo	Condición deficiente; circulación pésima. Daños completamente generalizados e irreversibles

Fuente: AASHTO 93

En la siguiente Figura se indica el Índice de Estado en segmentos de 100 m., a lo largo del proyecto.

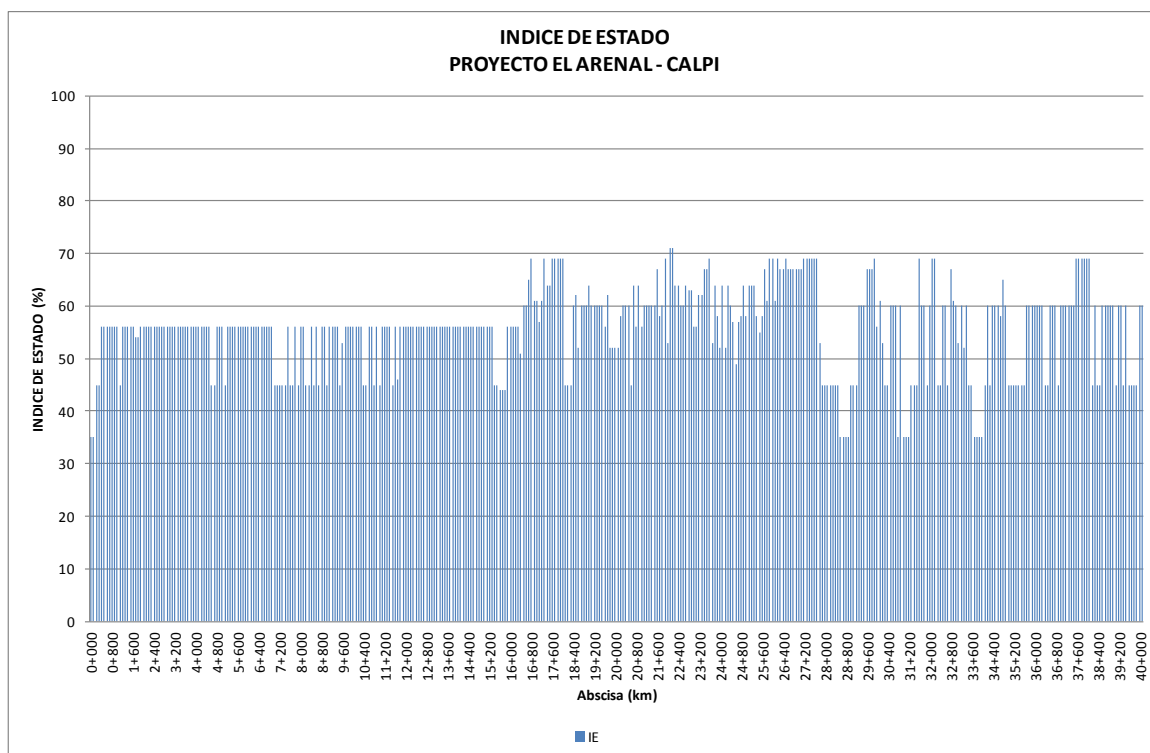


Figura 30. Índice de estado del proyecto

Fuente: Autor

#### 4.1.3.2. Regularidad superficial

El perfilómetro Dynatest (*Road Surface Profilometer, RSP*) utilizado en este proyecto permite efectuar mediciones de las elevaciones del perfil longitudinal, y con ello se determina el valor IRI que representa la irregularidad superficial o rugosidad. Este proceso es automáticamente realizado en el equipo y reporta directamente los valores IRI; también permite el registro de datos de dispositivos GPS. Las mediciones se obtienen de manera continua, en tiempo real, y a la velocidad de circulación del tránsito vehicular.

Los resultados de IRI en los carriles externos de cada calzada fueron determinados en intervalos de 10 m, como el promedio del IRI de la huella derecha y de la huella izquierda. Con esos valores de IRI cada 10 m se calculó posteriormente el IRI promedio cada 100m de longitud. Los resultados calculados se indican en la siguiente figura:

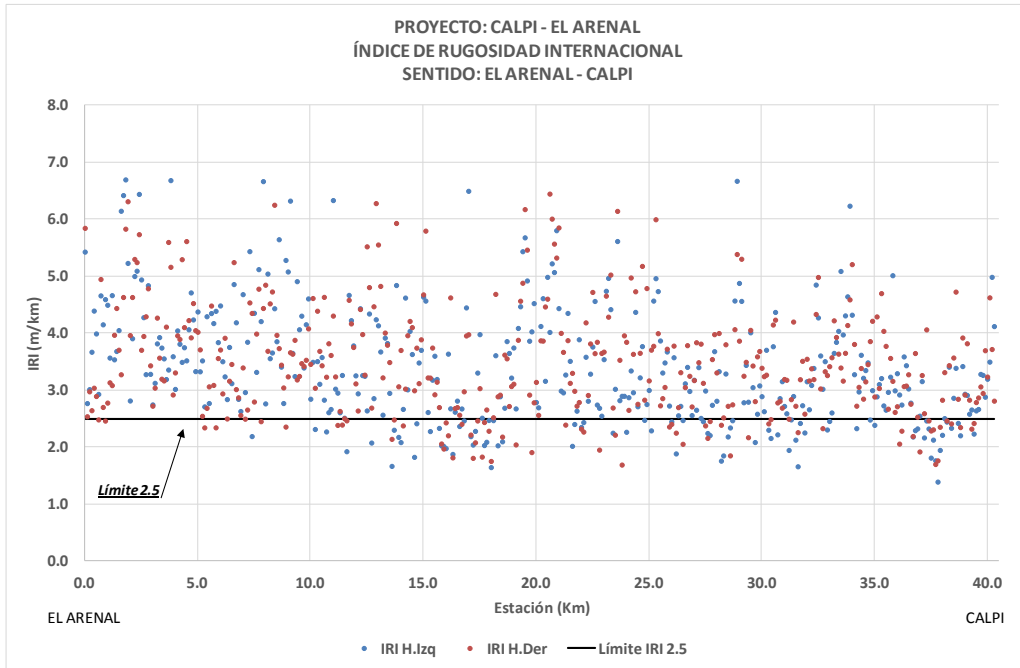


Figura 31. Índice de Rugosidad internacional

Fuente: Autor

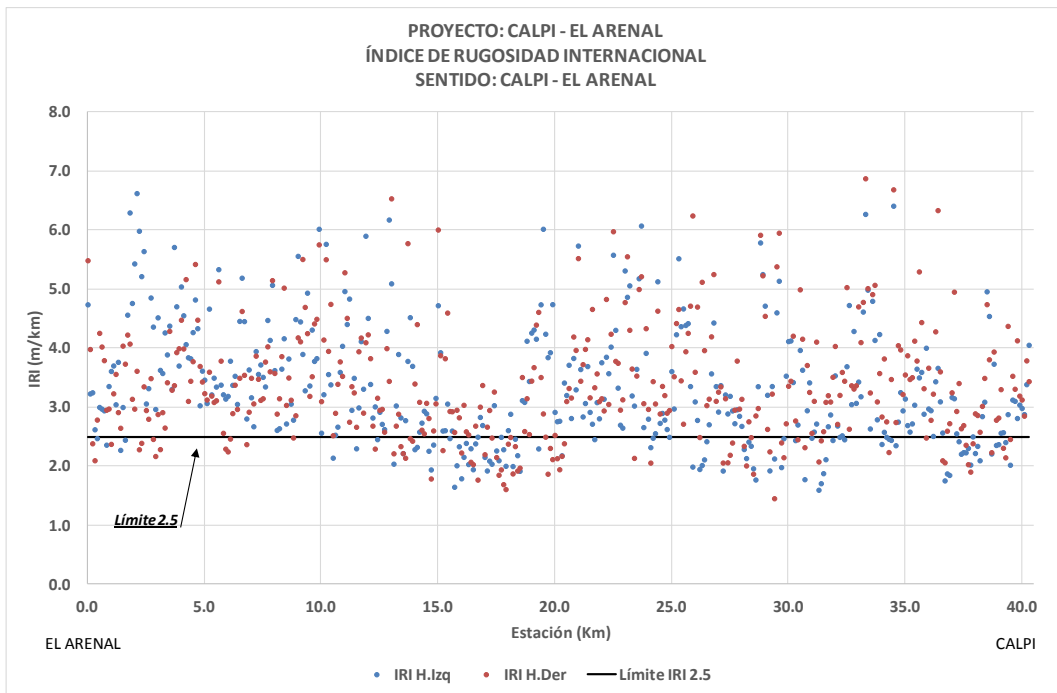


Figura 32. Medición de IRI del proyecto

Fuente: Autor



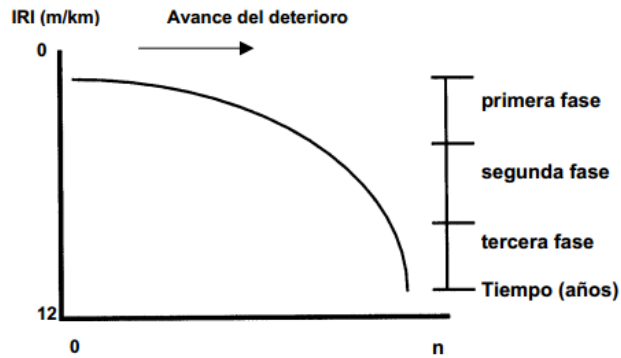


Figura 33. Deterioro típico de un camino respecto al tiempo

Fuente: Secretaria de Comunicaciones y transporte. Instituto Mexicano del Transporte

Tabla 23. IRI Pavimento asfáltico e Hidráulico

Condición del camino	Pavimento asfáltico IRI (m/km)	Pavimento hidráulico IRI (m/km)
Muy bueno	< 3.2	< 2.8
Bueno	3.2 – 3.9	2.8 – 3.5
Regular	4.0 – 4.6	3.6 – 4.3
Malo	> 4.6	>4.3

Fuente: AASHTO 93

El valor promedio IRI m/km, Carril Derecho (Ida), de la huella derecha es de 3.34 m/km, y de 3.40 m/km la huella izquierda.

El valor promedio IRI m/km, Carril Derecho (Regreso), de la huella derecha es de 3.51 m/km, y de 3.61 m/km la huella izquierda.

#### 4.1.3.3. Deflexiones

La evaluación de la capacidad estructural de un pavimento es posible mediante las mediciones de deflexiones y a partir de tales resultados se obtiene la respuesta del sistema subrasante-pavimento ante la acción de una carga de ensayo. La respuesta obtenida es la deflexión recuperable que se mide automáticamente mediante los geófonos del deflectómetro de impacto, denominado Falling Weight Deflectometer.

Las deflexiones se midieron cada 100 m., alternativamente en los carriles derecho e izquierdo de la calzada. Cada sitio de medición de deflexión fue marcado en la superficie del pavimento, con el objeto de ubicar las abscisas representativas para posteriores ensayos de medición de espesores y determinación de las características físico mecánicas de los materiales de las capas del pavimento y suelo de subrasante.

Las deflexiones medidas están relacionadas con la condición estructural del sistema subrasante-pavimento.

La delimitación de secciones homogéneas se realizó utilizando el criterio de diferencias acumulativas “Análisis Unit Delineation By Cumulative Differences” del Apéndice “J” de “AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures-1993. En el siguiente gráfico se indican los resultados obtenidos de la medición de deflexiones, mismas que ha sido normalizada para una carga estándar por rueda doble, de 40 KN o 9000 lbs y una temperatura de 20 °C para el pavimento existente.

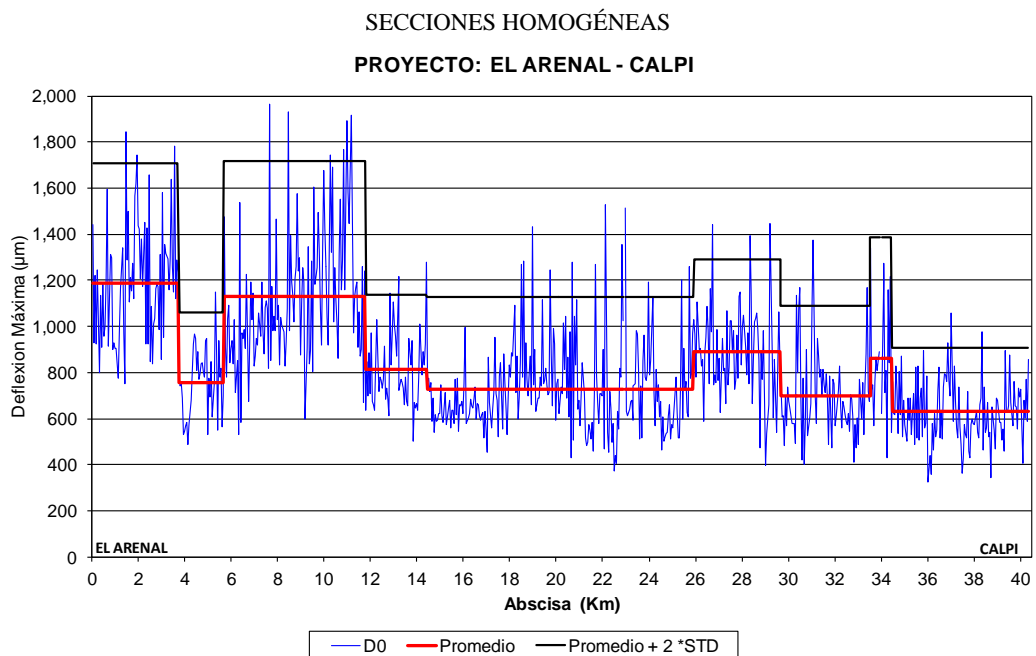


Figura 34. Deflexión Máxima Normalizada para Carga y Temperatura.

Fuente: Autor

#### 4.1.4. Análisis de resultados del estudio geotécnico

La falta de información registrada de los espesores de la estructura de pavimento y de las características de sus capas y la subrasante, hicieron necesario emprender en una campaña de ejecución de calicatas. Con las muestras recuperadas se realizaron los ensayos de clasificación que permitirían conocer sus características de granulometría y límites de Atterberg.

Tabla 24. Abscisas de calicatas para cada sección homogénea.

No.	SECCIÓN HOMOGÉNEA		PUNTO DE PERFORACION	COORDENADAS GPS		ESPESOR DE CAPA DE RODADURA cm	ESPESOR DE CAPA BASE Y SUBBASE cm	% COMPACTACION		CLASIFICACION SUBRASANTE		ENSAYO CBR-DCP 0 a 40 cm
	Inicio	Fin		X	Y			BASE	SUBRASANTE	SUCS	AASHTO	
1	0	3+700	1+950	7,340,690,067	9,840,388,793	2.5	45	116.1	91.5	SM	A-2-4	14
2	3+700	5+650	5+300	7,358,725,154	9,838,080,408	2.5	50	98.5	89.2	SM	A-2-4	22
3	5+650	11+750	10+050	7,366,007,571	9,833,988,945	2.5	50	104	91.5	SM	A-2-4	10
4	11+750	14+400	12+650	7,374,716,402	9,832,078,068	2.5	50	107.1	90.1	SM	A-2-4	22
5	14+400	25+900	23+950	7,441,144,766	9,827,669,075	2.5	45	101.2	108.7	SM	A-2-4	20
6	25+900	29+650	28+350	7,466,290,257	9,824,512,307	2.5	40	109	83.8	SC	A-2-6	9
7	29+650	33+545	30+350	7,464,716,475	9,822,612,041	2.5	40	128	87.6	SC	A-2-6	15
8	33+545	34+450	34+100	7,467,219,333	9,819,292,047	2.5	30	98	76.2	SM	A-2-4	10
9	34+450	40+500	39+150	7,510,939,105	9,818,620,807	2.5	30	99.3	82.5	SM	A-2-4	21

NOTA: La capa de rodadura a lo largo del proyecto es de D.T.S.B.

Fuente: Investigación de campo

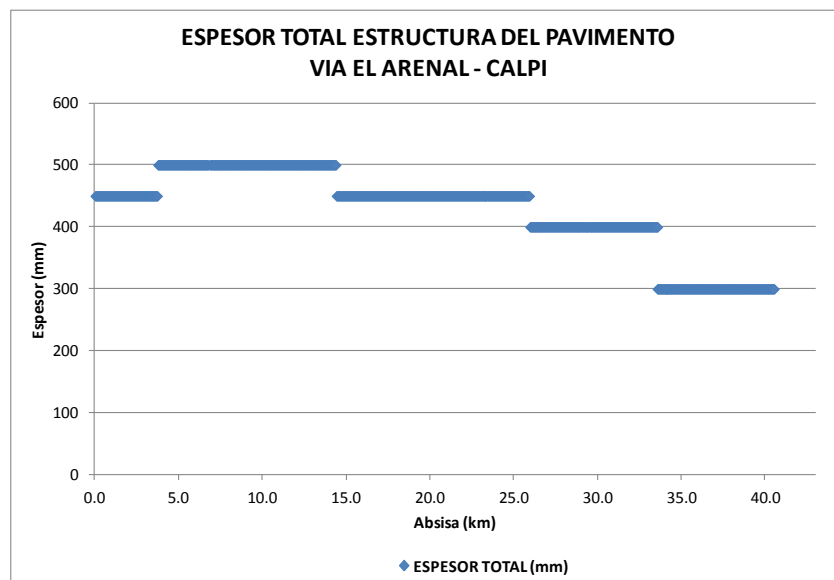


Figura 35. Espesor de la estructura del pavimento.

Fuente: Investigación de campo

### GRADOS DE COMPACTACIÓN DE LA VÍA EL ARENAL CALPI

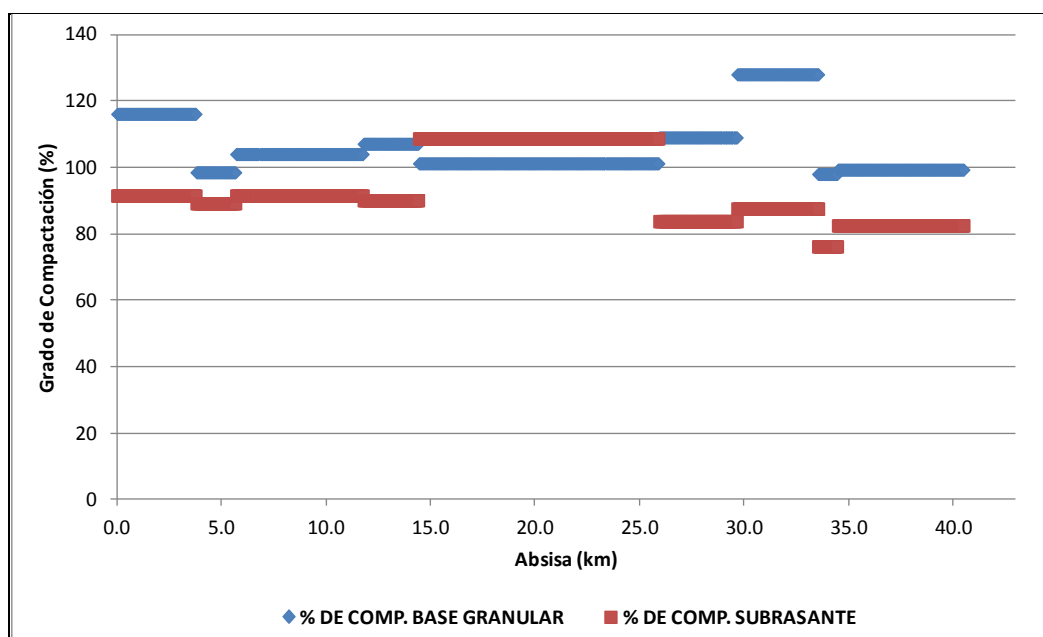


Figura 36. Grados de compactación de las capas del pavimento y subrasante.

Fuente: Investigación de campo

#### 4.1.4.1. Capacidad de soporte de la subrasante

La capacidad de soporte de la subrasante está relacionada con el módulo de elasticidad determinado a través de la medición de deflexiones y procesos de retro cálculo. La equivalencia utilizada entre CBR y el módulo de la subrasante es  $CBR = MR/100$ , siendo el valor de MR en  $Kg/cm^2$ .

Los valores de CBR, deducidos del módulo de elasticidad de la subrasante consideramos los que mejor representan la real condición de capacidad de soporte, dado que son la respuesta a cargas reales ejecutadas en el ensayo deflectométrico con el HWD y a la frecuencia de medición, realizada cada 50 m.

Del análisis antes realizado, se opta por considerar para el diseño, los valores de CBR de la subrasante deducidos de las mediciones de deflexiones o denominados también módulos de resiliencia.

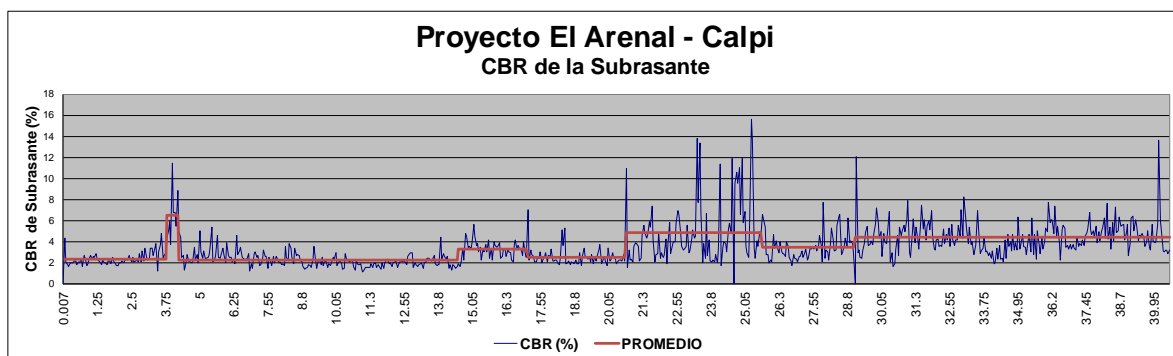


Figura 37. Valores de CBR de la subrasante.

Fuente: Investigación de campo

## 4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS

### Interpretación de datos de condición del pavimento

El promedio de Índice de Estado IE es de 56, es decir en condición regular, aproximándose al término de su vida útil.

Se observa una delimitación clara del comportamiento de la estructura del pavimento, entre el km 0 en El Arenal y el km 11.75 se tienen deflexiones promedio entre 1100 y 1200 micrones, exceptuando un tramo corto entre el km 3.75 y km 5.7 con una deflexión promedio cercano a los 800 micrones. En adelante hasta el km 40.5 en Calpi, las deflexiones promedio que varía entre 600 micrones y 800 micrones.

El Índice de Rugosidad Internacional IRI promedio obtenido es de 3.35 m/Km lo que indica que la condición del pavimento es buena y transitable.

### Interpretación de datos del estudio geotécnico

Entre el k0 y k21 los valores de CBR que varían entre 1.5% y 4%, presentándose algunos valores altos puntuales que pueden llegar hasta el 11%; y el segundo tramo entre k21 y k 40.5 con valores promedio alrededor de CBR 5%, igualmente se presentan puntualmente valores altos que pueden llegar hasta CBR de 15%.

De las calicatas se tomaron muestras representativas para realizar los respectivos ensayos, determinándose un CBR de diseño del 5.80% considerando el valor de 75.00 % como percentil para el cálculo de la resistencia.

Tabla 25. CBR Subrasante y materiales granulares

<b>C.B.R.</b>	<b>Clasificación</b>	
0 - 5	Muy mala	Subrasante
5 _ 10	Mala	
11 _ 20	Regular - Buena	
21 _ 30	Muy buena	
31 - 50	Sub - base - buena	
51 - 80	Base - buena	
81 - 100	Base - muy buena	

Fuente: MOP, (2003)

Según este CBR de la subrasante, el suelo de fundación se categorizó como un suelo malo, analizando su granulometría según el sistema SUCS el suelo se identificó como una arcilla de baja plasticidad (CL,) propio de los suelos cohesivos presentes en la zona del proyecto, características que fueron consideradas para el diseño de la estructura del pavimento.

Los grados de compactación promedio de la capa granular supera el 100% exigido en las especificaciones, en los puntos de perforación y el grado promedio de la subrasante es del 93%, ligeramente inferior al especificado que es del 95%. Esta información indica en forma general, que la estructura del pavimento y la subrasante se encuentran en buenas condiciones.

La subrasante está constituida por suelos predominantemente areno limosos de capacidad portante entre regular y buena.

#### **4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Para verificar la hipótesis se analiza los datos de la investigación que enfocan las variables de la hipótesis a comprobar: “El incremento de tráfico incide en el

aumento de costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda.”

Las variables que intervienen en la hipótesis son:

**Variable Independiente:** El incremento de tráfico

**Variable Dependiente:** aumento de costo del mantenimiento

### **Métodos Estadísticos**

Para comprobar la hipótesis se utilizó el método estadístico T STUDENT.

El modelo lógico aplicado en el planteamiento de la hipótesis para que sea aprobado por el método estadístico, se establece así:

H0 = Hipótesis Nula (Negativa)

H1= Hipótesis Alternativa o de Investigación (Afirmativa)

#### **4.3.1. Planteamiento de la Hipótesis**

Para el presente estudio se considera a las hipótesis como sigue:

H0 = “El incremento de tráfico NO incide en el aumento de costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda.”

H1= “El incremento de tráfico SI incide en el aumento de costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda.”

##### **4.3.1. 1. Nivel de confianza**

En la investigación se considera un nivel de confianza de 0,95 (95%), por tanto un nivel de riesgo del 5%  $\alpha = 0,05$ .

### 4.3.1. 2. Estadístico de Prueba

La verificación se ha realizado con la prueba T STUDENT.

#### COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS (T STUDENT)

Tabla 26. Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
TPDA	10	990,00	927,901	293,428
COSTO	10	2929,3600	2690,25012	850,73179

Fuente: Investigación de campo.  
Elaborado por: Antonio Ronquillo (2015)

Tabla 27. Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
TPDA	3,374	9	,008	990,000	326,22	1653,78
COSTO	3,443	9	,007	2929,36000	1004,8710	4853,8490

Fuente: Investigación de campo.  
Elaborado por: Antonio Ronquillo (2015)

$$0,008 < 0,05 \quad P < \infty \quad \text{Acepta H1 y Rechaza H0}$$

$$0,007 < 0,05 \quad P < \infty \quad \text{Acepta H1 y Rechaza H0}$$

H1= “El incremento de tráfico SI incide en el aumento de costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda.”



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

-La subrasante del proyecto está constituido por suelos en su mayoría por arenas finas y arenas limosas. La capacidad portante de estos suelos es altamente variable y su capacidad promedio a lo largo del proyecto se la puede considerar entre baja y mediana.

-En el sector del Arenal al parecer la capa de subrasante no se ha logrado compactarla adecuadamente, dado su condición de arena fina difícil de llegar a compactarla más del 90% además es una subrasante sometida al flujo de agua debido al deshielo del sector de las faldas del nevado Chimborazo. Los valores de módulos de elasticidad en este sector ( $k_0 - 20.7$ ) están alrededor de 200 kg/cm<sup>2</sup> y 300 kg/cm<sup>2</sup>.

-La superficie de rodadura es un Tratamiento superficial Bituminoso de espesor menor a 3 cm. y las capas granulares (Base + sub base granulares) es variable 48 cm. en promedio.

-La respuesta de la estructura del pavimento ante la acción de las cargas de tránsito son las deflexiones, mismas que son de utilidad para poder definir el comportamiento homogéneo de la estructura del pavimento

-La condición funcional de la vía indica un desgaste regular de la superficie de rodadura con trabajos de bacheo asfáltico mal terminados que hacen incomoda la circulación vehicular y elevando el IRI de la superficie de rodadura a valores que incomodan al usuario.

-La condición estructural del pavimento reporta módulos de elasticidad promedio competentes. Los valores promedio de módulos de elasticidad de la subrasante y el pavimento serán tomados en cuenta para el diseño de la rehabilitación; sin embargo la granulometría de los materiales de las capas granulares no es la óptima y no cumple con las especificaciones del MTOP para una base granular de buena calidad, tipo Clase 1.

-Las características de la capa granular subyacente muestra condiciones de base clase 3 en lo referente a su granulometría, y en algunos tramos las gráficas nos indican fajas granulométricas que se adapta más a una sub base granular, cuando generalmente bajo capas de rodadura asfáltica se construye con materiales de base granular de buena calidad. Otro indicador de la calidad del material granular subyacente son los CBR realizados con el material recuperado, el promedio del CBR de estos materiales compactados al 100% de la máxima densidad es del 60%, es decir no aceptable para una base granular.

-Los valores del IRI y la rectificación vertical que se debe realizar en el proyecto, justifican la necesidad de re conformar y re compactar la capa superior de la estructura existente en un espesor de 20 cm.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

-Los pronósticos de tráfico pueden tener algún grado de incertidumbre, por lo tanto se puede utilizar los espesores para un período de 10 años. Luego de este, se re evaluará tanto la condición estructural del pavimento, cuanto el cumplimiento de las expectativas de tráfico y se decidirá la colocación del reforzamiento estructural que cumpla un período adicional de 10 años.

-Para utilizar la estructura de pavimento existente ya sea con la alternativa 1, con base granular o la alternativa 2, con base asfáltica, se deberá re conformar y recompactar 20 cm de la estructura existente. Se deberá prever la adición un 20% de este espesor o lo que sea necesario con los gruesos material de Sub base

granular Clase 3, para lograr cumplir con las especificaciones granulométricas y adecuar la sección transversal y vertical, de acuerdo al diseño. El contratista debe estar consciente de que la adición de esta capa granular debe cumplir con cierta granulometría que aporte con el cumplimiento de la capa a ser reconformada, misma que debe quedar con los requerimientos granulométricos de una sub base clase 3, además de cumplir con todas las exigencias de las especificaciones MOP-001F-2002.

-Aunque las diferencias de espesores para los períodos de diseño para 10 años y 20 años no es significativa y debido a la incertidumbre en las proyecciones de tráfico a partir del año 2025, se recomienda utilizar los espesores para el período de 10 años, ya sea con la Alternativa 1 que utiliza en la rehabilitación capas de base granular y carpeta asfáltica, o la Alternativa 2 que utiliza en la rehabilitación capas de base asfáltica y carpeta asfáltica.

-Los espesores de las capas asfálticas son altamente sensibles al módulo de elasticidad de la mezcla, este módulo es a su vez también muy sensible a la temperatura de trabajo, por lo tanto se recomienda que la Fiscalización solicite al constructor de la obra, presentar los diseños de la mezclas propuestos, con los materiales granulares y asfálticos aprobados para el proyecto, incluyendo los módulos de elasticidad a la temperatura promedio anual de trabajo. La determinación de este módulo puede producir ajustes en los espesores de las capas asfálticas.

-Para el caso de utilizar la alternativa 2, la capa de base asfáltica el agregado deberá tener un tamaño máximo no mayor de 1 pulgada y cumplir con la Granulometría tipo B, tabla 404 5.1 de las especificaciones MOP-001F-2002. La capa de rodadura asfáltica con tamaño máximo del agregado 3/4 pulgada y cumplir con la Granulometría de la tabla 405 5.1 de las especificaciones MOP-001F-2002. Se recomienda verificar tanto en laboratorio como en campo, el cumplimiento de los módulos utilizados en el diseño.

-Los espesores asfálticos del diseño estructural realizados por la metodología AASHTO 1993, cumplen con la ley de Minner, incluso con espesores algo menores; sin embargo no es recomendable colocar espesores menores que los establecidos con AASHTO 1993.

-Los espesores obtenidos en el diseño son importantes; sin embargo no debe descuidarse el control de calidad de la obra, ni las actividades de mantenimiento periódico y rutinario en el período de diseño.

-El buen comportamiento de la estructura de pavimento en el tiempo depende también de cómo se programe las actividades de mantenimiento periódico y rutinario, incluyendo el sistema de drenaje.

-El control de calidad de la obra no es solamente el cumplimiento de ensayos de laboratorio que se los realiza a frecuencias muy amplias que no permiten el control completo de la construcción, se recomienda por lo tanto que en la fiscalización se tome en cuenta la utilización de equipos de alta tecnología para el control; recuérdese que se está diseñando sobre la base de módulos de elasticidad, mismos que deben ser comprobados y ajustados a medida que se vaya realizando la construcción.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1. DATOS INFORMATIVOS

##### 6.1.1. Localización del proyecto.

La vía inicia en la Intersección con la vía Ambato – Guaranda, en el Sector El Arenal y finaliza en el sector de Calpi, aproximadamente a 15 km desde la ciudad de Riobamba en la vía hacia Alausí y Cuenca (E35), las coordenadas de inicio y fin del proyecto se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Coordenadas del proyecto

<b>Descripción</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Inicio: Intersección con la vía Ambato – Guaranda, en el Sector El Arenal	-1,4316713	-78,9093468
Fin: A 15 km de la ciudad de Riobamba, en el sector de Calpi	-1,64876099	-78,7402959

Fuente: Autor

##### 6.1.2. Condiciones ambientales

El diseño del pavimento está relacionado de cierta manera a las condiciones ambientales de la zona del proyecto, puesto que las lluvias y los cambios de temperatura afectan el comportamiento de la estructura del pavimento. La infiltración del agua lluvia a través de las fisuras de la capa de rodadura hacia las capas granulares y de la subrasante de la estructura, influyen en la resistencia, el grado de compactación y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. La presencia de la lluvia influye en el rendimiento de algunas

actividades de construcción tales como el movimiento de tierras, la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas, etc.

En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo consideraciones especiales, deformaciones o agrietamientos que influirían en el nivel de servicio de la vía.

Con el fin de conocer las condiciones ambientales de la zona de influencia del proyecto es necesario conocer las características del clima, altitud, precipitación y temperatura.

#### 6.1.2.1. Altitud

Con respecto a las alturas, la vía se encuentra ubicada a altitudes que varían entre 4228 en El Arenal y 3088 m.s.n.m en Calpi, la cota máxima del proyecto es de 4420 m.s.n.m en el km 7.8 y la cota 3084 m.s.n.m., al final del proyecto.

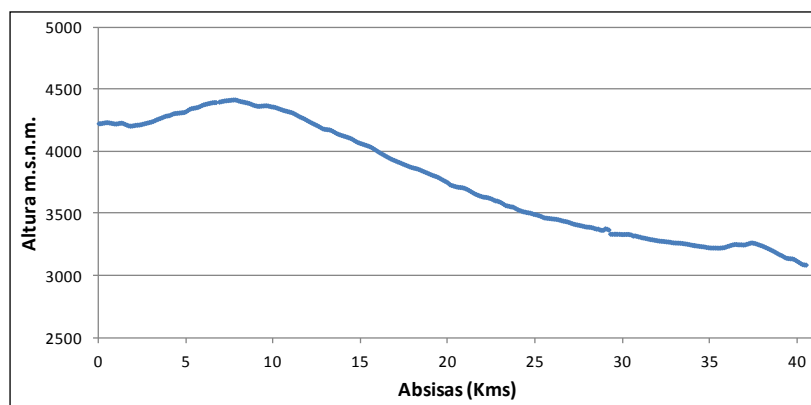


Figura 38. Perfil de alturas del proyecto vía El Arenal-Calpi

Fuente: Investigación de campo.

#### 6.1.2.2. Clima

El clima del sector del proyecto es variable, desde un clima templado a frío en el inicio del proyecto en el sector de Calpi con temperaturas medias anuales entre

12°C y 16°C, hasta clima completamente frío en el Sector de El Arenal que se encuentra en las faldas del volcán Chimborazo con temperaturas medias anuales entre 0°C y 10°C. En este lugar es muy frecuente observar nevadas.

## **6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

El presente proyecto se ha basado en estudios previos de mantenimiento vial realizados por el MTOP y en base a mi experiencia como fiscalizador y supervisor de conservación vial, actividades realizadas por administración directa.

## **6.3. JUSTIFICACIÓN**

Debido al incremento de tráfico vehicular que circula en la carretera Calpi-San Juan-El Arenal-Empate vía Ambato-Guaranda, cuya capa de rodadura es de doble tratamiento superficial bituminoso DTSB y que se encuentra actualmente disgregada el agregado fino debido a las cargas de vehículos pesados que transportan material sílice a la fábrica de la cemento Chimborazo y arcosa para la construcción de adoquines en la ciudad de Guaranda; además, la presencia de fallas en el pavimento como fisuras longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, ahuellamientos, etc. hace que se dificulte la normal circulación vehicular, por lo que urge intervenir realizando labores de mantenimiento y su pronta rehabilitación.

## **6.4. OBJETIVOS**

- Determinar las alternativas de solución para la rehabilitación de la vía.
- Obtener el presupuesto para labores de mantenimiento una vez ejecutada la rehabilitación.
- Obtener el cronograma de trabajo para la ejecución de la rehabilitación y mantenimiento de la carretera.

## **6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP es la entidad rectora encargada de la conservación de la red vial estatal, por lo que una vez que se presentan los resultados a través del presente estudio, es factible realizar técnica y económicamente su rehabilitación.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN**

Es importante tener presente que la estructura de un pavimento sufrirá con el tiempo daño y deterioro aun cuando sea adecuadamente diseñado y construido de acuerdo con todas las especificaciones y normas de calidad. Mientras las demás obras de ingeniería tienen una vida indefinida, los pavimentos viales tienen una vida definida; aún con un mantenimiento óptimo alcanzarán un punto de falla. Los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo.

El modo de deterioro varía sustancialmente, en función de la interacción de varios parámetros, que adicionalmente controlan la rata de deterioro, ellos son:

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

En general la falla de un pavimento puede clasificarse 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 es generalmente definida como la incapacidad del pavimento para proveer una superficie que permita un rodaje confortable, seguro y económico de los vehículos. (Jugo, 1993)



Adicionalmente, los modos de deterioro o falla son normalmente divididos en: asociados o no asociados con cargas, siendo los primeros, inducidos por el tráfico en la estructura del pavimento. Las fallas no asociadas con carga se refieren a las producidas por el medio ambiente y condiciones atmosféricas, calidad de construcción y/o materiales, y problemas especiales, tales como: temperatura y humedad, características de los suelos y materiales y diseños inadecuados de ingeniería.

Generalmente las actividades de mantenimiento de pavimentos se agrupan en dos categorías, preventivas y correctivas. El mantenimiento preventivo incluye aquellas actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su tasa de deterioro. Por su parte el mantenimiento correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas.

Se ha adoptado la siguiente clasificación, que agrupa en forma práctica el concepto total de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos:

<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Características de las acciones</b>	
	<u>Alcance</u>	<u>Objetivo</u>
A. Menor	Localizado (puntual)	Preventivo Correctivo
B. Mayor	Toda el área	Efectivo Correctivo

El mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas del pavimento para corregir fallas localizadas, mejorar su condición y/o controlar la tasa de deterioro.

El mantenimiento rutinario debe ejecutarse continuamente, e iniciarse tan pronto como el pavimento muestre los primeros síntomas de falla. Dentro del mantenimiento rutinario se incluyen aquellas acciones menores tanto programadas como de emergencia.

Por su parte, el mantenimiento mayor incluye actividades que se aplican a toda el área de un tramo, éstas pueden estar precedidas por acciones preparatorias de mantenimiento menor. (Jugo, 1993)

## 6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

### 6.7.1. Cálculo de Factores de daño

Para efectos del presente diseño, los pesos adoptados para la determinación de los factores daño, son los máximos legales permitidos en las normas vigentes del Ecuador.

Tabla 29. Pesos adoptados para el cálculo de los factores daño (ton)

Tipo de Vehículo	Eje llanta Simple	Eje Simple llanta Doble	Eje Tandem	Eje Tridem
Bus	4	8		
2DA	3	7		
2DB	6	11		
3A	6		20	
4C	6			24
3S2	6		2 ejes de 20 ton	
3S3	6		20	24

Fuente: MTOP

Tabla 30. Factores de daño según tipo de vehículo

FACTORES DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHICULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DAÑO
	tons	(P/6.6) ^4	tons	(P/8.2) ^4	tons	(P/15) ^4	tons	(P/23) ^4	
BUS	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2P	3	0.04							0.57
			7	0.53					
C-2G	6	0.68	11	3.24					3.92
C-3	6	0.68			20	3.16			3.84
C-4	6	0.68					24	1.19	1.87
C-5	6	0.68			20	6.32			7.00
C-6	6	0.68			20	3.16	24	1.19	5.03

\*Usando Datos del Cuadro Demostrativo de Cargas Útiles Permisibles del Departamento de Pesos, Medidas y Peaje de la Dirección de Mantenimiento Vial del MOP en el Ecuador

Tabla 31. Cálculo del número de ejes equivalentes a 8.2 Tons.

Fuente: MTOP

AÑO	% Crecimiento			TRANSITO PROMEDIO DIARIO			CAMIONES					W <sub>10</sub> Acumulado	W <sub>18</sub> Carril Diseño		
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A			3S2	3S3
2013	3.87%	1.32%	3.27%	3.27%	2953	175	215	361	215	265	86	2	8	6.89E+05	3.44E+05
2014	3.87%	1.32%	3.27%	3.27%	3.839	177	222	373	222	274	89	2	8	1.40E+06	6.99E+05
2015	3.87%	1.32%	3.27%	3.27%	3.980	180	229	385	229	283	92	2	9	2.13E+06	1.07E+06
2016	3.44%	1.17%	2.90%	2.90%	4.109	182	236	396	236	291	94	2	9	2.88E+06	1.44E+06
2017	3.44%	1.17%	2.90%	2.90%	4.243	184	243	408	243	299	97	2	9	3.65E+06	1.83E+06
2018	3.44%	1.17%	2.90%	2.90%	4.392	186	250	419	250	309	100	2	9	4.45E+06	2.22E+06
2019	3.44%	1.17%	2.90%	2.90%	4.521	188	257	430	257	318	103	2	9	5.24E+06	2.62E+06
2020	3.44%	1.17%	2.90%	2.90%	4.672	190	265	444	265	326	106	2	10	6.10E+06	3.05E+06
2021	3.10%	1.05%	2.61%	2.61%	3.890	182	265	444	265	326	106	2	10	6.10E+06	3.05E+06
2022	3.10%	1.05%	2.61%	2.61%	4.011	184	279	468	279	343	111	3	10	6.96E+06	3.48E+06
2023	3.10%	1.05%	2.61%	2.61%	4.135	186	293	480	293	352	114	3	11	7.84E+06	3.92E+06
2024	3.10%	1.05%	2.61%	2.61%	4.263	189	293	492	293	361	117	3	11	8.74E+06	4.37E+06
2025	3.10%	1.05%	2.61%	2.61%	4.395	191	301	505	301	371	120	3	11	9.67E+06	4.83E+06
2026	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	4.497	204	316	520	316	380	126	3	12	1.06E+07	5.307057
2027	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	4.617	204	316	530	316	389	126	3	12	1.16E+07	5.79E+06
2028	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	4.748	206	323	542	323	398	129	3	12	1.26E+07	6.28E+06
2029	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	4.912	208	331	555	331	407	132	3	12	1.36E+07	6.79E+06
2030	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.051	210	338	568	338	417	135	3	13	1.46E+07	7.31E+06
2031	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.193	212	346	582	346	427	139	3	13	1.57E+07	7.839E16
2032	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.340	214	355	596	355	437	142	3	13	1.68E+07	8.39E+06
2033	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.493	216	363	610	363	447	145	3	14	1.79E+07	8.94E+06
2034	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.650	219	372	624	372	458	149	4	14	1.90E+07	9.49E+06
2035	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.804	221	381	639	381	469	152	4	14	2.02E+07	1.01E+07
2036	2.82%	0.96%	2.38%	2.38%	5.964	221	381	659	381	469	152	4	14	2.13E+07	1.0674307

Vehículo	Factor Daño	Porcentaje
AUTOS	0.00	79.7%
BUSES	1.04	4.7%
CAMIONES	15.86	7.0%
2DA	1.31	5.8%
2DB	3.92	17.5%
3 - A	3.84	17.4%
3S2	7.00	3.1%
3S3	5.03	2.2%

ANO 2013		TOTAL
TPD TOTAL	3.704	
AUTOS	2.953	
BUSES	175	79.7%
CAMIONES	576	4.7%
2DA	215	15.6%
2DB	265	7.2%
3 - A	86	2.3%
3S2	2	0.1%
3S3	8	0.2%

ANO 2013		TOTAL
TPD TOTAL	3.704	
AUTOS	2.953	
BUSES	175	79.7%
CAMIONES	576	4.7%
2DA	215	15.6%
2DB	265	7.2%
3 - A	86	2.3%
3S2	2	0.1%
3S3	8	0.2%

Fuente: MTOP

### 6.7.2. Módulo de la subrasante

La valoración del módulo resiliente de la subrasante se ha realizado mediante retro-cálculo, a partir de la deflexión del último sensor (ubicado a 1.80 m del plato de carga). Se ha empleado este concepto dado que la deflexión que se produce a más de 1.5 m del plato de carga es debida exclusivamente a la subrasante.

La guía para diseño de estructuras de pavimentos de la AASHTO de 1993 presenta la metodología para el cálculo del Módulo de Resiliencia a partir de medidas de deflexión tomadas con el Falling Weight Deflectometer. La fórmula de retro-cálculo para determinar el módulo resiliente de la subrasante,  $M_r$  es la siguiente.

$$M_r = \frac{0.24 * P}{d_r * r}$$

Donde:

$M_r$  = Módulo resiliente de la subrasante, en psi

P = es la carga aplicada (libras). En este caso igual a 9000 libras = 40 KN.

$d_r$  = es la deflexión medida a una distancia r del centro del plato de carga, en pulgadas. En este estudio se empleó la deflexión  $Df_6$ , correspondiente a la deflexión ubicada a 1.8 m del centro del plato de carga.

r = es la distancia desde el centro del plato de carga, en pulgadas, igual a 1.8 m = 70.87 pulgadas.

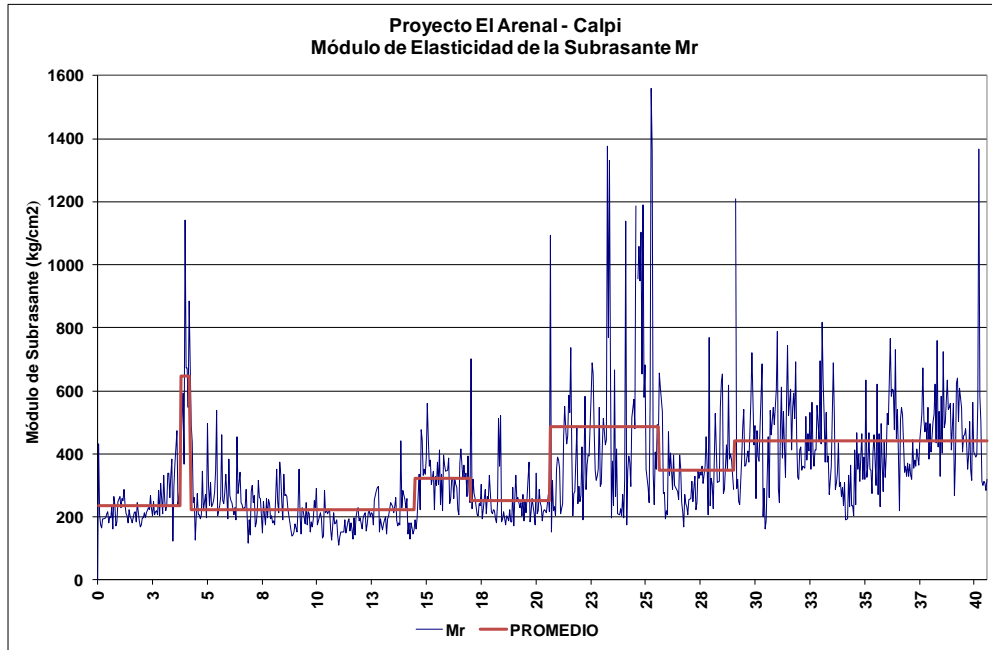


Figura 39. Distribución de módulo de elasticidad de la subrasante.

Fuente: Investigación de campo

### 6.7.3. Módulo de la estructura del pavimento

El módulo equivalente de la estructura de pavimento, que se obtiene mediante la fórmula:

$$d_0 = 1.5 * p * a * \left\{ \frac{1}{M_r \sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_r}} \right)^2}} + \left[ \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right] \right\}$$

Donde:

$d_0$  = es la deflexión central, ajustada a temperatura estándar de 20°C.

$p$  = es la presión del plato de carga, en psi.

$a$  = es el radio del plato de carga, en pulgadas.

$D$  = es el espesor total de las capas del pavimento sobre la subrasante, en pulgadas.

$M_r$  = es el Módulo resiliente de la subrasante, en psi.

$E_p$  = es el módulo efectivo de todas las capas del pavimento en psi.

### Secciones Homogéneas

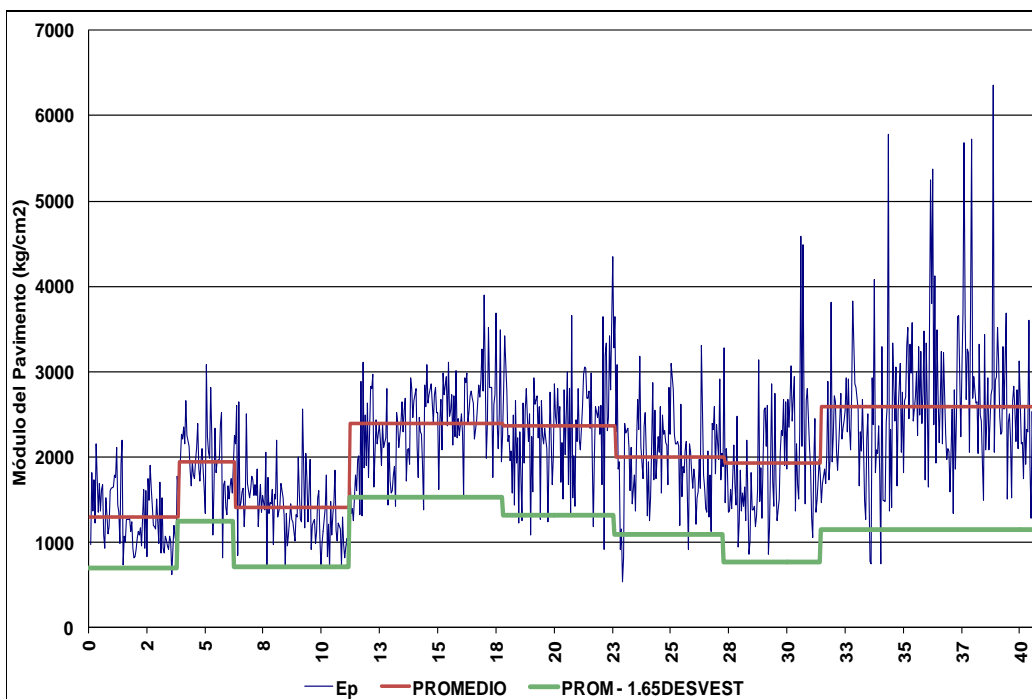


Figura 40. Distribución de módulo de elasticidad de la estructura del pavimento.

Fuente: Investigación de campo

#### 6.7.4. Número estructural efectivo

A partir de los resultados del estudio deflectométrico y aplicando las teorías empíricas es posible retrocalcular el Número Estructural Efectivo del pavimento ( $SN_{\text{efectivo}}$ ) y así determinar la falta estructural con el número estructural requerido. Mediante ensayos No Destructivos (NDT) el  $SN_{\text{efectivo}}$  es posible obtenerlo con la metodología de la AASHTO (Guía de diseño, 1993).

El cálculo del  $SN_{\text{efectivo}}$  se realiza mediante la siguiente fórmula:

Donde:

$$SN_{\text{Efectivo}} = 0.0045 * D * \sqrt[3]{E_p}$$

D = es el espesor total de las capas del pavimento sobre la subrasante, en pulgadas.

$E_p$  = es el módulo efectivo de todas las capas del pavimento, en psi.

En la siguiente figura se indica la distribución del Numero Estructural Efectivo, es decir la capacidad de carga del sistema subrasante + estructura del pavimento.

Sobre la base de esta información se puede determinar los espesores de reforzamiento estructural en cada abscisa medida con el HWD y también proponer los diseños de rehabilitación de la estructura, si así lo amerita la condición de la misma.

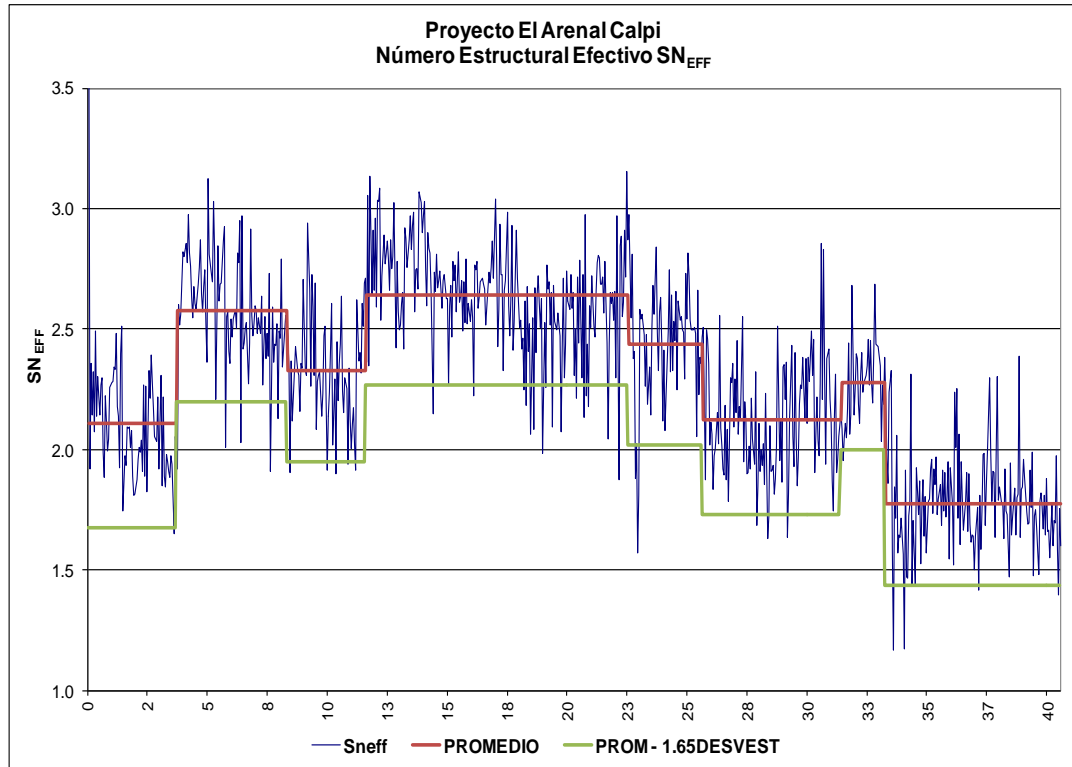


Figura 41. Distribución del Número Estructural Efectivo  $SN_{EFF}$

Fuente: Investigación de campo

### 6.7.5. Diseño de la rehabilitación

El diseño de la rehabilitación necesariamente debe tomar en cuenta la condición de la vía existente tratando de utilizar la misma en el ancho de la obra básica actual. La rehabilitación o reforzamiento estructural se dará en el mismo ancho de la existente.

#### Determinación de los parámetros de diseño

Para el diseño de la rehabilitación de la estructura del pavimento se empleó la metodología AASHTO (versión 1993). Los resultados se verificarán

racionalmente con el criterio de fatiga en la carpeta asfáltica según el método Finn.

### **Requisitos de diseño**

Con relación al índice de servicio del pavimento, el diseño se llevó a cabo siguiendo la metodología de la AASHTO 93, por lo tanto, se debe cumplir con el número estructural requerido de la vía según las solicitudes de tránsito y condiciones de soporte de la subrasante. De esta manera, el índice de servicio final permisible de la estructura del pavimento al final de su período de diseño no debe ser menor a 2.5.

### **Variables de tiempo**

El período de análisis del proyecto, es decir, el tiempo total que debe cubrir la estrategia de diseño es de 10 años y 20 años, a partir del año 2015. Durante este período de análisis, se deberán llevarán a cabo las actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

### **Propiedades estructurales de cada sector**

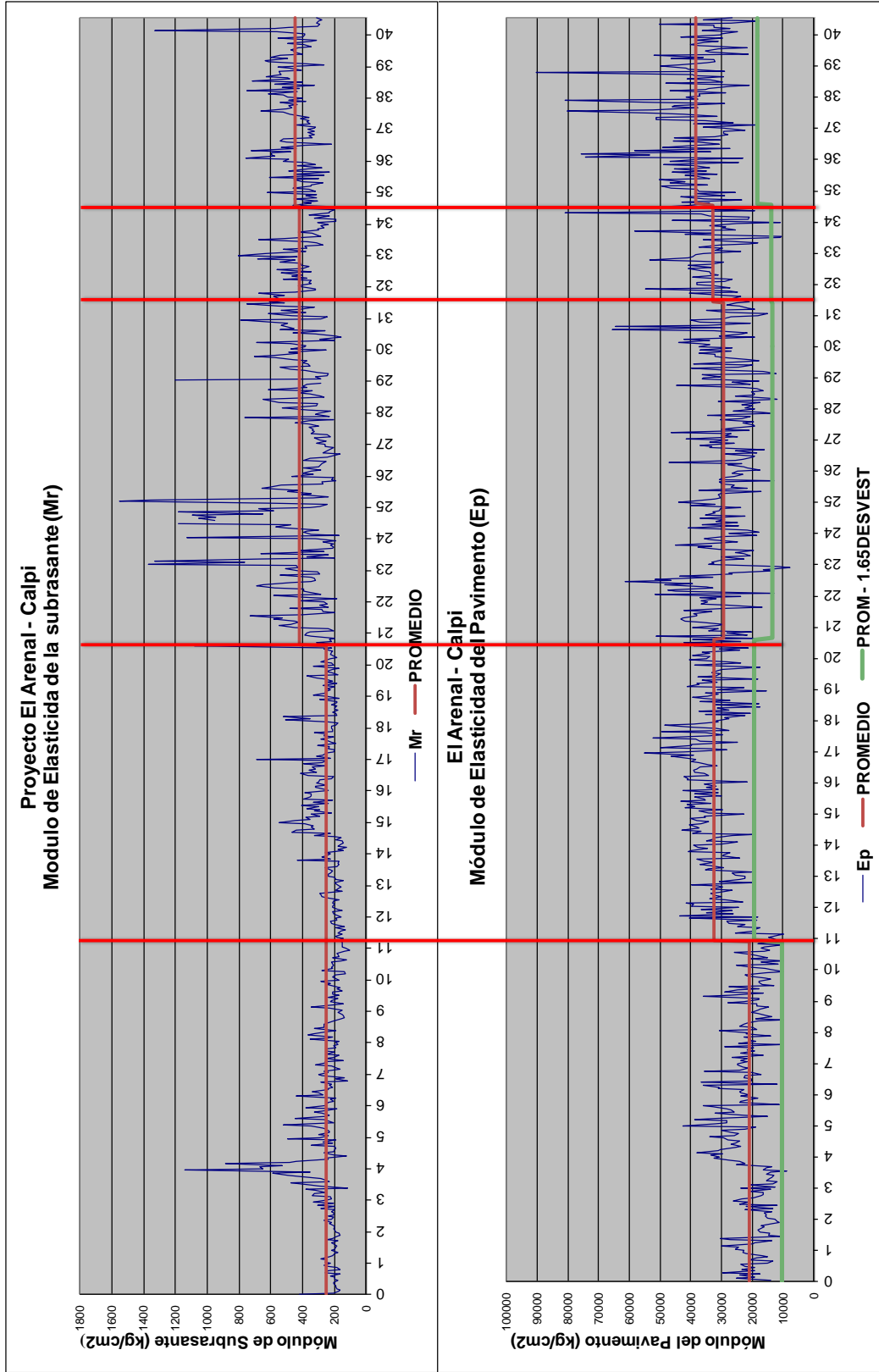
La deflexión central, módulo de la subrasante ( $M_r$ ) y espesores de la estructura existente, se determinaron a partir de ensayos no destructivos (NDT), y exploración geotécnica, como se mencionó en los numerales anteriores. Estos aspectos, junto con el tránsito proyectado, son los parámetros esenciales del diseño.

### **Secciones de diseño**

Las secciones para la rehabilitación se determinan sobre la base del comportamiento de los módulos de elasticidad de la subrasante, el pavimento existente y el tráfico. Para el proyecto El Arenal - Calpi se han determinado 5 secciones de diseño. En la siguiente figura se indican los tramos de diseño. El km 0 se ubica en El Arenal y Calpi al final del proyecto en el KM 40.5 Del km 0 hasta el km 34.5 se determina un número de Ejes Simples Equivalentes de Carga (ESAL) de  $4.58 \text{ E}+06$  y desde el km 34.5 al 40.5 un (ESAL) de  $1.07 \text{ E}+07$ .



Figura 42. Secciones de diseño de rehabilitación



Fuente: Investigación de campo

### 6.7.5.1.1. Diseño de rehabilitación alternativa 1: base granular

Esta alternativa consiste en la reconfiguración de parte de la estructura existente, más el completamiento de la estructura con base granular y capa de rodadura asfáltica.

La propuesta es la de reconfigurar la capa superior de 20 cm., previendo la adición del 20% del espesor con material granular nuevo "**si es requerido**", para los siguientes objetivos: 1) Cumplir con la granulometría de una Sub base granular tipo Clase 3; y/o 2) Lograr el perfil de diseño geométrico vertical y horizontal, de acuerdo a la sección típica aprobada. Esta capa reconfigurada quedaría a nivel de la sub base granular. El coeficiente estructural que se asignara será de 0.11, igual a la capa de subbase de las ampliaciones, correspondiente a un módulo de elasticidad de 15000 psi (1055 kg/cm<sup>2</sup>); para la capa de base granular nueva se adopta un coeficiente de 0.13 correspondiente a un módulo de 28000 psi (1960 kg/cm<sup>2</sup>); para la capa de rodadura se adopta un coeficiente estructural de 0.4 correspondiente a un módulo de elasticidad 370000 psi (26020 kg/cm<sup>2</sup>)

El módulo de elasticidad de la capa granular subyacente a la capa recuperada la consideramos como una capa de mejoramiento granular y el módulo asignado será el correspondiente al valor Ep promedio.

Para la determinación del refuerzo por falta estructural, se establece inicialmente el número estructural necesario o requerido que debe tener la estructura del pavimento para soportar las solicitaciones del tráfico con las condiciones particulares de la subrasante para el periodo 2015 – 2035. La ecuación básica empleada para el diseño de pavimentos flexibles, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST es:

$$\log W_{18} = Z_R - S_o + 9.36 \times \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log M_R - 8.07$$

Donde:

$W_{18}$  = Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas acumulado para el periodo de diseño.

ZR = Desviación estándar normal, igual a -1.645, correspondiente a una confiabilidad del 95% por tratarse de una vía rural concesionadas de alto tráfico.

$S_0$  = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento, igual a 0.49.

$\Delta$  PSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial ( $P_0$ ) y el final (Pt), donde:

Nivel de servicio inicial (PSI Inicial) = 4.2, una vez rehabilitado.

Nivel de servicio final (PSI final) = 2.5 para que antes de la intervención el pavimento no presente mayor grado de deterioro y que los trabajos de rehabilitación salgan adelante con un sello de fisuras, parcheo y refuerzo en concreto asfáltico.

$M_R$  = Módulo resiliente de la subrasante promedio, correspondiente al calculado por retrocálculo en cada uno de los sectores.

SN = Número estructural requerido.

Para determinar el Número Estructural para cada tramo, utilizamos la calculadora de diseño que se indica en la tabla 32. La pantalla de la tabla indicada anterior es referencial, no contiene ningún dato de diseño.

Los coeficientes estructurales fueron obtenidos de los ábacos de la Guía AASHTO 1993, y se ha estimado el módulo de las capas nuevas, utilizando los mismos ábacos para las condiciones exigidas en las especificaciones de construcción MOP-00F2002.

Tomado en cuenta que la capa recuperada logrará una buena granulometría como una Sub base granular nueva, el coeficiente estructural que se adopta es de 0.11; para la base granular nueva, se adopta un coeficiente estructural de 0.13, y para la capa de rodadura se adopta un coeficiente estructural de 0.4.

Tabla 32. Espesores y Números estructurales de Diseño 10 Años y 20 Años. Alternativa Base Granular

		VIA EL ARENAL - CALPI														
DESCRIPCION DE LA CAPA	PARAMETROS	SECCIÓN 1 : 0+000 - 10+950		SECCIÓN 2 : 10+950 - 20+650		SECCIÓN 3 : 20+650 - 31+450		SECCIÓN 4 : 31+450 - 34+500		SECCIÓN 5 : 34+500 - 40+450						
		20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
Subrasante Existente	Módulo (psi)	3576	3576	3576	3576	6014	6014	6014	6014	6014	6014	6014	6014	6405	6405	
	Módulo (psi)	10345	10345	19265	19265	13310	13310	13773	13773	13773	13773	13773	18263	18263		
	Coef. Estrct.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		
Mejoramiento Granular	Coef. Drenaje	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
	Espesor (pulg)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		
	Módulo (psi)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000		
Sub Base Clase 3	Coef. Estrct.	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11		
	Coef. Drenaje	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9			
	Espesor (pulg)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
Base Granular Clase 1A	Módulo (psi)	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000	28000		
	Coef. Estrct.	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13			
	Coef. Drenaje	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9			
Capa de Rodadura Asfáltica	Espesor (pulg)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
	Módulo (psi)	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000			
	Coef. Estrct.	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			
Equivalent Single Axle Load	Coef. Drenaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	ESAL	8.5	7.5	8.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	5.5	5.5	5.5	7.5			
	Diseño	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	1.07E+07			
NUMERO ESTRUCTURAL (SN)	Diseño	5.71	5.20	5.71	5.20	4.85	4.85	4.85	4.85	4.31	4.31	4.85	5.35			
	Componentes	5.70	5.30	5.70	5.30	4.90	4.90	4.90	4.90	4.50	4.50	5.30	4.90			
ESPESOR TOTAL	Pulgadas	33.5	32.5	33.5	32.5	31.5	31.5	31.5	31.5	30.5	30.5	31.5	32.5			
													31.5			

Fuente: Investigación de campo

#### 6.7.5.1.2. Diseño de rehabilitación alternativa 2: base asfáltica

Esta alternativa consiste en la reconfiguración de parte de la estructura existente, mas el completamiento de la estructura con base asfáltica y capa de rodadura asfálticas.

La propuesta es la de reconfigurar la capa superior de 20 cm., previendo la adición del 20% del espesor con material granular nuevo "si es requerido", para los siguientes objetivos: 1) Cumplir con la granulometría de una Sub base granular tipo Clase 3; y/o 2) Lograr el perfil de diseño geométrico vertical y horizontal, de acuerdo a la sección típica aprobada. Esta capa reconfigurada quedaría a nivel de la sub base granular. El coeficiente estructural que se asignara será de 0.11, igual a la capa de subbase de las ampliaciones, correspondiente a un módulo de elasticidad de 15000 psi (1055 kg/cm<sup>2</sup>); para la capa de base asfáltica nueva se adopta un coeficiente de 0.30 correspondiente a un módulo de 300000 psi (24613 kg/cm<sup>2</sup>); para la capa de rodadura se adopta un coeficiente estructural de 0.4 correspondiente a un módulo de elasticidad 370000 psi (26020 kg/cm<sup>2</sup>)

El módulo de elasticidad de la capa granular subyacente a la capa recuperada la consideramos como una capa de mejoramiento granular y el módulo asignado será el correspondiente al valor  $E_p$ .

Bajo el mismo procedimiento de diseño de la metodología AASHTO 1993, en las siguientes tablas se indica los espesores para 10 años y 20 años, coeficientes estructurales y módulos de elasticidad adoptados en el diseño de esta alternativa.

Tabla 33. Espesores y Números estructurales de Diseño 10 Años y 20 Años. Alternativa Base Granular

		VIA EL ARENAL - CALPI											
DESCRIPCION DE LA CAPA	PARAMETROS	SECCIÓN 1 : 0+000 - 10+950		SECCIÓN 2 : 10+950 - 20+650		SECCIÓN 3 : 20+650 - 31+450		SECCIÓN 4 : 31+450 - 34+500		SECCIÓN 5 : 34+500 - 40+450			
		20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS
Subrasante Existente	Módulo (psi)	3576	3576	3576	6014	6014	6014	6014	6014	6014	6405	6405	6405
	Módulo (psi)	10345	10345	19265	13310	13310	13310	13773	13773	18263	18263	18263	
	Coef. Estruct.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	Coef. Drenaje	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
Mejoramiento Granular	Espe sor (pul g)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Módulo (psi)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	
	Coef. Estruct.	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
	Coef. Drenaje	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
Sub Base Clase 3	Espe sor (pul g)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
	Módulo (psi)	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	
	Coef. Estruct.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
	Coef. Drenaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Base Asfáltica	Espe sor (pul g)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
	Módulo (psi)	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	370000	
	Coef. Estruct.	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
	Coef. Drenaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Capa de Rodadura Asfáltica	Espe sor (pul g)	5	3.5	5	4	3	2	3	2	3	5	3	
	Módulo (psi)	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	5.31E+06	5.31E+06	2.27E+06	5.31E+06	5.31E+06	2.27E+06	1.07E+07	4.58E+06	
	Coef. Estruct.	5.71	5.20	5.71	5.20	4.85	4.31	4.85	4.31	5.35	5.35	4.85	
	Componentes	5.76	5.26	5.76	5.36	4.96	4.56	4.96	4.56	5.76	5.76	4.96	
ESPE sor TOTAL	30	29.5	30	29	28	27	28	27	28	30	27	28	

Fuente: Investigación de campo

Nota: La alternativa de base asfáltica disminuye el espesor total de la estructura, pero sumando los espesores de base asfáltica + carpeta asfáltica, son mayores que la alternativa de base granular, no es conveniente por lo tanto su implementación, debido al mayor costo que tendría.

#### **6.7.6. Presupuesto**

El Presupuesto para la rehabilitación y mantenimiento del proyecto en estudio asciende al valor de DIECISIETE MILLONES SETECIENTOS CATORCE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y DOS DÓLARES CON NOVENTA Y NUEVE CENTAVOS (\$ 17'714.992,99), ver el Anexo B.

#### **6.8. ADMINISTRACIÓN.**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP se encargará del proceso precontractual y contractual para la rehabilitación y mantenimiento de la vía Calpi - San Juan - El Arenal - Empate vía Ambato Guaranda, una vez que se disponga de los recursos económicos asignados por parte del gobierno central.

#### **6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.**

##### **Alternativas de Rehabilitación**

A partir del análisis del estado actual del pavimento, se proponen dos alternativas de rehabilitación: La primera el completamiento de la estructura de pavimento con una capa de material de base granular, previo la reconfiguración y re compactación de parte de la estructura misma más una capa asfáltica de rodadura; y la segunda, igualmente la reconfiguración y recompactación de parte de la estructura existente más la colocación de una base asfáltica y capa de rodadura asfálticas.

## Capas asfáltica nuevas

El módulo de la carpeta asfáltica nueva depende de la temperatura esperada de trabajo de la mezcla. Se estima que la mezcla trabajará a una temperatura promedio de 120°C.

Si no se tiene conocimiento de los materiales granulares y asfálticos que se utilizarán en la mezcla asfáltica, es muy difícil la determinación del módulo de la misma, por lo tanto es una estimación adoptar un valor de aproximadamente 370000 psi (26020 kg/cm<sup>2</sup>). Según AASHTO el coeficiente estructural para este módulo dará un aporte estructural ( $a_1$ ) de 0.4 por pulgada.

La mezcla asfáltica a emplear y el proceso de colocación deben cumplir las especificaciones vigentes en el MTOP. Pero es recomendable que la Fiscalización en el proceso de control de calidad se determine, con los materiales de la mezcla asfáltica, el real módulo de la mezcla a colocarse. Esta revisión podrá dar lugar a ajustes en el espesor de las capas asfálticas.

Para bases asfálticas se recomienda cumplir con las especificaciones del rubro 404-5. Bases de Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta, cumpliendo la granulometría de la faja B de la tabla 404-5.1. de las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes MOP - 001F - 2002

Para capas de rodadura asfáltica se recomienda cumplir con las especificaciones del rubro 405-5. Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta, cumpliendo la granulometría de tamaño máximo 3/4 pulgada de la tabla 405-5.1. de las Especificaciones Técnicas MOP - 001F - 2002

La Intensidad Media Diaría de vehículos Pesados IMDP en el carril de diseño es importante, por lo tanto deberá tomarse en cuenta los requerimientos de 405.5.4 de las Especificaciones Técnicas MOP - 001F – 2002.



### **Base granular nueva**

Para completar la estructura del pavimento o las variantes, si es necesario, se utilizará capas nuevas de base granular. El CBR mínimo será de 80% y el aporte estructural será de 0.13 por pulgada y el coeficiente de drenaje de este material se consideró igual a 0.90

Para las capas de Base granular se recomienda cumplir con las especificaciones del rubro 404-1. Base Clase 1, cumpliendo la granulometría de tamaño máximo 1 <sup>1/2</sup> pulgada de la tabla 404-1.1. de las Especificaciones Técnicas MOP - 001F - 2002.

### **Subbase granular nueva**

En las variantes, si es necesario construir una estructura completa del pavimento, para la cual se empleará, un CBR mínimo de 30%, que equivale a un aporte de 0.11 por pulgada.

Para las capas de Sub Base granular se recomienda cumplir con las especificaciones del rubro 403-1. Sub-base de Agregados Clase 3, cumpliendo la granulometría de tamaño máximo 3 pulgadas de la tabla 403-1.1. de las Especificaciones Técnicas MOP - 001F - 2002

### **Mejoramiento Granular**

Para las capas de mejoramiento granular en las ampliaciones se recomienda cumplir con las especificaciones del rubro 402-2 (1) Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado.

### **Reconformación de la superficie de rodadura**

La superficie de rodadura existente es un Doble Tratamiento Superficial Bituminoso con moderado fisuramiento y varios sectores con trabajos de bacheo asfáltico mal terminados, esto se refleja en los valores altos de IRI.

La situación antes descrita, sumada a las del diseño vertical y horizontal que mejoran el alineamiento, hacen conveniente que la capa superior de la estructura actual sea reconvertida en un espesor de 20 cm. Esta actividad consistirá en la recuperación y reutilización en el mismo lugar del agregado del pavimento existente.

La conformación de la obra básica se ejecutará de acuerdo a lo indicado en el numeral 308-2 (1) Acabado de la obra básica existente de las especificaciones MOP-001F-2002, que permita obtener materiales con tamaños cercanos a los de una sub base granular Clase 3. Su granulometría puede corregirse añadiéndose un nuevo agregado triturado en la cantidad necesaria. La abertura de la puerta trasera de la cámara del rotor tiene gran efecto sobre la graduación resultante. Mientras más cerrada esté la puerta se retiene más tiempo el material por lo que se trituran más las partículas.

En caso de ser necesario la adición de material granular para cumplir con las cotas de la obra básica o lograr su granulometría, los materiales a adicionar deberá cumplir con las siguientes exigencias: Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones en la máquina de Los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la Norma INEN 860. La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No. 40) deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692. La granulometría de los agregados recuperados, mezclados con los nuevos agregados de corrección (de ser necesarios), deberán cumplir con las exigencias rubro 403-1. Sub-base de Agregados, Clase 3, cumpliendo la granulometría de tamaño máximo 3 pulgada de la tabla 403-1.1. de las Especificaciones Técnicas MOP-001F - 2002

## Bibliografía

- Londoño N. Cipriano A. (2000) “Diseño, Construcción y Mantenimiento de Pavimentos de Concreto”, Editorial Piloto S.A. Medellín, Colombia, 184 pp.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, República del Ecuador. (1984), “Ley de Caminos”, Sexta Edición, Quito, 88 pp.
- Corporación de Estudios y Publicaciones (2008) “Legislación sobre Vialidad”, actualizado a marzo de 2012, Editorial de la Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, Ecuador, 19 pp.
- Ministerio de Obra Públicas y Comunicaciones, República del Ecuador. (2005), “Manual para el Desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos Viales” Quito, 115 pp.
- Rafael Correa Delgado, Presidente Constitucional de la República del Ecuador, Decreto Ejecutivo No 16 publicado en el Registro Oficial No. 19 del 20 de junio del 2013.
- Ministerio de Fomento, República de España, Dirección General de carreteras. (1999) “Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la vialidad”, Edita, Centro de Publicaciones, Madrid, 522 pp.
- Arenas Lozano Hugo León (1999) “Tecnología del cemento asfáltico”, Editorial Lizardo Carvajal, Cali, Colombia, 299 pp.
- República del Ecuador, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (1975) “Manual de Mantenimiento y Señalización de carreteras”, Quito, 291 pp.
- Secretaría de Obras Públicas. (1971) “Manual de Proyecto Geométrico de carreteras”, México, 756 pp.
- Secretaría de Obras Públicas. (1971) “Manual de Proyecto Geométrico de carreteras”, México, 756 pp.
- HERRERA E. Luís, et. al., "Tutoría de la Investigación", Diemerino Editores, Quito - Ecuador, 2004, 252 pp.

## Linkografía

- Ortiz, C. (2003, Oct 13). Afectan agua y años al pavimento. *Mural* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/374149467?accountid=36765>
- Ahorro en costo de pavimentacion en quito perjudica la durabilidad; source: El comercio]. (2005, Apr 04). *Noticias Financieras* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/468081859?accountid=36765>
- Contratistas deberán rectificar fallas en obras de pavimentación en Cuenca; source: El comercio]. (2005, May 02). *Noticias Financieras* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/468064371?accountid=36765>
- Jaime, M. (2008, Nov 09). Asfalto vs. concreto. *Mural* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/373330482?accountid=36765>
- Cardona, C. (2002, Jun 10). Reparar pavimento y lo acaban las fugas. *Palabra* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/377196297?accountid=36765>
- Unceta Satrustegui, K. (2013). Decrecimiento y buen vivir ¿Paradigmas convergentes ? debates sobre el pos desarrollo en Europa y América latina. *Revista De Economía Mundial*, 35 Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1525450050?accountid=36757>
- Corral, F. (2004, Aug 19). Opinión - veinticinco años de vigencia de la constitución política; *Noticias Financieras* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/468289116?accountid=36757>
- Construcción de ruta Loja-Ona requeriría 6 millones de dólares adicionales; source: El comercio]. (2005, Aug 02). *Noticias Financieras* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/467962934?accountid=36765>
- Alberto Rodríguez. (2009, Jan 22). También en Alfonso Reyes pavimento es un desastre. *El Norte* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/311010828?accountid=36765>

- Reyes, D. (2004, Jun 18). Ofrecen mejorar el pavimento en revolucion. *El Norte* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/315726520?accountid=36765>
- Barba, H. (2002, Nov 02). Señales secretas. *Mural* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/374006054?accountid=36765>
- Obras para mejorar carretera Zamora-Loja requieren dos millones de dólares; source: El comercio]. (2005, May 19). *Noticias Financieras* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/468043247?accountid=36765>
- Garza, N. (2000, Feb 20). 'Nos obligan a trabajar en camiones con fallas'. *El Norte* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/316095006?accountid=36765>
- Miriam García, y. N. J. (2000, Feb. 24). Cuestionan opinión de alcaldes. *El Norte* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/316091549?accountid=36765>
- Demey, J. R., Zambrano, A. Y., Macchiavelli, R., & Ventura González. (2004). TAMAÑO DE MUESTRA EN EXPERIMENTOS BIOTECNOLÓGICOS CON SUSPENSIONES CELULARES. *Interciencia*, 29(7), 396-400. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/210166358?accountid=36765>
- Contratistas deberán rectificar fallas en obras de pavimentación en cuenca; source: El comercio]. (2005, May 02). *Noticias Financieras* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/468064371?accountid=36765>
- MATHESON, D.W., BRUCE, R.L., y BEAUCHAMP, KL (1985). *Psicología Experimental: diseños y análisis de investigación*. México, D.E: Compañía Editorial Continental.
- Controversia politica, no judicial. (1998, Aug 25). *La Opinión* Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/368354360?accountid=36765>

# ANEXOS



## ANEXO B

CARRETERA CALPI-SAN JUAN-EL ARENAL-EMPATE VÍA AMBATO GUARANDA

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

N°	RUBRO / DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL.
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					
201	Movilización e instalación	gib	1,00	3.486,60	3.486,60
303-2	Excavación sin clasificar (en suelo) y relleno	m3	72.810,00	2,04	148.532,40
306-5	Desalzo de material de excavación sobrante	m3/km	1.601.820,00	0,26	416.473,20
270-2	Rotura de estructuras de hormigón (Incluye transporte a escombrera)	m3	80,00	15,73	1.258,40
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>					
308	Acabado de obra básica	m2	376.183,00	0,46	173.043,10
	Mejoramiento con suelo seleccionado	m3	94.046,25	5,34	502.206,98
403-1	Subbase clase 3 e = 20 cm)	m3	75.237,00	6,88	517.630,56
404-1	Base clase 1A e = 20cm	m3	75.237,00	12,22	919.396,14
309-2(2)	Transporte de Subbase y Base	m3/km	3.340.522,80	0,26	868.535,93
405-1(1)	Asfalto MC para imprimación rata 1.50 lt/m2	lt	564.277,50	0,66	372.423,15
405-5	Capa de rodadura hormigón asfáltico mezclado en Planta de e = 22 cm	m2	192.045,00	28,23	5.421.430,35
405-5	Capa de rodadura hormigón asfáltico mezclado en Planta de e = 19 cm	m2	55.333,00	24,41	1.350.727,35
405-5	Capa de rodadura hormigón asfáltico mezclado en Planta de e = 16.50 cm	m2	128.803,00	21,01	2.706.193,05
<b>OBRAS DE DRENAJE MENOR</b>					
307-2	Excavación y relleno para estruc. menores	m3	150,00	5,24	786,00
307-3	Excavación de cunetas y encauzamientos	m3	32.360,00	8,30	268.588,00
303-2	Hormigón simple de 210 kg/cm2 inc. Encofrado	m3	9.708,00	163,39	1.586.190,12
6022A	Suministro-colocación tubería metálica D=1.20m e=2.5mm	ml	216,00	241,64	52.194,24
<b>SEÑALIZACIÓN</b>					
705-1	Marcas de pavimentos (pintura) [discontinua central de 15cm y líneas de bordes de 10cm]	ml	121.350,00	0,66	80.091,00
708-5	Señal vert preventivas 0.75 x 0.75m inc. Instalación	u	190,00	199,47	37.899,30
708-6	Señal vert informativas 1.20 x 0.60m inc. Instalación	u	50,00	266,16	13.308,00
708-7	Señal vert reglamentarias 0.75 x 0.75 m inc. Instalación	u	65,00	199,47	12.963,55
705-(4)a	Marcas sobresalientes del pavimento (bidireccionales)	u	8.100,00	3,59	29.079,00
705-5(1)a	Marcas sobresalientes del pavimento (unidireccionales)	u	4.050,00	4,55	18.427,50
705-(1)	Guardacamino doble (poste metálico)	m	6.940,00	84,85	589.067,20
709-4	Delimitadores de vía con material retroreflectivo tipo IV (Balizas)	u	3.750,00	12,61	47.287,50
708-5(1)abc	Delimitadores de curva (Chevrones)	u	310,00	240,70	74.617,00
702(1)	Mejoras indicadores de kilometraje	u	88,00	41,41	3.644,08
5-403-4	Bandas transversales de alerta (BTAs)	m	900,00	43,76	39.384,00
<b>RUBROS AMBIENTALES</b>					
205-1	Agua para control de polvo	M3es	5.824,80	8,29	48.287,59
310-(1)	Escombrera	m3	72.810,00	0,87	63.344,70
<b>SUBTOTAL REHABILITACION</b>					<b>16.366.499,99</b>
<b>MANTENIMIENTO</b>					
MR-111.E	Bacheo asfáltico menor	M3	1.350,00	195,88	264.438,00
MR-112.E	Sellado de fisuras superficiales	m	11.200,00	0,57	6.384,00
MR-121.E	Limpieza de cunetas y encauzamientos a mano	M3	2.400,00	5,19	12.456,00
MR-123.E	Limpieza de alcantarillas	M3	2.000,00	8,30	16.600,00
MR-131.E	Roza a mano	Hs	80,00	1.660,80	132.864,00
MR-311.E	Limpieza de derrumbes a máquina	M3	2.500,00	1,33	3.325,00
MR-312.E	Limpieza de derrumbes a mano	M3	1.200,00	5,54	6.648,00
705-(3)	Marcas de pavimento (pintura) [discontinua central de 15 cm. y líneas de borde 10 cm.]	ml	369.000,00	0,66	243.540,00
705-(4)a	Reposición de tachas bidireccionales.	u	3.100,00	4,55	14.105,00
705-(4)a	Reposición de tachas unidireccionales.	u	6.200,00	3,59	22.258,00
709-4	Reposición de Balizas	u	3.000,00	12,61	37.830,00
708-5(1)abc	Reposición de Chevrones	u	1.200,00	240,70	288.840,00
708-1	Reposición de Señales verticales	u	1.500,00	199,47	299.205,00
<b>SUBTOTAL MANTENIMIENTO:</b>					<b>1.348.493,00</b>
<b>TOTAL</b>					<b>17.714.992,99</b>

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

**SON: DIESESIEETE MILLONES SETECIENTOS CATORCE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y DOS, 99/100 DÓLARES**

**Plazo : 540 (Quinientos Cuarenta ) días**

Riobamba, Enero 12 de 2015.

ING. ANTONIO RONQUILL







## ANEXO E



### MINISTERIO DE TRANSPORTES Y OBRAS PÚBLICAS LABORATORIO DE SUELOS

CARRETERA:  
LUGAR DE ORIGEN:  
TIPO DE MUESTRA:  
MUESTRA DE: SUBRASANTE  
MUESTRA:  
COMPACTADA EN EL LABORATORIO:

INDISTURBADA:  
EN EL CAMPO O EN EL SITIO:  
CLASE DE SUELO:  
SOBRECARGA:  
FECHA DE ENSAYO:

### ENSAYO C. B. R

MOLDE						
NUMERO DE CAPAS						
NUMERO DE GOLPES POR CAPAS						
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE gr.						
PESO MOLDE gr.						
PESO MUESTRA HUMEDA gr.						
VOLUMEN DE LA MUESTRA cm3						
DENSIDAD HUMEDA gr/cm3						
DENSIDAD SECA gr/cm3						
<b><u>CONTENIDO DE AGUA</u></b>						
TARRO N.						
PESO MUESTRA HUMEDA + TARRO gr.						
PESO MUESTRA SECA + TARRO gr.						
PESO AGUA gr.						
PESO TARRO gr.						
PESO MUESTRA SECA						
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD						
AGUA ABSORBIDA						

**ANEXO F**

**FOTOGRAFÍAS**



Abscisa 0+000 inicio proyecto vía Calpi-el Arenal



Presencia de fisuras longitudinales



Piel de cocodrilo



Bacheo ejecutado por administración directa.



Baches en la vía de estudio

