



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Civil

Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la
estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia
Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha.

Autor: William Marcelo Hurtado Arias

Director: Ing. Juan Carlos Moya Msc.

Quito, julio 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ingeniero **Juan Carlos Moya Msc.**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: "Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha" del estudiante **William Marcelo Hurtado Arias**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, julio de 2016



Ing. Juan Carlos Moya Msc.

EL TUTOR

AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

Yo, William Marcelo Hurtado Arias, declaro que el trabajo de investigación denominado: Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha, es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Quito, julio de 2016



William Marcelo Hurtado Arias

C.C.: 170751762-7

Copyright © 2016 por William Marcelo Hurtado Arias
Todos los derechos reservados

DERECHOS DE AUTOR

Yo, William Marcelo Hurtado Arias declaro bajo juramento que el trabajo descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y, que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cede mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, sin restricción de ningún género o especial.



William Marcelo Hurtado Arias

C.C.: 170751782-7

Yo, ingeniero **Juan Carlos Moya Msc.** certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo en su originalidad, autenticidad, como en su contenido.



Ing. Juan Carlos Moya Msc.

C.C.: 171091908-3

TUTOR

DEDICATORIA

*A mi amada esposa Sara Elizabeth Bolaños Aguirre,
por su amor, motivación diaria y apoyo en todo momento;
además, a mis preciosos hijos
Melanie Monserrate y William David.*

AGRADECIMIENTO

*Infinitamente al Señor de señores, a Papito Dios Jehová;
proveedor de vida, de seres queridos, de familia,
de tiempo, de recursos materiales, de sustento
y principalmente proveedor de amor y misericordia.
gracias Padre Santo por este proceso,
a ti sea la Honra y la Gloria.*

El presente trabajo de titulación realiza una evaluación del pavimento de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha, en el tramo comprendido desde la intersección con la avenida Ponce Enríquez hasta la intersección con la avenida Río Napo, con una extensión de 4.718 km.

La importancia de estudiar esta vía radica en que es una de mayor tránsito vehicular de la parroquia de Conocoto y es la principal vía de comunicación y acceso hacia la parroquia de Amaguaña.

Para realizar una correcta evaluación funcional y estructural del pavimento se requería conocer ciertos parámetros tales como deflexiones, IRI, TPDA y PCI. Los cuales fueron obtenidos mediante ensayos o mediciones en sitio, el método Paver para registrar las fallas superficiales en el pavimento y así obtener el PCI; además se realizó un conteo vehicular para obtener el TPDA.

Adicionalmente, luego de los resultados y tomando en cuenta la información obtenida se propone establecer los parámetros básicos para proponer una rehabilitación de la condición de la vía objeto de este estudio y que permita mejorar la serviciabilidad de la vía.

Del análisis de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos y mediciones, se realizaron las respectivas evaluaciones. La estructura del pavimento se encuentra en condiciones regular y pobre.

Se recomienda para un mejoramiento de la vía un cambio de la estructura para prolongar la vida útil de la vía, además con esto se espera mejorar el IRI, PCI y así brindar un mejor servicio al flujo de vehículos que transitan diariamente.

Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Contextualización.....	1
1.2.1 Análisis crítico.....	1
1.2.2 Prognosis.....	2
1.2.3 Formulación del problema	2
1.2.4 Preguntas directrices	2
1.2.5 Delimitación del objeto de investigación	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 Vista Científica.....	3
1.3.2 Vista Social.....	4
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5 Hipótesis	6
Capítulo 2 Marco Teórico	8
2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Fundamentación filosófica	8
2.3 Fundamentación legal.....	8
2.4 Definición	8
2.5 Clases de Pavimentos	9
2.5.1 Pavimentos Flexibles	9
2.5.2 Pavimentos Rígidos.....	10
2.5.3 Pavimentos Articuladoos	10
2.6 Capas del Pavimento	11

2.6.1 Terreno de Cimentación	12
2.6.2 Superficie Subrasante.....	13
2.6.3 Subbase	13
2.6.4 Base	14
2.6.5 Capa de Rodadura	14
2.7 Rol y propiedades de las Capas del Pavimento	14
2.8 Métodos de diseños de Pavimentos Flexibles.....	15
2.8.1 Métodos Empíricos	15
2.8.2 Método Empírico-Mecanicista.....	16
2.9 Consideraciones de diseño Método AASHTO.....	17
2.9.1 Desempeño del pavimento	18
2.9.2 Tránsito	18
2.9.3 Material de la Subrasante	19
2.9.4 Materiales de construcción	20
2.9.5 Medio Ambiente.....	20
2.9.6 Drenaje.....	20
2.9.7 Confiabilidad.....	21
Capítulo 3 Comportamiento del Pavimento Flexible	22
3.1 Factores que afectan el comportamiento del pavimento	22
3.1.1 Tránsito vehicular	22
3.1.2 Efectos de la temperatura.....	23
3.2 Fallas en pavimentos flexibles	24
3.2.1 Causas e Identificación de Fallas	24
3.2.2 Identificación de Fallas	26
3.2.3 Tipos de fallas y Valores de Deducción (VD) por tipo y severidad.	26
Capítulo 4 Evaluación del Pavimento Flexible	46

4.1	Serviciabilidad de Pavimentos	46	x
4.1.1	Clasificación de Serviabilidad de Presente (PSR)	47	
4.1.2	Índice de Serviabilidad Presente (PSI)	48	
4.1.3	Índice de Regularidad Internacional (IRI)	51	
4.1.3.1	Métodos de medición de IRI	52	
4.1.3.2	Modelo del cuarto de carro	54	
4.1.4	Relación entre PSI e IRI	55	
4.2	Evaluación Funcional (Daños al pavimento)	57	
4.2.1	Métodos empleando equipos de medición de deterioro superficial	57	
4.2.2	Métodos visuales de medición de deterioro superficial	58	
4.3	Evaluación Estructural (Fallas estructurales)	59	
4.3.1	Deflexiones en pavimentos	61	
4.3.2	Medición de deflexiones con la Viga Benkelman	62	
4.3.3	Medición de deflexiones con Falling Weight Deflectometer (FWD)	64	
4.3.4	Toma de muestras de pavimento existente (Evaluación destructiva) ..	65	
4.3.4.1	Ensayo de penetración con el cono dinámico (DCP)	71	
4.3.4.2	Correlaciones entre resultados del DCP y el CBR	74	
4.3.4.3	Resumen de ensayos de campo y laboratorio	75	
4.4	Seguridad (Resistencia al Deslizamiento)	75	
	Capítulo 5 Metodología	78	
5.1	Descripción del área de investigación	78	
5.1.1	Aspectos físicos del área de investigación	78	
5.1.2	División política.....	80	
5.1.3	Ubicación.....	81	
5.2	Recolección de información	81	
5.3	Procesamiento de la información.	81	

5.4 Metodología de evaluación funcional y estructural	82	xi
5.4.1 Evaluación mediante inspección visual	82	
5.4.2 Identificación de tramos secciones y muestras	84	
5.5 Índice de Condición del pavimento PCI.....	84	
5.6 Determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	85	
5.6.1 Cálculo del PCI.....	86	
5.6.2 Cálculo para vías con capa de rodadura asfáltica	86	
5.7 Estudio de tráfico	88	
5.7.1 Tráfico existente	89	
5.7.2 Tráfico desviado	89	
5.7.3 Tráfico proyectado	89	
5.8 Evaluación de la estructura del pavimento	89	
5.8.1 Estudio de la subrasante	90	
5.8.2 Determinación del número estructural “SN”	91	
Capítulo 6 Estudio de los resultados.....	93	
6.1 Inventario visual de la carpeta asfáltica.....	93	
6.2 Estudio del tráfico	93	
6.2.1 Tráfico existente	93	
6.2.2 Tráfico desviado	94	
6.2.3 Tasa de crecimiento vehicular	95	
6.2.4 Tráfico vehicular proyectado	95	
6.3 Análisis de la subrasante	96	
6.4 Determinación del CBR de diseño	97	
6.5 Resumen de características de la vía	98	
6.6 Interpretación de resultados.....	98	
6.6.1 Inventario.....	98	

6.6.2 Tráfico	98
6.6.3 Subrasante	99
6.6.4 Capa de rodadura.....	99
6.5. Verificación de la hipótesis.....	100
Capítulo 7 Propuesta	101
7.1 Datos informativos	101
7.2 Formulación de la propuesta.....	102
7.3 Justificación de la propuesta.....	103
7.4 Plan operativo	103
7.5 Análisis de factibilidad.....	104
7.6 Fundamentación	104
7.7 Metodología de propuesta de rehabilitación.....	105
7.7.1 Proceso de evaluación de condición del pavimento.....	105
7.7.2 Exploración de la condición de la superficie asfáltica.....	105
7.7.3 Unidades de muestreo.....	106
7.7.4 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación	106
7.7.5 Selección de las unidades de muestreo para inspección	107
7.7.6 Evaluación de la condición	107
7.7.7 Tráfico	108
7.8 Diseño del pavimento para la propuesta	108
7.8.1 Tráfico del proyecto	108
7.8.2 Estudio de la subrasante	108
7.8.2.1 Características de los materiales	109
7.8.2.2 Característica del ambiente	110
7.8.3 Diseño de pavimentos flexibles.....	110
7.8.3.1 Ejes equivalentes a 8.2 ton.....	110

7.8.3.2 Factores de daño	111
7.8.3.3 Nivel de confiabilidad Zr	112
7.8.3.4 Desviación estándar (So).....	113
7.8.3.5 Índice de servicio	114
7.8.3.6 Módulo de Resiliencia.....	114
7.9 Transformación Número Estructural a espesores de capas	114
7.9.1 Coeficientes Estructurales	115
7.9.1.1 Coeficiente estructural de la sub base	115
7.9.1.2 Coeficiente estructural de la base	115
7.9.2 Coeficientes de drenaje	117
7.10 Resumen de Datos.	117
7.11 Diseño de las capas de la estructura del pavimento	118
7.12 Cálculo de espesores.....	119
7.13 Operaciones de rehabilitación y mejora	120
7.14 Aplicación del plan de rehabilitación	121
7.15 Presupuesto referencial de rehabilitación	123
7.16 Cronograma referencial de trabajos de rehabilitación.	124
7.17 Análisis de Precios Unitarios.....	125
7.18 Costos de operación vehicular.	125
7.18.1 Costo Directo	125
7.18.2 Definiciones	126
7.18.3 Combustibles y lubricantes	128
7.18.4 Aceites lubricantes.....	128
7.18.5 Fórmulas para el costo horario de maquinaria y equipo.....	129
7.18.6 Costo Indirecto.....	131
7.18.7 Definiciones Costo Indirecto	131

7.18.8 Organización central.....	131	xiv
7.18.9 Costo de la oficina central.....	132	
7.19 Administración	133	
7.19.1 Personal técnico.	134	
7.19.2 Personal de apoyo.....	134	
7.19.3 Equipo requerido	135	
Capítulo 8 Conclusiones y Recomendaciones	136	
8.1 Conclusiones	136	
8.2 Recomendaciones	138	
Bibliografía	140	

Figura 1	Sección de Pavimento Flexible	9
Figura 2	Sección de Pavimento Rígido.....	10
Figura 3	Sección de Pavimento Articulado.....	11
Figura 4	Materiales utilizados en los pavimentos.....	11
Figura 5	Índice de serviciabilidad presente PSI.....	48
Figura 6	Perfilómetro CHLOE	49
Figura 7	Curva de comportamiento de un pavimento	50
Figura 8	Ciclo de vida de un pavimento	51
Figura 9	Escala de clasificación del IRI.....	52
Figura 10	Perfilómetro.....	53
Figura 11	Modelo del cuarto de carro.....	55
Figura 12	Esquema del cuenco de deflexión de pavimento.....	61
Figura 13	Esquema del cuenco de deflexión de pavimento.....	62
Figura 14	Viga Benkelman	64
Figura 15	FWD Modelo Dynatest	64
Figura 16	Esquema de medición de la deflexión	65
Figura 17	Equipo para extracción de núcleos de capas asfálticas.....	66
Figura 18	Toma de núcleos de capas asfálticas.....	66
Figura 19	Toma de muestras taladros a mano	67
Figura 20	Toma de muestras Calicatas.....	68
Figura 21	Excavación a máquina toma de muestras calicatas	68
Figura 22	Ensayo SPT	70
Figura 23	Esquema General del DCP	73
Figura 24	Ubicación avenida Abdón Calderón	78
Figura 25	Delimitación Parroquia Conocoto	81

Figura 26	Diagrama Frecuencia vs. CBR	97	xvi
Figura 27	VARIACION EN EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL – SUBBASE ...	115	
Figura 28	VARIACION COEFICIENTE ESTRUCTURA – BASE	115	
Figura 29	VARIACION COEFICIENTE ESTRUCTURAL - CAPA DE RODADURA	116	

Tabla 1	Característica Estructural de las capas del Pavimento	14
Tabla 2	Tipo de fallas	26
Tabla 3	Falla No. 1 Piel de Cocodrilo	27
Tabla 4	Falla No. 2 Exudación	27
Tabla 5	Falla No. 3 Fisuramiento en bloque	29
Tabla 6	Falla No. 4 Desniveles Localizados	30
Tabla 7	Falla No. 5 Corrugación.....	31
Tabla 8	Falla No. 6 Depresión.....	32
Tabla 9	Falla No. 7 Fisuramiento en borde.....	33
Tabla 10	Falla No. 8 Fisuramiento de reflexión	34
Tabla 11	Falla No. 9 Desnivel carril/espaldón	35
Tabla 12	Falla No. 10 Fisuramiento longitudinal y/o transversal.....	36
Tabla 13	Falla No. 11 Parche de Corte de servicio	37
Tabla 14	Falla No. 12 Agregado pulido	38
Tabla 15	Falla No. 13 Baches	39
Tabla 16	Falla No. 14 Cruce de Ferrocarril	40
Tabla 17	Falla No. 15 Surco en huella	41
Tabla 18	Falla No. 16 Desplazamientos.....	42
Tabla 19	Falla No. 17 Fisuramiento de resbalamiento	43
Tabla 20	Falla No. 18 Hinchamiento	44
Tabla 21	Falla No. 19 Desmoronamiento	45
Tabla 22	Formulario calificación AASHO	47
Tabla 23	Escala de calificación de servicibilidad ASSHO.....	48
Tabla 24	Área aproximada avenida Abdón Calderón	78
Tabla 25	División Política Conocoto.....	80

Tabla 26	Rangos de Calificación del PCI	85
Tabla 27	Resistencia del suelo de la Subrasante	91
Tabla 28	COMPOSICION VEHICULAR.....	94
Tabla 29	TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	94
Tabla 30	TRAFICO ACTUAL	94
Tabla 31	TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR	95
Tabla 32	TRAFICO PROYECTADO.....	95
Tabla 33	ABSCISAS Y VALORES CBR.....	96
Tabla 34	FRECUENCIA Y CBR	96
Tabla 35	CUADRO DE COORDENADAS	101
Tabla 36	DIAGRAMA DE PROPUESTA	105
Tabla 37	Exploración Condición de la superficie asfáltica	106
Tabla 38	LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO	106
Tabla 39	EJES EQUIVALENTES.....	111
Tabla 40	NIVELES DE CONFIANZA.....	113
Tabla 41	NIVELES DE CONFIANZA Y DESVIACION ESTANDAR	113
Tabla 42	Coeficiente de drenaje.....	117
Tabla 43	Diseño de las capas de la estructura del pavimento.....	118
Tabla 44	DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA	119
Tabla 45	Operaciones de rehabilitación y mejora.....	120
Tabla 46	TRABAJOS DE REHABILITACION	122
Tabla 47	PRESUPUESTO REFERENCIAL	123
Tabla 48	CRONOGRAMA.....	124
Tabla 49	Cálculo y determinación de Costo horario de maquinaria y equipo ..	130
Tabla 50	Personal técnico.....	134
Tabla 51	Personal de apoyo	134

TABLA DE ECUACIONES

xx

Ecuación 1	PSI (Perfilómetro CHLOE)	49
Ecuación 2	Relación entre PSI e IRI	55
Ecuación 3	Relación entre PSI e IRI	56
Ecuación 4	Relación entre PSI e IRI	56
Ecuación 5	Correlación DCP y CBR para todos los suelos	74
Ecuación 6	Correlación DCP y CBR suelo Arcillas de Alta Plasticidad.....	74
Ecuación 7	Correlación DCP y CBR suelo Arcillas Baja Plasticidad.....	74
Ecuación 8	Índice de condición del pavimento	83
Ecuación 9	Número máximo admisible de valores deducidos	87
Ecuación 11	Tráfico desviado	89
Ecuación 12	Tráfico proyectado	89
Ecuación 13	Número Estructural SN	91
Ecuación 14	Costo horario de maquinaria y equipo	129

INDICE DE ANEXOS

xxi

Anexo 1	Características de la vía.....	142
Anexo 2	Tipos de fallas en la capa de rodadura.....	143
Anexo 3	Conteo vehicular	148
Anexo 4	Especificaciones Técnicas MTOP	154
Anexo 5	Análisis de Precios Unitarios	183

Capítulo 1

Introducción

1.1 Planteamiento del problema

Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha.

1.2 Contextualización

Se hace imprescindible incluir dentro de las políticas del gobierno nacional y seccional la necesidad de mejorar el estado de las vías, razón por la cual siendo Conocoto parroquia suburbana del cantón Quito, capital de la República del Ecuador, se determina que el crecimiento demográfico conlleva a dar prioridad al mejoramiento del sistema vial, encontrando que se encuentra afectada también con el problema del deterioro de las estructuras de asfaltos, generando vías en mal estado, provocando viajes incómodos y en consecuencia un desmejoramiento en la movilidad de personas y vehículos en la parroquia.

El pavimento es una de las pocas estructuras civiles que tiene un período de diseño finito. Esto significa que durante el período de vida de una estructura de pavimento, la misma iniciará un proceso de deterioro tal que al final de su vida útil manifestará un conjunto de fallas que reducirán su calidad de rodaje y en definitiva incrementarán los costos de los usuarios y los costos de mantenimiento.

1.2.1 Análisis crítico

Dentro de la conformación de la estructura del pavimento se puede evidenciar que las fallas y el deterioro de la capa de rodadura que presenta la misma tienen mucho que ver con algunos factores como son:

- Conformación de la subrasante
- Calidad de los materiales de la subbase, la base,
- Calidad y tipo de colocación de la carpeta asfáltica.

1.2.2 Prognosis

La falta de mantenimiento y rehabilitación durante la vida útil de las vías ha conllevado a un deterioro paulatino de la estructura del pavimento dando lugar a problemas de circulación vehicular e incremento de los costos de operación, así como también la posibilidad de un aumento de accidentes de tránsito.

1.2.3 Formulación del problema

¿Cuáles son las diferentes herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles, considerándose tanto los equipos como los procedimientos y metodologías para el análisis de alternativas de mantenimiento y rehabilitación en la avenida Abdón Calderón?

1.2.4 Preguntas directrices

- ¿Porque las vías deben rehabilitarse?
- ¿Cuál es la estructura del pavimento?
- ¿Cuáles son las fallas que presenta la capa de rodadura?
- ¿Será necesario implementar la metodología de rehabilitación vial para mejorar las condiciones de la capa de rodadura?

1.2.5 Delimitación del objeto de investigación

De contenido

- Ingeniería de tránsito.
- Ingeniería vial.
- Rehabilitación y Mantenimiento vial

Espacial

El presente estudio de evaluación se centra en la vía que sirve de acceso y de unión entre las parroquias rurales de Conocoto y Amaguaña en el cantón Quito de la provincia de Pichincha.

1.3 Justificación

1.3.1 Vista Científica

Existen varias razones científicas del por qué los pavimentos de las principales vías de la ciudad o país deben brindar un óptimo servicio además de estar en excelentes condiciones. MONTEJO (1998) define a un pavimento como “un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados”. (p. 505) Estas capas superpuestas transmiten las cargas del tránsito a la subrasante, que es la encargada de resistir dichos esfuerzos

El Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes de Brasil. (2005) afirma que una vía debe tener un desempeño funcional y estructural adecuado. El desempeño funcional es la capacidad del pavimento de proporcionar una superficie de calidad para el tránsito de los vehículos. El desempeño estructural es la capacidad de un pavimento de mantener su estructura sin presentar fallas significativas, se debe asociar con la preservación del pavimento y considerar el mejor momento para rehabilitar el pavimento de una vía.

Los pavimentos son diseñados para que duren un determinado período, a medida que pasa el tiempo, el pavimento comienza a deteriorarse y va desde una condición óptima hasta una condición mala.

Existen varios factores que originan alteraciones en la superficie de rodamiento de los pavimentos. MONTEJO (1998) Según Montejo: “Entre algunas de las causas de estas alteraciones podemos mencionar las siguientes:

- Incremento de las cargas en comparación con las cargas de diseño.
- Mala calidad de los materiales en espesores
- Deficiente compactación en las capas durante el proceso constructivo.
- Empleo de métodos de diseños inadecuados
- Falta de mantenimiento

MONTEJO (1998). Montejo sostiene que: “Existen dos tipos de fallas que pueden ocurrir en un pavimento. Las fallas de superficie son aquellas que comprenden defectos en la capa de rodadura debido a fallas en la carpeta asfáltica. Las otras fallas son las fallas estructurales que comprenden defectos en la capa de rodadura debido a una falla en la estructura del pavimento.”

BARIANI, GORETTI, PEREIRA y BARBOSA (2006) concluyeron que para emitir cualquier alternativa de restauración o mantenimiento se debe realizar un diagnóstico general de los defectos del pavimento para establecer la mejor solución. Recomiendan una visita al sitio para observar los problemas en la superficie.

Para preservar las vías, es importante contar con un programa de mantenimiento y rehabilitación acorde con las necesidades y presupuestos previstos.

1.3.2 Vista Social

El Ecuador necesita carreteras y vías en buen estado para promover un desarrollo social y económico de calidad para sus habitantes, por tal motivo se necesitan realizar mantenimientos y controles en sus vías.

Toda vía necesita su mantenimiento o rehabilitación después de cierto período de su construcción, de tal manera se brinda un mejor servicio a los usuarios que transitan sobre ella y se cuida la estructura vial.

En países en vías de desarrollo como el Ecuador, muchas veces el correcto mantenimiento no se lo puede realizar por falta de recursos económicos y las vías se deterioran más rápido de lo esperado por no brindarle la rehabilitación o mantenimiento oportuno.

En el año 2009 y 2010, la Universidad Central del Ecuador desarrolló un estudio para la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas sobre las condiciones viales de la ciudad. De acuerdo con ese estudio, “la ciudad de Quito cuenta con 4.148 kilómetros de vías. De éstos, 2.198 Km equivalentes al 53% son asfaltados, 36% de adoquín, 8% empedrado y 3% de hormigón.

De las vías asfaltadas, el 34% estaba en buen estado, el 36% regular y el 40% estaba en mal estado”. Web <http://epmmop.gob.ec> “Mejorar la vialidad es una prioridad en Quito” 31 de enero de 2012.

Según los datos anteriores, es importante aportar con información pormenorizada del estado de los pavimentos asfaltos de las vías de mayor índice de tráfico en la parroquia de Conocoto, aspectos con los cuales se puede proponer o establecer posibles soluciones a través de una rehabilitación a tiempo con tratamientos como la adición de una nueva capa de rodadura, el reciclaje y en consecuencia se pueden devolver la calidad del pavimento y extender la vida útil de las vías.

El mejoramiento de los pavimentos de asfalto es particularmente eficaz en términos económicos cuando es realizado antes de que el deterioro del pavimento sean extremos.

Como usuario y parte de la comunidad que reside y utiliza las vías de mayor tráfico del sector propuesto en esta investigación, se percibe el problema del estado de las vías, es importante establecer soluciones, que deriven en facilitar

principalmente al ente seccional encargado de la intervención y rehabilitación como es la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas para que se llegue a una solución “in situ” y así mejorar la movilidad de peatones y vehículos del sector.

Tomando en cuenta que si se interviene la capa de rodadura del pavimento flexible y la conservamos en los plazos adecuados estaríamos minimizando los costos indirectos de mantenimiento, rehabilitación y seguridad de la vías, con la reducción de índices de accidentes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Verificar el estado superficial del pavimento de la avenida Abdón Calderón actualmente en servicio, a través de una evaluación funcional y estructural que determinen los deterioros y condición de la vía.

1.4.2 Objetivos específicos

- Observar mediante el examen superficial del pavimento, las diferentes fallas del pavimento y el comportamiento del pavimento.
- Evaluar estructuralmente el pavimento flexible y la condición de actual.
- Conocer el TPDA que actualmente se registra.
- Proponer un mantenimiento adecuado al tramo estudiado.

1.5 Hipótesis

Luego del proceso de intervención y mejoramiento del pavimento en la avenida Abdón Calderón se logrará elevar o recuperar la vida útil de la carpeta asfáltica optimizando los tiempos de circulación vehicular entre las parroquias adyacentes al acceso de la vía como son las parroquias Conocoto, Amaguaña y por ende los cantones Quito y Rumiñahui.

- ¿Qué fallas se notan en el pavimento existente en la vía? Se deben realizar observaciones superficiales sobre el pavimento de la vía, además obtener su IRI y su capacidad estructural, para poder emitir un criterio de evaluación.
- ¿Qué se desea hacer con los resultados obtenidos de la evaluación? Colocar una capa de espesor delgada o gruesa de asfalto.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

El proceso de deterioro de una estructura de pavimento, en especial del pavimento flexible, el tránsito o solicitaciones de carga representa una de las principales variables que inducen la fatiga de la estructura, es por esto que se inicia discutiendo los conceptos básicos referentes al análisis e interpretación de la información de tránsito; para luego presentar una descripción de las diferentes fallas que afectan al pavimento flexible, destacando sus orígenes, magnitud y severidad, para luego presentar y discutir uno de los indicadores para la evaluación de fallas presentes en el pavimento, como es el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

2.2 Fundamentación filosófica

Se basará mediante un esquema investigativo y bajo las normas técnicas establecidas para el caso, la valoración funcional y estructural para determinar los deterioros de la vía objeto del estudio que permitirá que se mejoraren las condiciones de la capa de rodadura.

2.3 Fundamentación legal

Para evaluar, y luego proponer la rehabilitación de la vía que permita desarrollar un plan que mejore las condiciones de la capa de rodadura, se tomara como referencia las Normas Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Normas de Ejecución del Manual de Mantenimiento Vial del MTOP.

2.4 Definición

El pavimento es una estructura de cimentación formada por una o más capas, sobre la que actúan cargas repetidas en su superficie y que debe ser capaz

de transmitir durante su vida útil las tensiones provocadas por las cargas hacia la subrasante y hacia los materiales constitutivos de sus capas, de tal forma que no se superen las tensiones y deformaciones específicas admisibles

Un pavimento puede definirse también como una superficie que debe permitir la circulación del tránsito mixto, en condiciones de seguridad y comodidad, bajo cualquier condición climática, durante un tiempo prolongado.

2.5 Clases de Pavimentos

Los pavimentos pueden clasificarse en tres grupos:

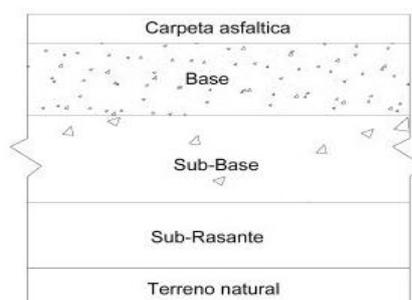
- Pavimentos Flexibles
- Pavimentos rígidos
- Pavimentos articulados.

2.5.1 Pavimentos Flexibles

Se encuentra compuesto por una capa de rodadura bituminosa, que se asienta sobre capas granulares como la base y la subbase y que a su vez descansan sobre el cimiento o mejor conocida como la subrasante.

El espesor de cada capa debe ser el adecuado para satisfacer factores económicos y de servicio para los usuarios viales, la vida útil de estos pavimentos va de 15 a 20 años.

Figura 1 Sección de Pavimento Flexible



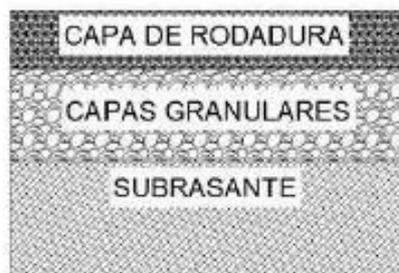
Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

2.5.2 Pavimentos Rígidos

Son aquellos que se caracterizan por que la capa de rodadura es una losa de hormigón de cemento hidráulico, que a su vez se asienta sobre una capa granular ya sea base o subbase, dependiendo del diseño para permitir que el esfuerzo producido por las cargas de tránsito pueda ser disipado en mayor cantidad por cada una de las capas haciendo de este modo que el nivel de servicio sea el más adecuado.

El diseño de espesores y el posible número de capas del pavimento rígido depende de algunos factores de entre ellos la calidad de la subrasante. La vida útil de este tipo de pavimentos varía de 20 a 40 años con un mantenimiento mínimo enfocado fundamentalmente a las juntas y al drenaje.

Figura 2 Sección de Pavimento Rígido



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

2.5.3 Pavimentos Articulado

Son aquellos que la capa de rodadura se compone de bloques de concreto prefabricados con espesor uniforme (adoquines). Esta capa se asienta sobre una capa de arena seleccionada, la misma que a su vez se apoya sobre una capa granular. Las características de la subrasante determinan si es necesario trabajar con una capa granular caso contrario solamente se requerirá de la capa de arena sobre la que se colocará la capa de rodadura.

Figura 3 Sección de Pavimento Articulado



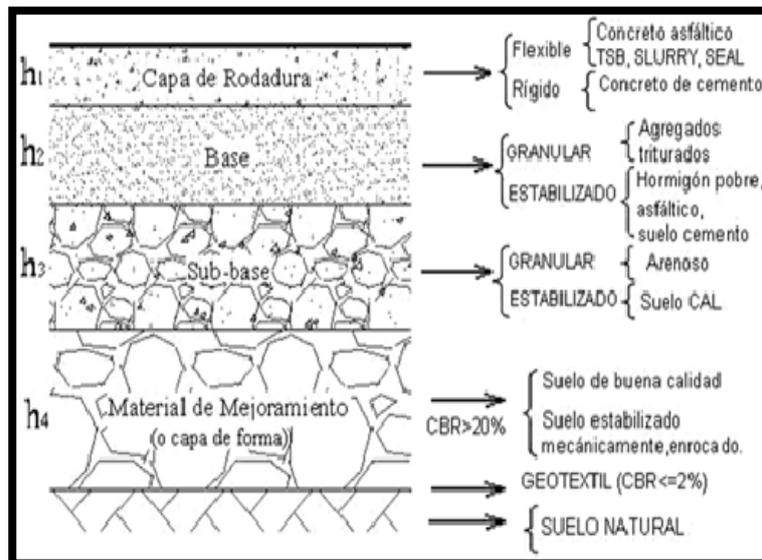
Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

2.6 Capas del Pavimento

Generalmente los pavimentos se componen de un sistema de n capas que se ejecutan con la utilización de diferentes clases de materiales de construcción y cuya selección depende de un análisis técnico y económico de los yacimientos estudiados a lo largo del proyecto.

En el diagrama siguiente muestra el corte típico de un pavimento, en el cual se puede observar las diferentes alternativas de materiales de construcción que se puede utilizar en su ejecución.

Figura 4 Materiales utilizados en los pavimentos



Fuente: Hidalgo Felipe A., 2007, Definición de los Parámetros para el Diseño de pavimentos
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

La variedad de materiales y técnicas de construcción, ofrece una amplia gama de soluciones que van desde la selección del tipo de pavimento, estabilización y compactación de los materiales que conforman cada una de las capas del pavimento.

En el diseño estructural de los pavimentos se debe conocer las propiedades de cada material que constituye el pavimento, los cuales se ven sometidos a cargas dinámicas de diversas magnitudes que le son transmitidas por el tráfico.

Por la naturaleza cíclica de las cargas actuantes y el comportamiento no lineal y resiliente de los materiales; es necesario conocer ciertos parámetros que determinan la caracterización mecánica de los materiales que constituyen las capas de la estructura del pavimento.

2.6.1 Terreno de Cimentación

Depósito de suelo que sirve de cimentación al pavimento, de su capacidad de soporte depende en gran parte el espesor que debe tener un pavimento sea este flexible o rígido.

- Si el terreno de fundación es pésimo (material orgánico) debe desecharse, substituirse por otro de mejor calidad o mejorando su capacidad de soporte con ayuda de un sistema de geotextil o geomalla.
- Si el terreno de fundación es malo y se halla formado por un suelo fino limoso o arcilloso, susceptible de saturación, debe colocarse una sub base granular de material seleccionado antes de poner la base y capa de rodadura.
- Si el terreno de fundación es regular o bueno y está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación o por un

material de granulometría gruesa, posiblemente no se requerirá el material de subbase.

- Si el terreno de fundación es excelente, es decir, que tiene un valor de soporte elevado y no existe además la posibilidad de saturación, se colocará una capa de nivelación y luego la capa de rodadura.

2.6.2 Superficie Subrasante

Es la que corresponde a la superficie superior del terreno de fundación al finalizar el movimiento de tierras (corte o relleno).

2.6.3 Subbase

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante y tiene por objeto:

- Servir de capa de drenaje al pavimento.
- Controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales del material de la subrasante.
- Controlar la capilaridad del agua proveniente de las capas o niveles freáticos cercanos protegiendo al pavimento de los hinchamientos.

El material de subbase debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado, puede ser arena, grava, escoria de altos hornos, suelo estabilizado, y siempre cumplir lo establecido en las especificaciones técnicas.

Los agregados que se deben emplear deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%. (Especificaciones MOP, Cap. 400)

2.6.4 Base

Es la capa que tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y además repartir uniformemente estos esfuerzos a la subbase y al terreno de fundación. Las bases pueden ser granulares o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante.

2.6.5 Capa de Rodadura

Cuya función primordial es proteger la base impermeabilizando la superficie para evitar infiltraciones de agua lluvia, proporcionar una superficie de rodadura lisa, evitar el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos, así como incrementar la capacidad de soporte del pavimento.

2.7 Rol y propiedades de las Capas del Pavimento

Tabla 1 Característica Estructural de las capas del Pavimento

CAPAS	ROL	Mecanismo de degradación a tener en cuenta para un dimensionamiento adecuado	PROPIEDADES MECÁNICAS IMPORTANTES
CAPA DE RODADURA	<ul style="list-style-type: none"> •Superficie de rodadura (confort y seguridad) •Capa soportante •Impermeabilización del pavimento 	<ul style="list-style-type: none"> •Fisuración por fatiga y deformación permanente excesiva 	<ul style="list-style-type: none"> •Módulo y resistencia a la fisuración por fatiga •Resistencia a la deformación permanente
BASE	<ul style="list-style-type: none"> •Evitar la deformación permanente de las capas subyacentes. •Proporcionar un soporte estable al revestimiento 	<ul style="list-style-type: none"> •Deformación permanente excesiva para una base granular •Fisuración por fatiga en bases estabilizadas con cemento 	<ul style="list-style-type: none"> •Módulo y resistencia a la deformación permanente en bases granulares •Módulo de resistencia a la fisuración por fatiga en bases estabilizadas con cemento
SUBBASE GRANULAR	<ul style="list-style-type: none"> •Evitar la deformación excesiva del suelo después de la construcción •Protección del suelo contra el •Capa anticontaminante •Drenaje 	<ul style="list-style-type: none"> Deformación permanente excesiva 	<ul style="list-style-type: none"> Módulo y resistencia a la deformación permanente
SUELO DE CIMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Soporte del pavimento lo que condiciona el dimensionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Deformación permanente excesiva 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia (módulo y resistencia a la deformación permanente)

Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

2.8 Métodos de diseños de Pavimentos Flexibles

El diseño de pavimentos flexibles puede ser clasificados en cinco categorías según HUANG (2004): métodos empíricos, métodos empíricos-mecanicista, método falla de corte al límite, método deflexión al límite y método basado en comportamiento del pavimento. Otros autores e ingenieros simplifican a los métodos en dos categorías, los métodos empíricos y los métodos empíricos mecanicista.

La fatiga y el ahuellamiento son los dos principales mecanismo de degradación de un pavimento flexible, por esto los métodos de diseño deben controlar estos efectos durante su periodo de diseño.

La fatiga se origina por la excesiva repetición de pasadas de los vehículos que transitan por el pavimento, cuando esto ocurre, se generan valores altos de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica.

El ahuellamiento se origina por el comportamiento plástico de los materiales que conforman el pavimento flexible, estos al deformarse, alteran el nivel de servicio de la estructura.

En el Ecuador el método que propone el MOPT para los diseños de pavimentos es el Método AASHTO 93 que se encuentra dentro de los métodos basados en el comportamiento del pavimento y pruebas en carreteras o también denominado método empírico. Este método propone una ecuación para el diseño del espesor de las capas que conforman el pavimento.

2.8.1 Métodos Empíricos

Los métodos empíricos son aquellos que están basados en resultados de experimentos in situ. Este comportamiento del pavimento en el campo se relaciona con los factores que originan daños en el pavimento, estos son el tránsito

y las condiciones ambientales. Dentro de los métodos empíricos tenemos el más usado en nuestro país el AASHTO 93, Método CBR, Método Public Roads (PR), Método Highway Research Board (HRB).

Una de las limitantes de los métodos empíricos es que supone que las deformaciones sólo se generan en la capa subrasante, puesto que es la capa menos rígida, y las deformaciones se generan en cada una de las capas que conforman la estructura.

En la capa asfáltica, al incrementarse la temperatura, esta pierde rigidez y origina un incremento en la deformación del pavimento. Así mismo, en carreteras de bajo tráfico vehicular, la capa asfáltica no tiene alguna función estructural por lo que la base y subbase soportan casi la totalidad de la carga vehicular.

2.8.2 Método Empírico-Mecanicista

Actualmente no existe algún procedimiento de diseño 100% mecanicista, ya que estos están basados en la mecánica del comportamiento estructural ante la aplicación de cargas y deben conocerse las propiedades fundamentales de los materiales.

Los métodos empíricos mecanicistas combinan ambas teorías, y busca reducir las tensiones, deformaciones y deflexiones críticas a niveles aceptables. Entre algunos de los métodos tenemos el propuesto por Huang en su programa Kenpave, el método Shell, método del Instituto de Asfalto.

Estos métodos son de mucha utilidad ya que se obtiene una clara conceptualización del diseño, puede ser aplicable a condiciones de carga particulares y a distintos tipos de mezclas.

2.9 Consideraciones de diseño Método AASHTO

El método AASHTO como fue mencionado anteriormente es un método basado en resultados de pruebas, sostienen que estas pruebas fueron realizadas en Ottawa, Illinois, la cual fue llevada a cabo por los 49 estados, el Bureau of Public Roads y varios grupos industriales. Estas pruebas fueron realizadas en pavimentos flexibles y rígidos construidos sobre terraplén A-6. Así mismo los vehículos de prueba fueron de un solo eje y de eje tipo tándem con varias combinaciones y miles de repeticiones.

GARBER y LESTER (2005) Garber y Lester afirman que la primera publicación fue en 1961 la cual fue modificada en 1972. En el año de 1986 se realizaron cambios y se incorporaron nuevos desarrollos. Finalmente en 1993 se lanzó la guía de diseño que se mantiene presente hasta hoy, en ella se modificó el procedimiento de diseño para recubrimiento.

La desventaja de este método según Huang es que las ecuaciones de diseño sólo pueden ser aplicadas a las condiciones donde fueron tomadas las pruebas de carreteras. Además existen innumerables variables involucradas, por tal motivo es limitada.

Los factores que considera el procedimiento AASHTO para diseñar pavimentos flexibles son los siguientes:

- Desempeño del pavimento
- Tránsito
- Suelos de afirmado
- Materiales para construcción
- Medio ambiente
- Drenaje y Confiabilidad

2.9.1 Desempeño del pavimento

Un pavimento debe desempeñarse estructural y funcionalmente en condiciones óptimas para brindar un mejor servicio a los usuarios. GARBBER y LESTER (2005)

El desempeño estructural se relaciona con la condición física del pavimento, existen factores como los agrietamientos, fallas, desprendimientos que son causados por la carga del tránsito. El desempeño funcional es una indicación de la eficacia con que el pavimento sirve al usuario.

La durabilidad es el parámetro que mide dicho desempeño, AASHTO recomienda valores de 4,2 como durabilidad inicial (p_i), este valor muestra el desempeño que debe tener un pavimento una vez que sea construido. La durabilidad final (p_f) es el desempeño que un pavimento debe tener al final de su período de diseño, valores de 2 y 3 son aceptables dependiendo de la importancia de la vía.

Este índice de durabilidad o también conocido como PSI, está basado en la percepción del conductor al transitar sobre una vía en una escala del 0 al 5, en donde 5 es un pavimento excelente y 0 un pavimento intransitable.

2.9.2 Tránsito

El tráfico es uno de los parámetros más importantes en el diseño de pavimentos, ya que este es el que va a determinar las cargas que pasarán sobre el pavimento durante su vida de servicio.

Es necesario obtener el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el período de diseño, esto se lo obtiene mediante un conteo vehicular en la vía. Se necesita cierta información sobre la vía para determinar el tráfico en su vida de diseño, entre las cuales tenemos:

- Período de diseño
- Distribución de ejes
- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)
- Tasa de crecimiento anual
- Sentido del tráfico
- Número de carriles por sentido
- Porcentaje del tránsito sobre el carril más transitado
- Índice de Serviciabilidad
- Factores de equivalencia de carga

El tratamiento de la carga de tránsito está basado en el ESAL, en la cantidad de cargas de 18000 lb en eje sencillo, la conversión de todos los tipos de vehículos está dada por los LEF. Los factores de equivalencia (LEF) fueron determinados por la AASHTO en los tramos de prueba, en la cual los pavimentos se sometieron a pruebas con las diferentes configuraciones de ejes y cargas para analizar el daño producido.

Un mal estudio del tránsito puede conllevar a un mal dimensionamiento de las capas de la estructura del pavimento, originando daños en la capa de rodadura y disminución de la vida de servicio.

2.9.3 Material de la Subrasante

La AASHTO recomienda el módulo de resiliencia (M_r) para definir esta propiedad, la cual relaciona al CBR multiplicado por un factor. El CBR está dado por la relación de un suelo determinado con un material de condiciones óptimas, este ensayo mide la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y sirve para evaluar un suelo determinado que va a ser empleado en un pavimento.

2.9.4 Materiales de construcción

Los materiales que se usan para la construcción se clasifican en: materiales para la subbase, para la base y para la superficie. El coeficiente a_3 es el coeficiente de capa de la subbase, a diferencia del coeficiente de la capa de base que es el a_2 , este coeficiente se usa para convertir el espesor real en un número estructural equivalente.

El material para la superficie normalmente es una mezcla en caliente de planta de cemento asfáltico con agregados, el coeficiente de esta capa es el a_1 y se lo obtiene de relaciones con el coeficiente estructural y módulo de resiliencia.

2.9.5 Medio Ambiente

La temperatura y la precipitación son los dos enemigos ambientales del pavimento. Los efectos de temperatura inducen esfuerzos por acción térmica y la precipitación es perjudicial cuando ingresa agua en el interior de las capas que forman el pavimento, lo que origina un cambio en las propiedades.

2.9.6 Drenaje

Es el efecto que tiene el agua sobre la resistencia del material de base y subrasante. Depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje y el porcentaje de tiempo durante el cual la estructura del pavimento está casi saturada.

La capacidad de drenaje que está basada en el tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje depende de la precipitación media anual.

2.9.7 Confiabilidad

Este parámetro es de control de diseño, fue creado como medida para garantizar el proceso de estimación del tráfico proyectado. Este factor mide las incertidumbres posibles en la predicción del tránsito y del funcionamiento del pavimento, se espera que el pavimento diseñado se comporte satisfactoriamente durante su vida de diseño.

El nivel de confiabilidad debe ser mayor cuanto más importante sea la carretera y mayor sea su volumen de tráfico. Además existe una desviación estándar S_o y una desviación normal Z_r que sugiere la AASHTO como ajuste a este nivel de confianza.

Capítulo 3

Comportamiento del Pavimento Flexible

3.1 Factores que afectan el comportamiento del pavimento

Existen dos factores que afectan el comportamiento del pavimento de cierta vía durante todo su período de diseño, el tránsito y el clima.

El tránsito se lo asocia a las cargas pesadas que circulan sobre el pavimento, y el clima es visto en forma de lluvia o cambios de temperatura. El tráfico diario que soporta una vía va desgastando la capa de rodadura, debido a los esfuerzos que se originan en el pavimento al paso de los vehículos que circulan sobre determinada vía.

El agua lluvia produce en el pavimento una reducción de su resistencia y estabilidad de cada una de sus capas. Por tal motivo se recomienda dejar una pendiente para que el agua escurra y no se almacene en los carriles.

Estos dos factores son los causantes del deterioro en los pavimentos, al producirse fallas en el pavimento se produce una pérdida de serviciabilidad, los usuarios que transitan sobre determinada vía sienten una incomodidad, además la vida de servicio se ve reducida.

3.1.1 Tránsito vehicular

Por el pavimento de una vía circulan diferentes tipos de vehículos con diferentes configuraciones de ejes. Los vehículos pesados son los más determinantes y los que más afectan al pavimento, más aún si ellos circulan con peso mayor del estimado o permitido.

El espaciamiento entre ruedas así como la presión de inflado de los neumáticos, tipo de apoyo, intensidad y frecuencia de las cargas, rigidez relativa de las capas componentes, inciden en el efecto del tránsito sobre el pavimento y son uno de los mayores problemas que se encuentran en las predicciones sobre el efecto negativo que podría tener las cargas del tránsito.

DE SOLMINIHAC (2001) De Solminihac estima cuatro consideraciones que pueden afectar el ciclo de vida de un pavimento, entre las cuales están:

- Exactitud de los valores de la carga equivalente
- Precisión del conteo vehicular y el peso del tránsito
- Predicción de los ejes equivalentes para cierto período.
- Interacción de la edad y el tránsito que afecta la serviciabilidad.

Es importante tomar en cuenta estas consideraciones al momento de realizar una evaluación de la actual condición del pavimento de una vía. En la avenida Abdón Calderón, el volumen del tránsito ha aumentado notablemente ya que Conocoto ha experimentado un crecimiento en función de la expansión de la ciudad de Quito hacia los sectores de las parroquias suburbanas que se encuentran en los valles adyacentes a la ciudad capital.

3.1.2 Efectos de la temperatura

La ciudad Quito por encontrarse en la zona ecuatorial posee dos estaciones al año, la época seca y lluviosa. Pero Conocoto tiene una temperatura que oscila entre 8°C y 27°C siendo 15,7°C la temperatura media anual.

Hasta hace algunos años se distinguían dos estaciones perfectamente marcadas, el invierno y verano, la primera de octubre hasta junio y la segunda desde julio a septiembre. Mayo y junio tenían el clima característico de la primavera y septiembre el de otoño. La precipitación anual asciende a los 2.000mm.

El asfalto al encontrarse con estas variaciones de temperaturas sufre efectos de ablandamientos, lo que produce una reducción de su espesor. Además de la reducción de la viscosidad del asfalto.

La humedad provoca disgregación de la mezcla y ayuda al transporte de contaminantes externos a las grietas. Estos efectos se agravan si no se tiene una buena adherencia entre el asfalto con el agregado.

La humedad reduce la resistencia y la estabilidad de la base, subbase y subrasante además de disminuir la resistencia al deslizamiento. Al ingresar el agua de las precipitaciones a las capas granulares, esta las debilita reduciendo su resistencia. Además el material fino de las capas es arrastrado por el efecto del bombeo, lo que origina una pérdida del soporte.

La cantidad de huecos también tiene un papel importante en la rapidez con que se deteriora un pavimento flexible. Se puede remitir a los hechos de las carreteras, que al terminar la época lluviosa, el pavimento sufre daños por efecto de la precipitación. Una vía de la importancia de la avenida Abdón Calderón debe tener un buen sistema de drenaje que permita la evacuación de las aguas.

3.2 Fallas en pavimentos flexibles

3.2.1 Causas e Identificación de Fallas

Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

- Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
- Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
- Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
- Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
- Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

Dependiendo de su origen, las fallas pueden ser clasificadas como:

- a. **Fallas funcionales (superficiales)**, el defecto se presenta o circunscribe a la superficie de la capa asfáltica y las acciones de reparación se dirigen a la corrección de la fricción (seguridad), o al restablecimiento de la rugosidad o regularidad (comodidad), lo cual se logra con la colocación de capas asfálticas de bajo espesor.
- b. **Fallas estructurales** tienen su origen en defectos en una o más de las capas que conforman la estructura del pavimento, las cuales están destinadas a resistir y compartir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que a nivel de sub-rasante o suelo de fundación de pavimento lleguen los menores esfuerzos y lo más distribuido posible.

3.2.2 Identificación de Fallas

Debido a los efectos del clima y al tránsito los pavimentos flexibles pueden sufrir diferentes tipos de fallas, SHAHIN (2005) expone las 19 tipos de fallas:

Tabla 2 Tipo de fallas

ITEM	FALLA	DESCRIPCIÓN	MEDIDA
1	Piel de cocodrilo.	Es una serie de fisuras por fatiga de la carpeta asfáltica, bajo las cargas interconectadas causadas repetitivas del tráfico	pies2 o m2
2	Exudación.	Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento que crea una textura vidriosa, brillante y bastante pegajosa y resbaladiza en condiciones húmedas.	pies2 o m2
3	Fisuramiento en bloque.	Es una serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de unos 30 x 30 cm a 3 x 3 m.	pies2 o m2
4	Desniveles Localizados	Pequeños desplazamientos hacia arriba o hacia abajo de la superficie del pavimento	pies o m.
5	Corrugación	Es una serie de pequeñas acanaladuras espaciadas a intervalos regulares, generalmente menores de 3 metros, a lo largo de un tramo del pavimento o en dirección perpendicular al tráfico.	pies2 o m2
6	Depresión	Son zonas localizadas del pavimento con niveles inferiores a los de las zonas adyacentes.	pies2 o m2
7	Fisuramiento en borde	Este fisuramiento es paralelo al borde exterior del pavimento y generalmente dentro de los 30 a 60 cm de este borde.	pies2 o m2
8	Fisuramiento de Reflexión de losas de hormigón	Esta falla ocurre solamente en pavimentos asfálticos colocados sobre pavimentos rígidos.	pies o m.
9	Desnivel Carril / Espaldón	Es una diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el espaldón causada por erosión asentamiento o defectos	pies o m.
10	Fisuramiento Longitudinal y/o Transversal	Son fisuras longitudinales son paralelas al eje de la carretera y pueden originarse en: una eficiente junta constructiva, contracción del asfalto.	pies o m.
11	Parche de corte de Servicio	Es un área del pavimento que ha sido reemplazada por material nuevo para reparar el pavimento original.	pies2 o m2
12	Agregado Pulido	Es causada por las aplicaciones repetitivas del tráfico. Cuando el agregado superficial se torna liso al tacto, se reduce considerablemente la adhesión con las llantas	pies2 o m2
13	Baches	Son pequeños huecos en la superficie de hasta 1 metro de diámetro.	unidad
14	Cruce de Ferrocarril	Son los desniveles que se encuentran alrededor y entre las vías asociados con los cruces de ferrocarril.	pies2 o m2
15	Surco en huella	Es una depresión que se localiza en la huella del tráfico	pies2 o m2
16	Desplazamiento	Es una deformación permanente, longitudinal, de un área localizada de la superficie del pavimento causada por las cargas del tráfico	pies2 o m2
17	Fisuramiento de Resbalamiento	Son en forma de media-luna que tienen dos extremos apuntando en sentido contrario al tráfico	pies2 o m2
18	Hinchamiento	Se caracteriza por un combeo hacia arriba en la superficie del pavimento, una ondulación larga y gradual de más de 3 m de longitud	pies2 o m2
19	Desmoramiento / Intemperismo	El desgaste de la superficie por pérdida de ligante asfáltico y la disgregación de las partículas pétreas	pies2 o m2

NOTA: Todas las fallas tendrán tres niveles de severidad (Baja, Media y Alta)

Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010

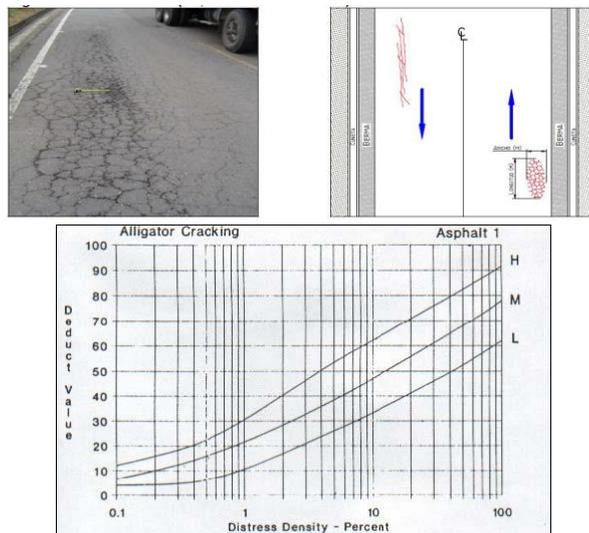
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

3.2.3 Tipos de fallas y Valores de Deducción (VD) por tipo y severidad.

Se presenta los tipos de fallas contempladas por el Método PCI con respectivos gráficos para la determinación del Valor de deducción (VD). De igual forma se incluye al final la gráfica requerida para la determinación del Valor de Deducción Corregido (VDC). (Fuente de consulta: Manual de PCI publicado por el Ing, Luis Ricardo Vásquez Varela Portal www.camineros.com)

Tabla 3 Falla No. 1 Piel de Cocodrilo

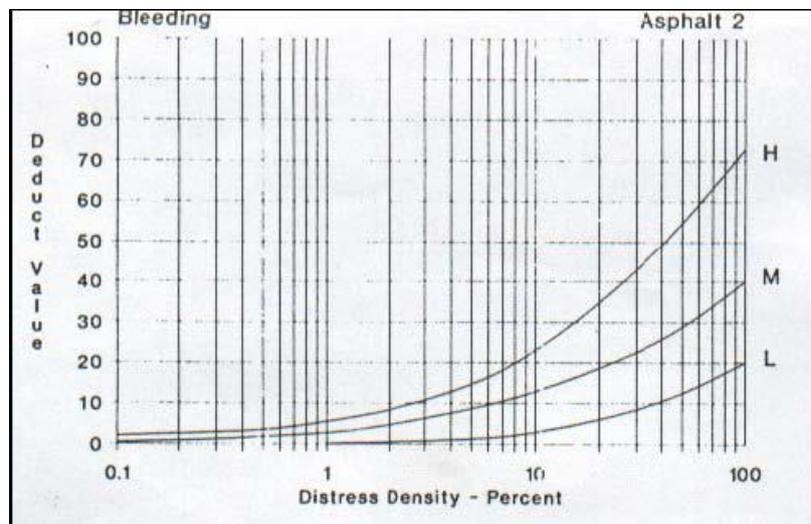
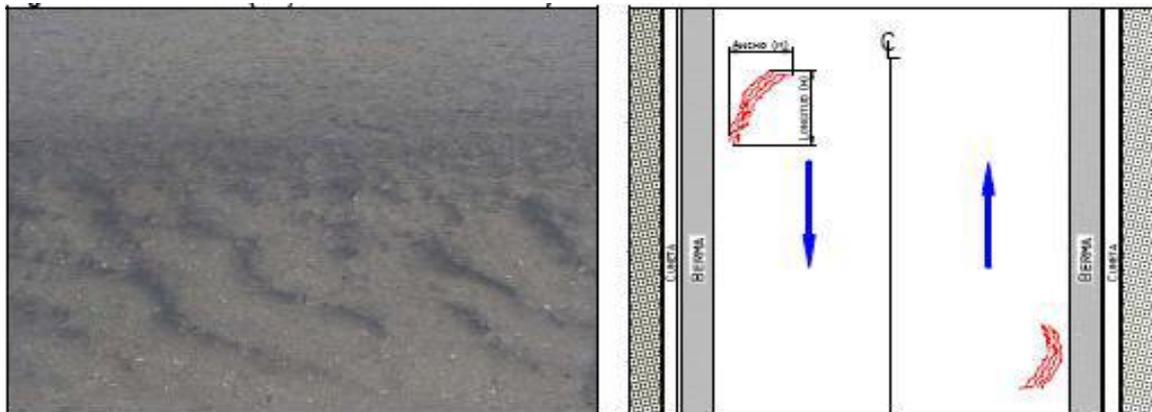
FALLA N° 1		
NOMBRE: Fisuramiento "Piel de cocodrilo" (Alligator Cracking)		
<p>DESCRIPCIÓN: El fisuramiento "Piel de Cocodrilo" o de fatiga es una serie de fisuras interconectadas causadas por fatiga de la carpeta asfáltica, bajo las cargas repetitivas del tráfico. El fisuramiento comienza en la parte inferior de la capa de superficie donde se desarrollan los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión bajo la carga, y se propagan hacia la superficie, inicialmente como una serie de fisuras longitudinales paralelas. Bajo repeticiones adicionales de carga, las fisuras se interconectan formando como un mosaico que asemeja la piel del cocodrilo. Las piezas tienen menos de 60 cm en su lado mayor.</p> <p>Este fisuramiento ocurre solamente en áreas sujetas a las cargas de tráfico repetitivo, tales como las huellas. Por eso, no se presenta sobre toda una área, a menos que toda esta área esté sujeta al tráfico. El fisuramiento que si se puede presentar sobre toda un área es el fisuramiento en bloque aunque éste no es causado por la carga de tráfico.</p> <p>El fisuramiento "Piel de Cocodrilo" es una falla estructural mayor que está generalmente acompañada de surcos o deformaciones permanentes en las huellas.</p>		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Fisuras finas, longitudinales, paralelas entre sí, con ninguna o pocas intersecciones. No hay desmembramiento de material a los lados.	Desarrollo mayor de las fisuras formando una red o mosaico. Algunas fisuras pueden estar moderadamente desmembradas.	Amplio desarrollo de la red de fisuras con significativo desmembramiento. Algunas piezas pueden moverse bajo el tráfico.
<p>MEDICIÓN: El fisuramiento "piel de cocodrilo" se mide en pies² o m² de área. La mayor dificultad al medir esta falla, es que el fisuramiento puede presentarse a 2 ó 3 niveles de severidad dentro del área afectada. De ser posible, se tratará de registrar cada nivel por separado; caso contrario se registrará la falla en su nivel de severidad más alto para toda el área.</p>		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 4 Falla No. 2 Exudación

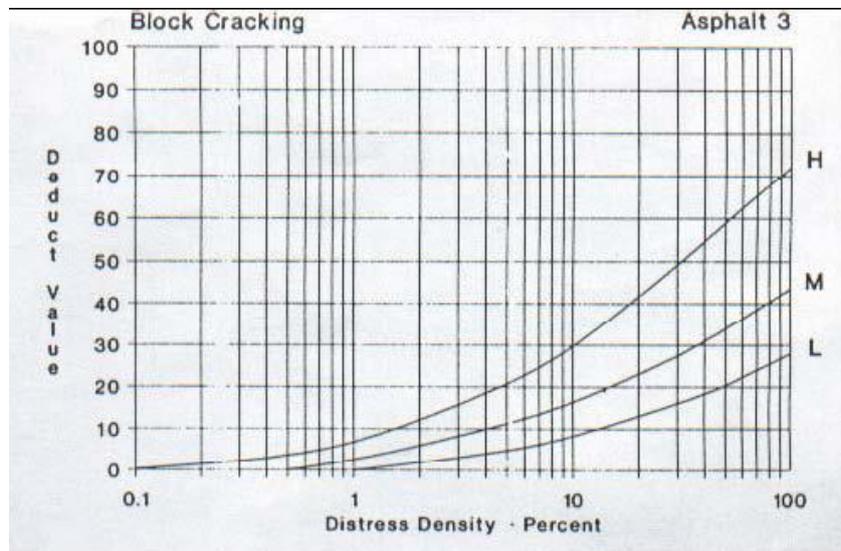
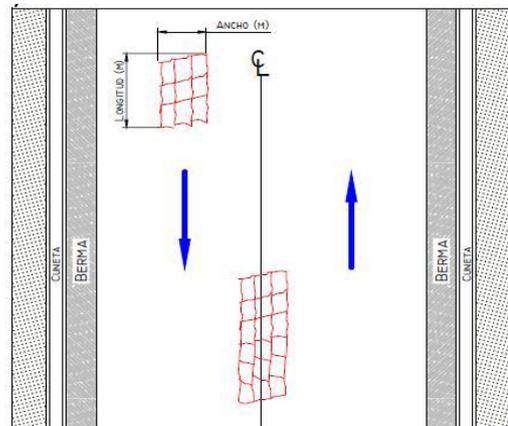
FALLA N° 2		
NOMBRE: Exudación (Bleeding).		
<p>DESCRIPCIÓN: La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento que crea una textura vidriosa, brillante y bastante pegajosa y resbaladiza en condiciones húmedas. La exudación es causada por un exceso de cemento asfáltico en la mezcla, una aplicación excesiva de sello o imprimación bituminosa, y/o por un bajo contenido de vacíos en la mezcla. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos durante el clima cálido y fluye hacia la superficie del pavimento. Como el proceso de exhumación es irreversible durante climas más fríos, el cemento asfáltico se acumula en la superficie.</p>		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La exudación se manifiesta muy levemente y es notoria sólo durante pocos días en el año. El asfalto no se paga a los zapatos o a los vehículos.	La exudación se manifiesta al extremo que el asfalto se pega a los zapatos y a los vehículos durante algunas semanas del año.	La exudación se manifiesta extensamente, y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y vehículos durante varias semanas al año.
<p>MEDICIÓN: La exudación se mide en pies² o m² de superficie. Cuando se cuenta la exudación no se considera el Agregado Pulido.</p>		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 5 Falla No. 3 Fisuramiento en bloque

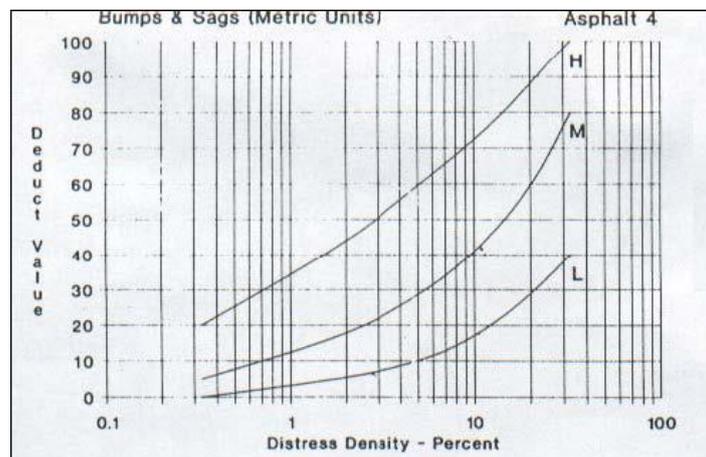
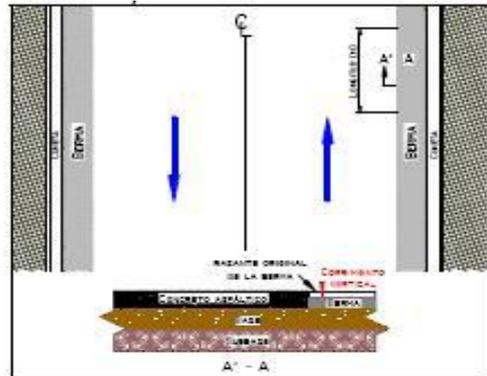
FALLA N° 3		
NOMBRE: Fisuramiento en bloque (Block Cracking).		
<p>DESCRIPCIÓN: El fisuramiento en bloque es una serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de unos 30 x 30 cm a 3 x 3 m. Las fisuras en bloque son causadas principalmente por la contracción de la carpeta asfáltica y los ciclos diarios de temperatura (que causan ciclos diarios de esfuerzos y deformaciones). El fisuramiento en bloque insinúa que el asfalto se ha endurecido u oxidado significativamente. Los bloques se manifiestan en la mayoría sobre áreas externas del pavimento, aunque a veces aparecen sólo en áreas no traficadas. Este tipo de falla difiere del fisuramiento “piel de cocodrilo” que forma piezas más pequeñas con ángulos agudos y se concentra únicamente en las áreas sujetas al tráfico vehicular.</p>		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Los bloques se definen como fisuras de baja severidad.	Los bloques se definen como fisuras de mediana severidad.	Los bloques se definen como fisuras de alta severidad.
<p>MEDICIÓN: El fisuramiento en bloque se mide en pies² o m² de área afectada. Generalmente se manifiesta con la misma severidad en toda el área, sin embargo, si hubieran diferentes severidades se deberán registrar separadamente.</p>		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 6 Falla No. 4 Desniveles Localizados

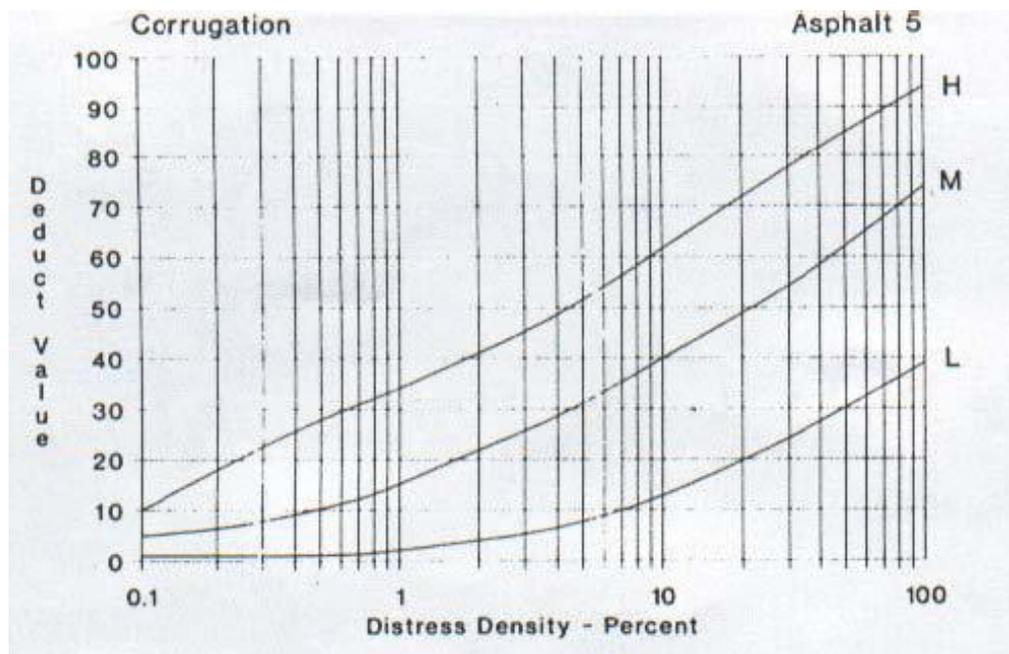
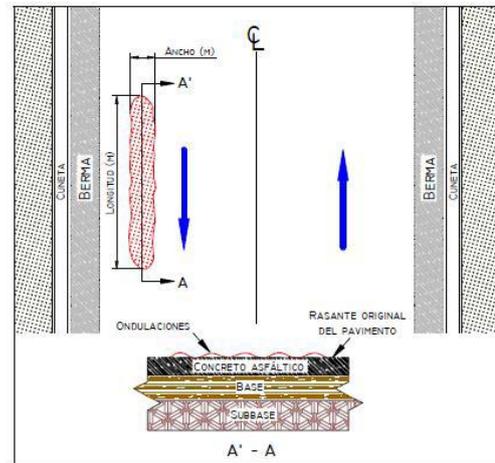
FALLA N° 4		
NOMBRE: Desniveles Localizados (Bumps and Sags)		
<p>DESCRIPCIÓN:Los desniveles localizados son pequeños desplazamientos hacia arriba o hacia abajo de la superficie del pavimento. Los desplazamientos hacia arriba (Bumps) se diferencian del desplazamiento (Falla 16) en que éste último es causado por inestabilidad del pavimento.Estos desniveles hacia arriba pueden ser causados por varios factores, entre otros.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pandeo o combadura de la subcapa de hormigón en el caso de capas de refuerzos de la carpeta asfáltica sobre ese tipo de pavimentos. 2. Infiltración y acumulación de material en una fisura agravada por el tráfico vehicular. 3. Infiltración localizada de agua (por rotura de tubo) que causa un hueco en las subcapas del pavimento. <p>Los desniveles hacia abajo (Sags) son pequeñas y repentinas inmersiones del nivel circundante de la superficie asfáltica como la que suele manifestarse a veces sobre un tubo subterráneo de agua.</p> <p>Si los desplazamientos hacia arriba o hacia abajo aparecieran en áreas relativamente grandes de la superficie asfáltica, se definirán como Hinchamiento (Falla 18) o como Depresión (Falla 6), respectivamente.</p>		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Desniveles que causan una calidad de rodadura de baja severidad.	Desniveles que causan una calidad de rodadura de mediana severidad.	Desniveles que causan una calidad de rodadura de alta severidad.
<p>MEDICIÓN:Los desniveles se miden en pies o m.</p> <p>Si los desniveles se manifiestan en dirección perpendicular al tráfico y están espaciados a distancias menores de 3 metros, la falla se denomina “Corrugación” (Falla 5). Si el desnivel se manifiesta en combinación con fisuramiento, éste también se registrará separadamente.</p>		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 7 Falla No. 5 Corrugación

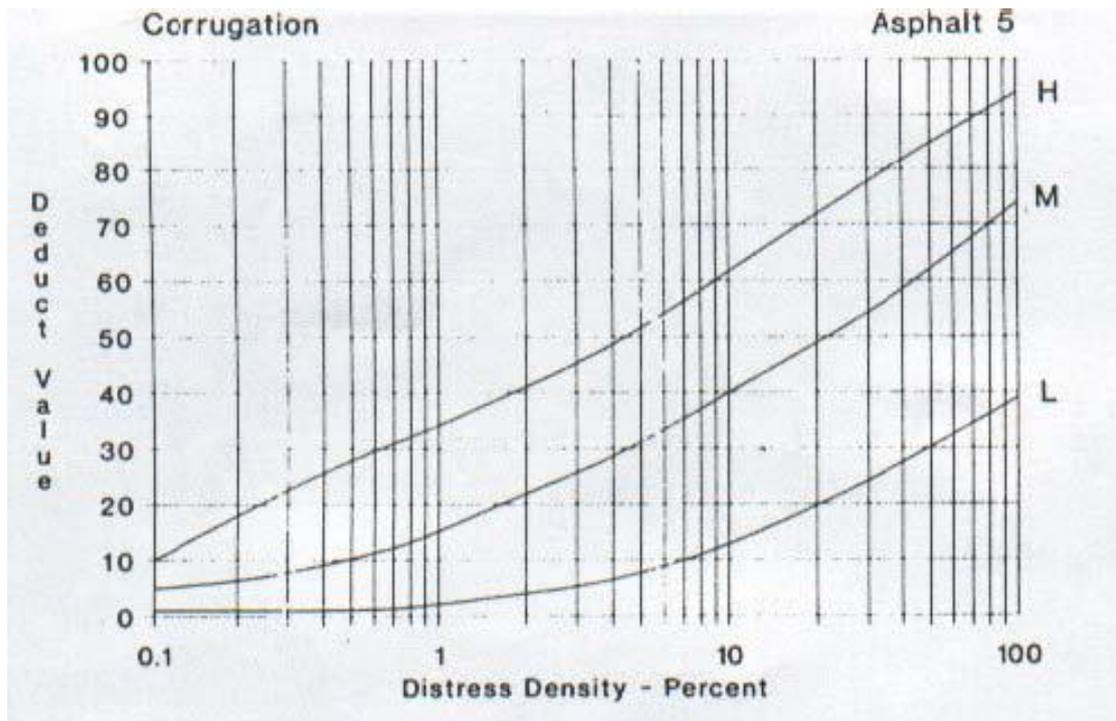
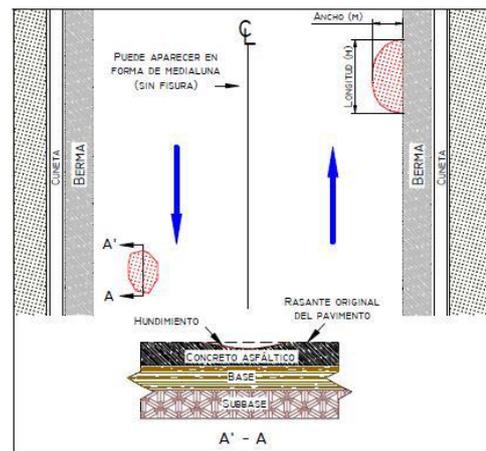
FALLA N° 5		
NOMBRE: Corrugación (Corrugation)		
DESCRIPCIÓN: La corrugación o ondulación es una serie de pequeñas acanaladuras espaciadas a intervalos regulares, generalmente menores de 3 metros, a lo largo de un tramo del pavimento o en dirección perpendicular al tráfico. Este tipo de falla es usualmente causado por la acción del tráfico en combinación con una capa de superficie o base inestables.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La corrugación produce una calidad de rodadura de baja severidad.	La corrugación produce una calidad de rodadura de mediana severidad.	La corrugación produce una calidad de rodadura de alta severidad.
MEDICIÓN: La corrugación se mide en pies ² o m ² de área afectada.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 8 Falla No. 6 Depresión

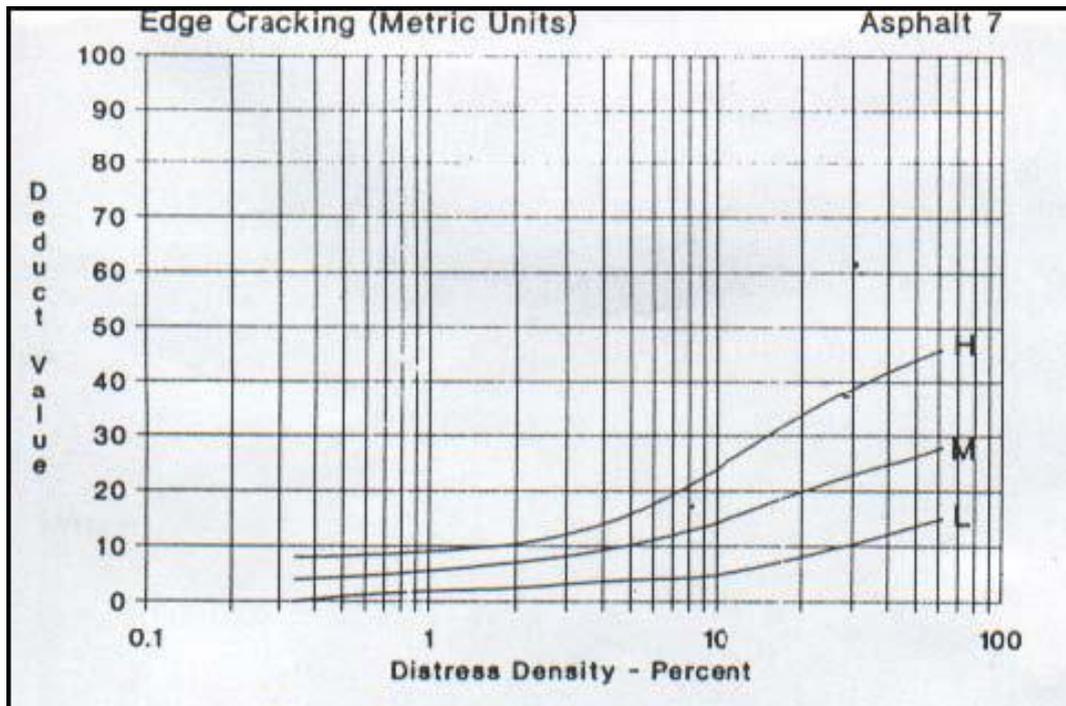
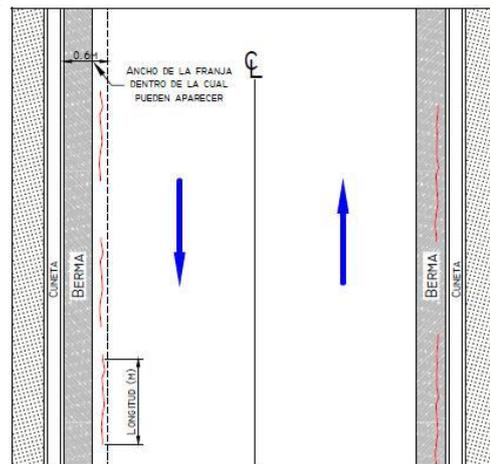
FALLA N° 6		
NOMBRE: Depresión (Depression)		
DESCRIPCIÓN: Las depresiones son zonas localizadas del pavimento con niveles inferiores a los de las zonas adyacentes. En algunos casos las depresiones leves no son notorias hasta que, luego de una lluvia, se manifiesta la acumulación de agua en el área deprimida. En pavimentos secos, las depresiones pueden descubrirse por las manchas que deja el agua. Las depresiones son causadas por el asentamiento del subsuelo o por construcción deficiente, pueden causar cierta aspereza en la calidad de rodadura, y cuando están llenas de agua de cierta profundidad, las depresiones pueden causar hidroplaneo y otros problemas de seguridad.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
De 13 a 25 mm (1/2" a 1").	De 25 a 50 mm (1" a 2").	Más de 50 mm (más de 2").
MEDICIÓN: Las depresiones se miden en pies ² o m ² de área afectada.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 9 Falla No. 7 Fisuramiento en borde

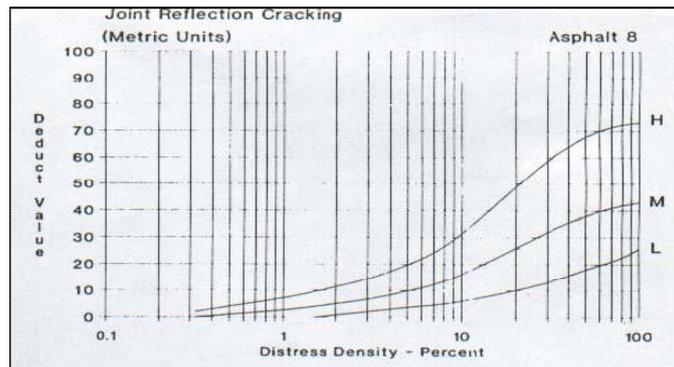
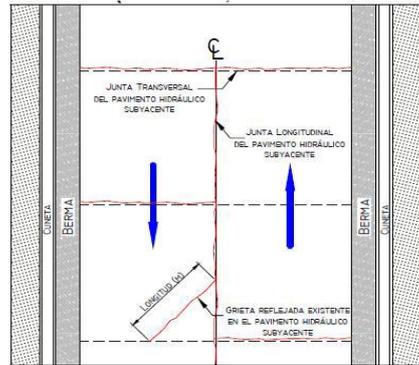
FALLA N° 7		
NOMBRE: Fisuramiento en borde (Edge Cracking)		
DESCRIPCIÓN: Este fisuramiento es paralelo al borde exterior del pavimento y generalmente dentro de los 30 a 60 cm de este borde. Esta falla es acelerada por el tráfico vehicular y puede ser causada por una falta de soporte lateral del espaldón, drenaje inadecuado y falta de compactación y confinamiento en el borde del pavimento. El área entre la fisura y el borde del pavimento es considerada desmoronada si hay desprendimiento y rotura de piezas completas.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Fisuramiento bajo o mediano sin desmoronamiento.	Fisuramiento mediano con moderada rotura o desmoronamiento.	Rotura y desmoronamiento considerable a lo largo del borde.
MEDICIÓN: El fisuramiento de borde se mide en pies o metros.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 10 Falla No. 8 Fisuramiento de reflexión

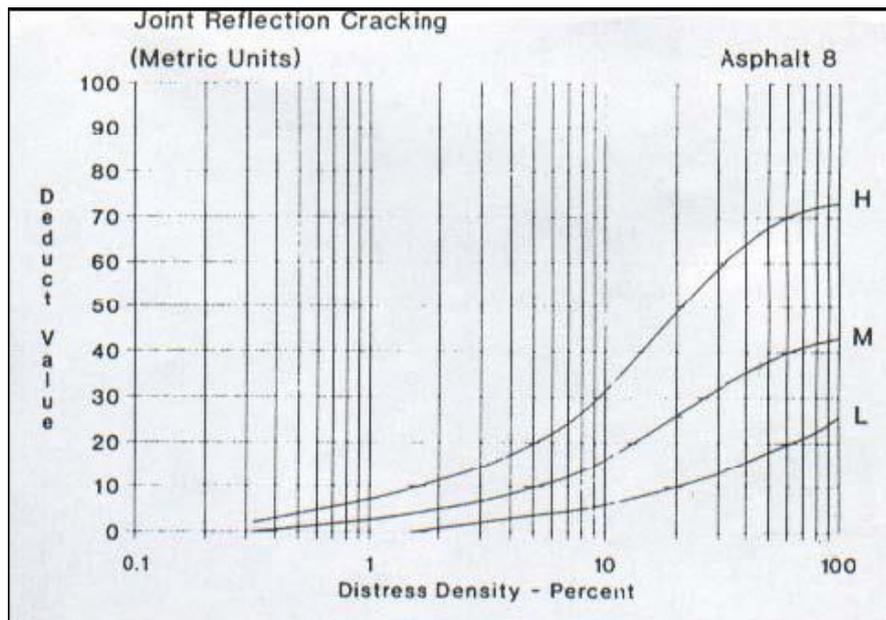
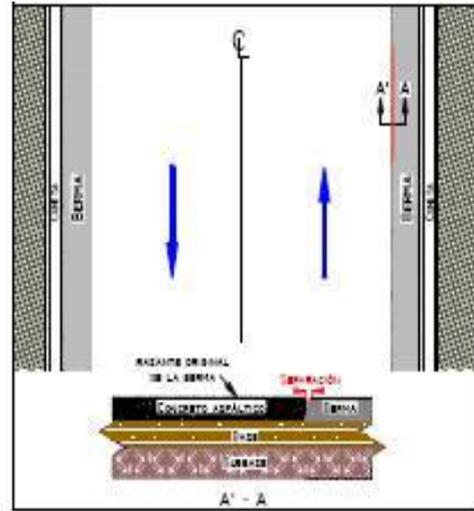
FALLA N° 8		
NOMBRES: Fisuramiento de Reflexión de losas de hormigón (Joint Reflection Cracking)		
<p>DESCRIPCIÓN: Esta falla ocurre solamente en pavimentos asfálticos colocados sobre pavimentos rígidos. No se incluyen fisuras de reflexión que puedan prevenir de otro tipo de subcapas, ya que éstos registran bajo Fisuramiento Longitudinal y/o Transversal (Falla 10). Las fisuras de reflexión de juntas se producen generalmente por movimientos de las sub-losas causados por gradientes térmicos o de humedad. A pesar de no tener su origen en las cargas del tráfico, esta falla puede agravarse con el tráfico. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura se dice que esta fisura está desmembrada. Un conocimiento previo de las dimensiones de las sub-losas puede ayudar a identificar este tipo de falla.</p>		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
<p>Una de las siguientes condiciones existe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Fisura Abierta con un ancho < 10 mm. 2.- Fisura sellada de cualquier ancho. 	<p>Media: Una de las siguientes condiciones existe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Fisura abierta entre 10 y 75 mm de ancho. 2.- Fisura abierta de cualquier ancho rodeada de fisuramiento leve. 3.- Fisura sellada de cualquier ancho rodeada de fisuramiento leve. 	<p>Una de las siguientes condiciones existe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Cualquier fisura sellada o abierta rodeada de fisuramiento de mediana o alta severidad. 2.- Una fisura de cualquier ancho con una severa rotura del pavimento a sus lados.
<p>MEDICIÓN: Las fisuras de reflexión se miden en pies o metros. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse separadamente. Por ejemplo, una fisura de 15 metros puede tener 5 metros de una severidad y 10 metros de otra. Si existe un desnivel en la fisura también debe registrarse.</p>		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 11 Falla No. 9 Desnivel carril/espaldón

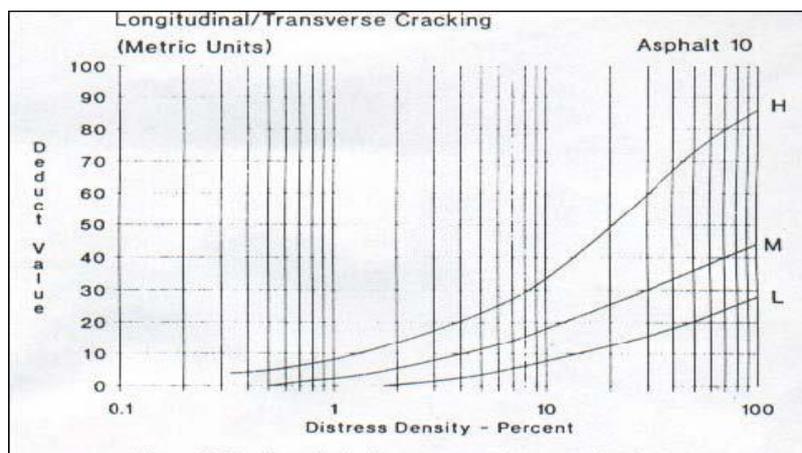
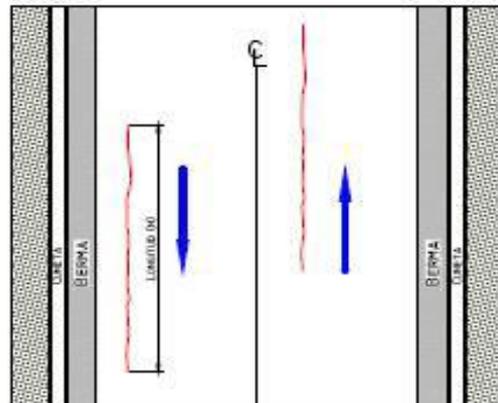
FALLA N° 9		
NOMBRE: Carril/Espaldón (Lane/Shoulder Drop Off)		
DESCRIPCIÓN: El desnivel carril/espaldón es una diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el espaldón causada por erosión asentamiento o defectos constructivos.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el espaldón es de 25 a 50 mm (1 a 2 pulgadas).	La diferencia en elevación es de 50 a 100 mm (2 a 4 pulgadas).	La diferencia en elevación es mayor de 100 mm (> 4 pulgadas).
MEDICIÓN: El desnivel carril/espaldón se mide en pies o metros lineales.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 12 Falla No. 10 Fisuramiento longitudinal y/o transversal

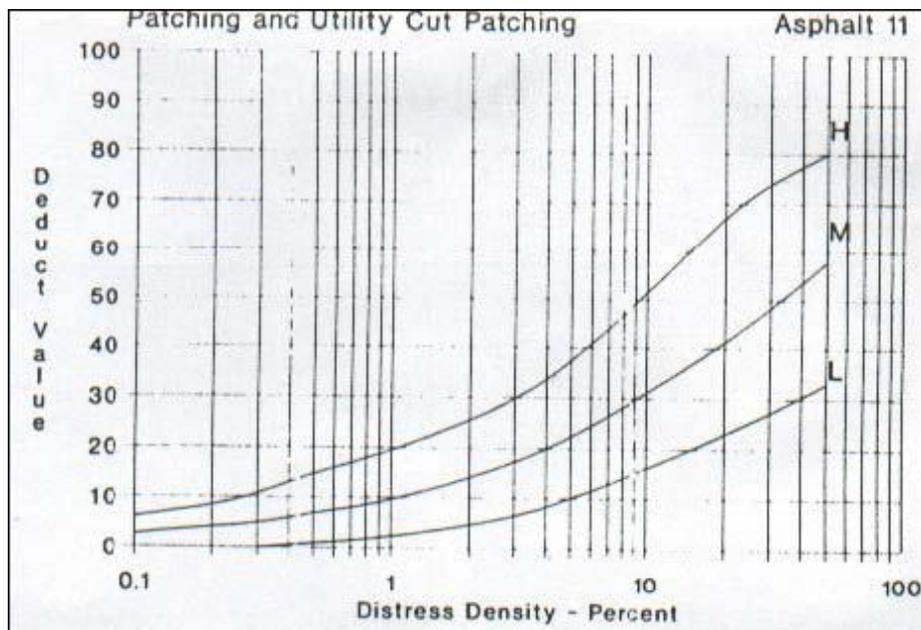
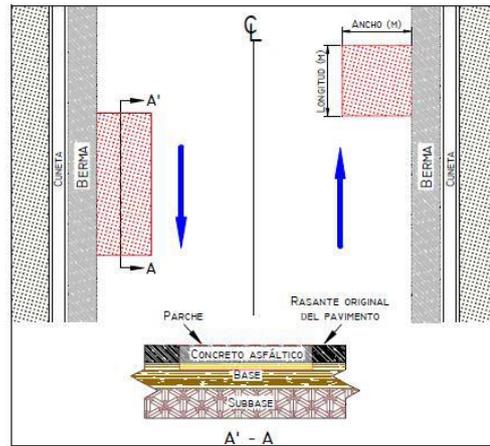
FALLA N° 10		
NOMBRE: Fisuramiento Longitudinal y/o Transversal (Longitudinal and Transversal Cracking)		
DESCRIPCIÓN: Las fisuras longitudinales son paralelas al eje de la carretera y pueden originarse en: 1. Una deficiente junta constructiva. 2. Contracción o endurecimiento del asfalto y/o ciclos térmicos. 3. Fisuramiento de reflexión de las sub-capas incluyendo pavimentos de hormigón, pero no de juntas. Las fisuras transversales se manifiestan cruzando el pavimento en ángulos aproximadamente rectos con respecto al eje. Pueden originarse en los causales 2 y 3 mencionados. Estas fisuras generalmente no están asociadas con		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Una de las siguientes condiciones existe: 1.- Fisura Abierta con un ancho < 10 mm. 2.- Fisura sellada de cualquier ancho.	Una de las siguientes condiciones existe: 1.- Fisura abierta entre 10 y 75 mm de ancho. 2.- Fisura abierta de cualquier ancho hasta 75 mm, rodeada de fisuramiento leve. 3.- Fisura sellada de cualquier ancho rodeada de fisuramiento leve.	Alta: Una de las siguientes condiciones existe: 1.- Cualquier fisura sellada o abierta rodeada de fisuramiento de mediana o alta severidad. 2.- Fisura abierta de más de 75 mm de ancho. 3.- Fisura de cualquier ancho con una severa rotura del pavimento a sus lados.
MEDICIÓN: Las fisuras longitudinales y transversales se miden en pies o metros. La longitud y severidad de cada fisura deben registrarse separadamente. Por ejemplo, una fisura de 15 metros puede tener 5 metros de una severidad y 10 metros de otra. Si existe un desnivel en la fisura debe registrarse como falla No. 4.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 13 Falla No. 11 Parche de Corte de servicio

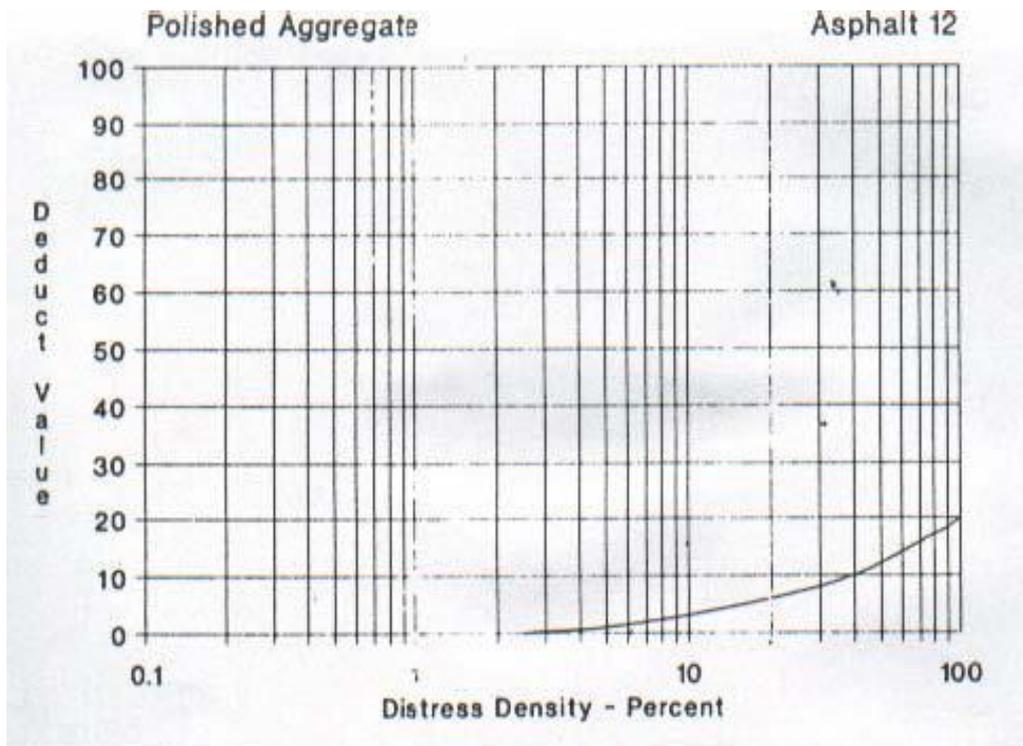
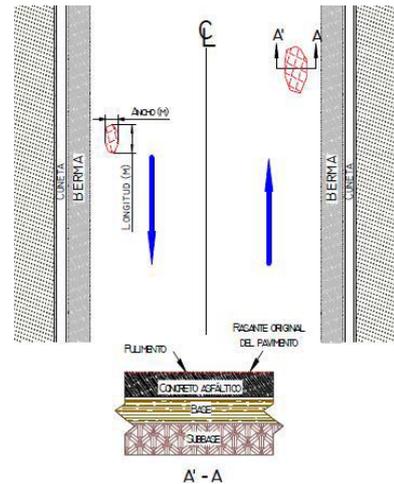
FALLA N° 11		
NOMBRE: Parche de corte de Servicio (Patching/Utility Cut)		
DESCRIPCIÓN: Un parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada por material nuevo para reparar el pavimento original. Un parche es considerado una falla independientemente de lo bien que haya sido ejecutado, ya que generalmente lleva asociada cierta rugosidad.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El parche está en buenas condiciones y la calidad de rodadura es de baja severidad o mejor.	El parche está moderadamente deteriorado y/o la calidad de rodadura es de mediana severidad.	El parche está severamente deteriorado y/o la calidad de rodadura es de alta severidad. El parche debe ser reemplazado pronto
MEDICIÓN: El parche se mide en pies ² o m ² de área afectada. Sin embargo si un parche tiene diferentes partes con diferentes severidades, cada una debe ser registrada separadamente. Por ejemplo, un parche de 5 m ² puede tener 2 m ² de severidad baja, y así debe ser anotado. Cuando se considera un parche no se considera ninguna otra falla en la zona del parche, incluso si el parche está fisurado o manifiesta desplazamientos. Si el parche aparece sobre un área muy grande (más del 50% del área de la muestra) debe considerarse una		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 14 Falla No. 12 Agregado pulido

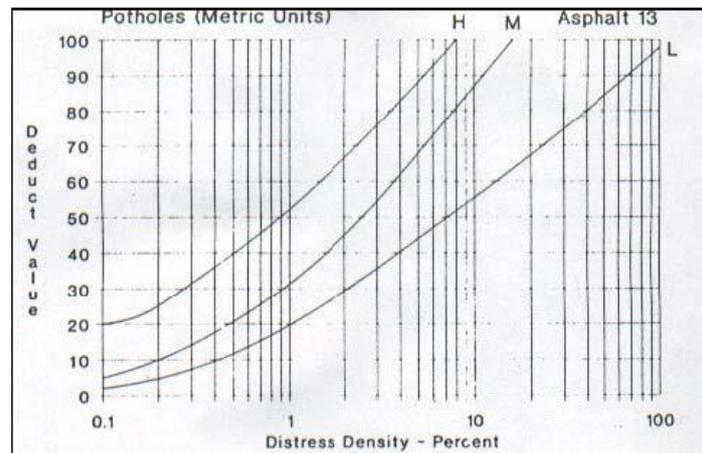
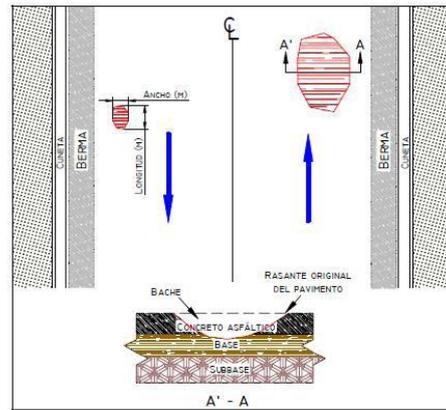
FALLA N° 12
NOMBRE: Agregado Pulido (Polished Aggregate)
DESCRIPCIÓN: Esta falla es causada por las aplicaciones repetitivas del tráfico. Cuando el agregado superficial se torna liso al tacto, se reduce considerablemente la adhesión con las llantas. Cuando el área afectada es pequeña, la textura del pavimento no contribuye mayormente a reducir la velocidad, el agregado pulido debe considerarse cuando una inspección minuciosa revela que la superficie afectada es grande y lisa, y hay evidencia que la resistencia al frenado en condiciones húmedas ha decrecido considerablemente.
NIVELES DE SEVERIDAD
No se definen niveles de severidad. Sin embargo el grado de pulido debe ser significativo para que esta falla sea considerada un defecto.
MEDICIÓN: El agregado pulido se mide en pies ² o m ² . Si se ha contado exhudación en la misma muestra, no debe contarse agregado pulido.



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 15 Falla No. 13 Baches

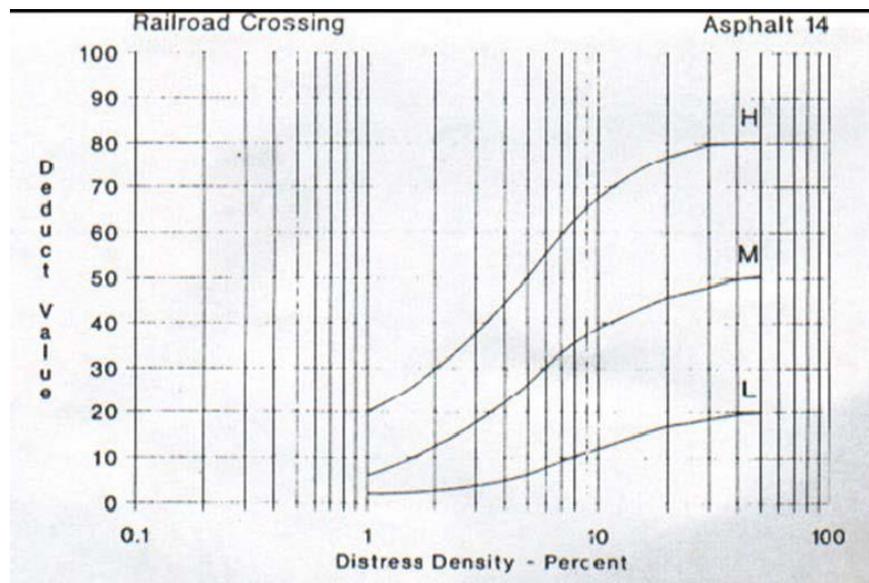
FALLA N° 13			
NOMBRE: Baches (Potholes)			
DESCRIPCIÓN:- Los baches son pequeños huecos en la superficie de hasta 1 metro de diámetro. Generalmente tienen bordes agudos y lados verticales cerca de su parte superior. Su crecimiento es acelerado cuando se acumula agua en su interior. Los baches se producen por el efecto abrasivo del tráfico sobre la superficie. El pavimento se desintegra por la presencia de mezclas pobres, zonas de bajo soporte de la base o subbase, o porque el pavimento ha alcanzado una condición de fisuramiento "Piel de Cocodrilo" de alta severidad. Los baches son fallas estructurales que no deben confundirse con desmoronamientos o intemperismo (Falla 19).			
NIVELES DE SEVERIDAD			
Los niveles de severidad de los baches de menos de 1 metro de diámetro se basan en su diámetro como en su profundidad de acuerdo a la siguiente Tabla.			
	PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL BACHE	DIÁMETRO PROMEDIO DEL BACHE	
		10 a 20 cm	>20 y <= 45 cm
		>45 y <= 76 cm	
1.25 a 2.5 cm	B	B	M
2.5 a 5.0 cm	B	M	M
>5.0 cm	M	M	A
MEDICIÓN: Los baches se miden por unidad de la correspondiente severidad.			



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 16 Falla No. 14 Cruce de Ferrocarril

FALLA N° 14		
NOMBRE: Cruce de Ferrocarril		
DESCRIPCIÓN: Son los desniveles que se encuentran alrededor y entre las vías asociados con los cruces de ferrocarril.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El cruce causa una calidad de rodadura de severidad baja.	El cruce causa una calidad de rodadura de severidad mediana.	El cruce causa una calidad de rodadura de severidad alta.
MEDICIÓN: El área del cruce se mide en pies ² o m ² . Si el cruce no afecta la calidad de rodadura no debe contarse. Cualquier otro desnivel causado por las vías debe considerarse como parte del cruce del ferrocarril.		

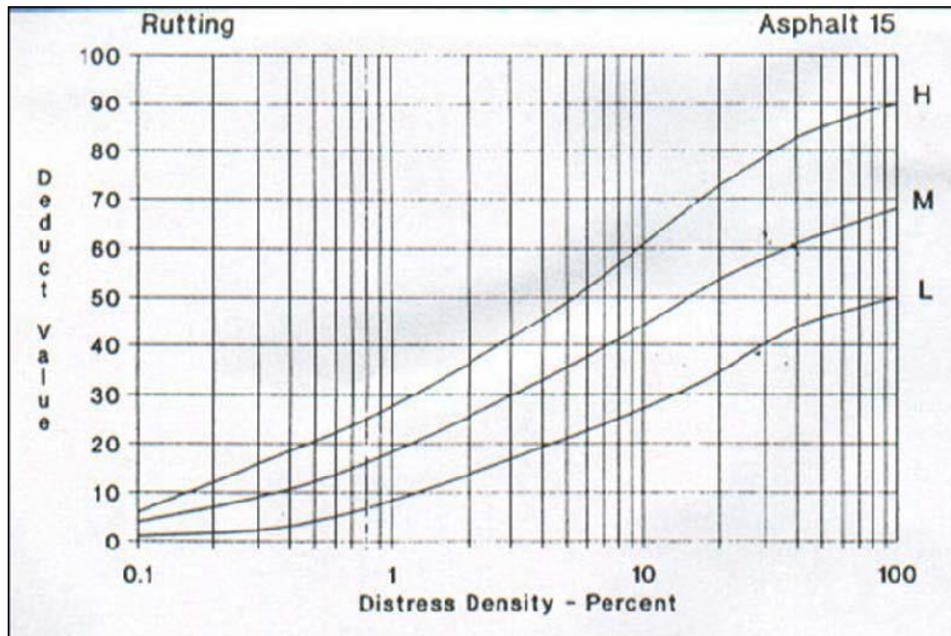
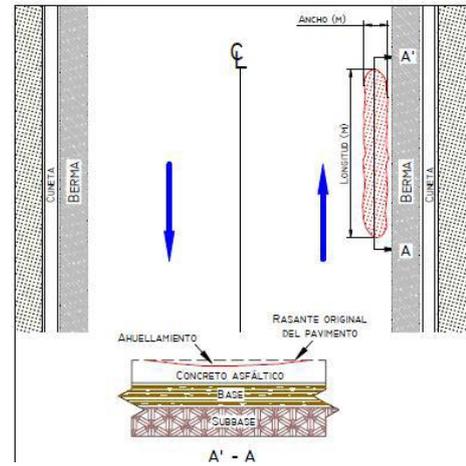


Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 17 Falla No. 15 Surco en huella

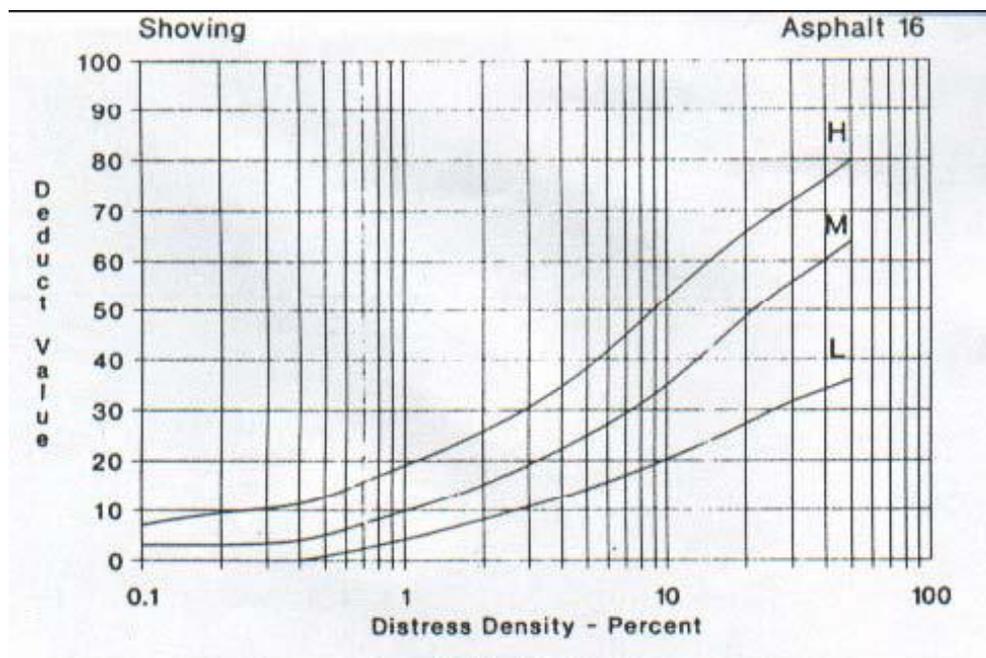
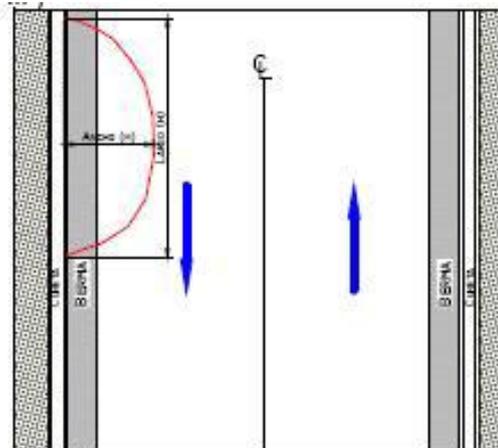
FALLA N° 15		
NOMBRE: Surco en Huella (Rutting)		
DESCRIPCIÓN: El surco de huella es una depresión que se localiza en la huella del tráfico. En ciertos casos puede notarse una elevación del pavimento a lo largo de la depresión y en muchos casos, el surco sólo es notorio después de una lluvia por la acumulación de agua. El surco se origina en el asentamiento de las capas del pavimento y la subrasante, ya sea por consolidación, deformación plástica o falla de corte. Esta falla es definitivamente causada por el tráfico vehicular, y en gran escala, puede resultar en una falla estructural mayor del pavimento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
De 6 a 13 mm (1/4 a 1/2").	De 13 a 25 mm (1/2" a 1").	Mayor de 25 mm (más de 1").
MEDICIÓN: El surco de huella se mide en pies ² o m ² de área afectada con la severidad establecida de acuerdo a la profundidad promedio.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 18 Falla No. 16 Desplazamientos

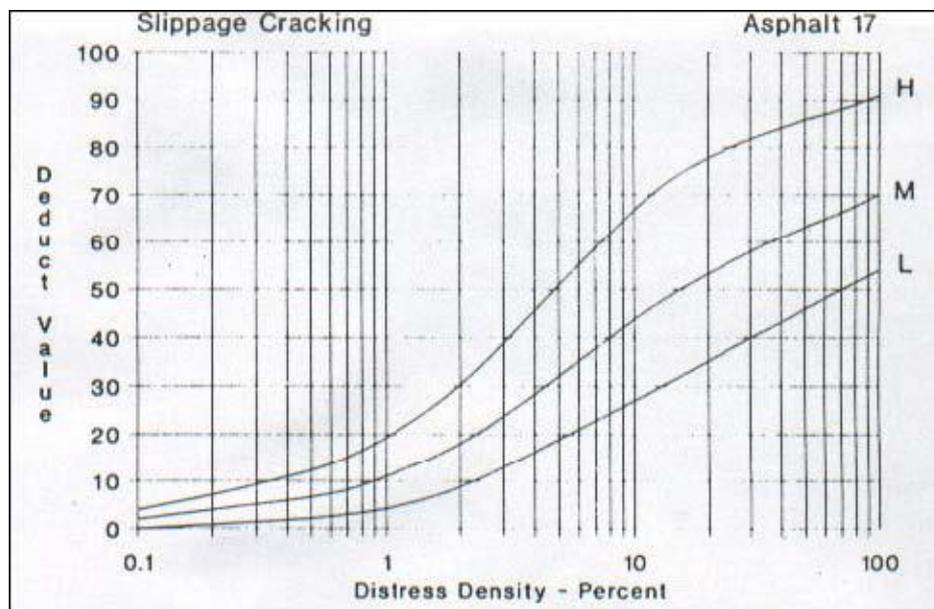
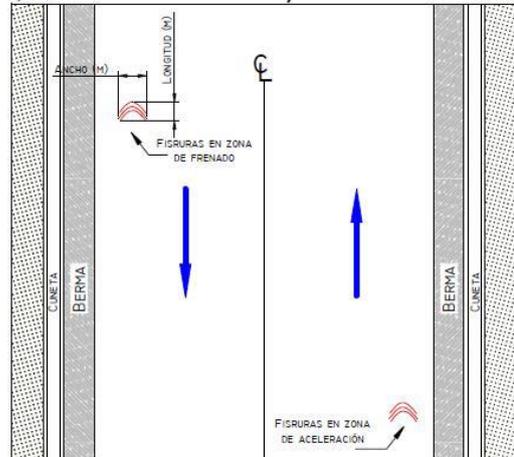
FALLA N° 16		
NOMBRE: Desplazamientos (Shoving)		
DESCRIPCIÓN: El desplazamiento es una deformación permanente, longitudinal, de un área localizada de la superficie del pavimento causada por las cargas del tráfico, que “empujan” el material de superficie produciendo una ondulación corta y abrupta. Esta falla ocurre normalmente sólo en mezclas inestables de asfaltos líquidos (con diluidores como nafta, bencina o con emulsiones asfálticas). Estos desplazamientos también ocurren en transiciones entre pavimentos asfálticos y pavimentos rígidos, cuando el pavimento rígido se dilata y “empuja” el pavimento asfáltico produciéndose desplazamiento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Desplazamiento que causa una calidad de rodadura de baja severidad.	Desplazamiento que causa una calidad de rodadura de mediana severidad.	Desplazamiento que causa una calidad de rodadura de alta severidad.
MEDICIÓN: Los desplazamientos se miden en pies ² o m ² de área afectada. Los desplazamientos en zonas parchadas se consideran al establecer la falla “parche” con su apropiada severidad y no como falla aparte.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 19 Falla No. 17 Fisuramiento de resbalamiento

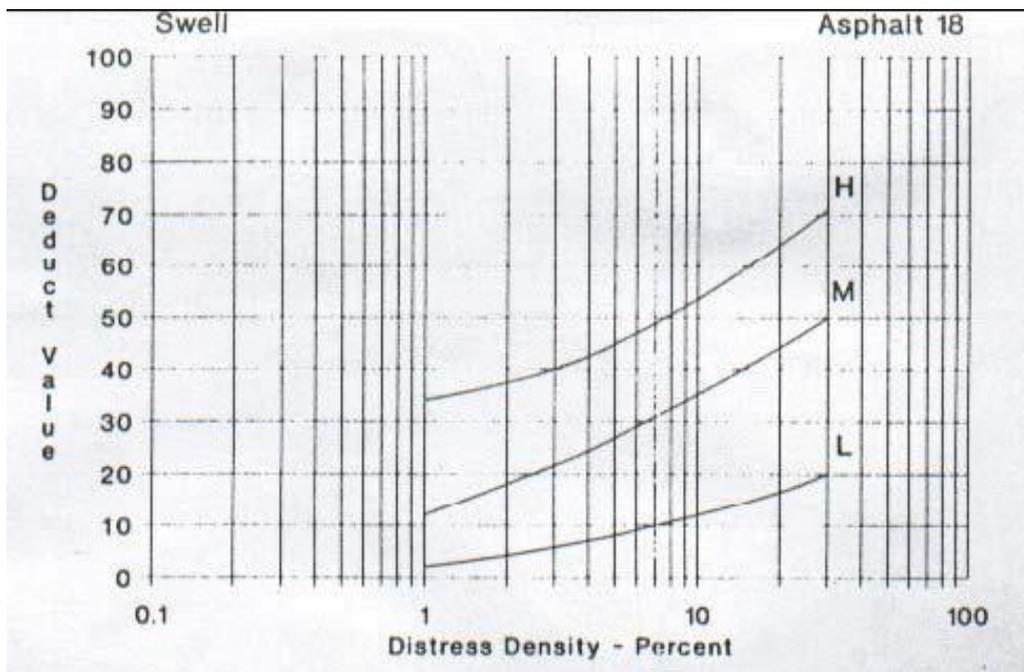
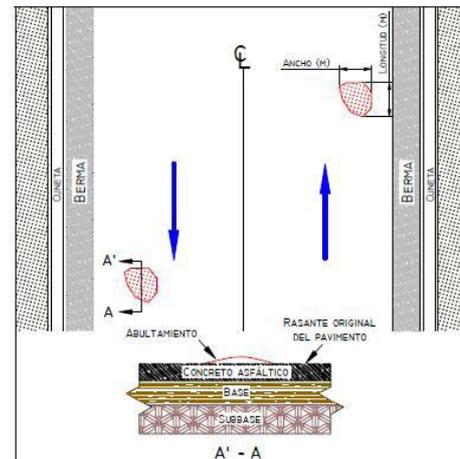
FALLA N° 17		
NOMBRE: Fisuramiento de Resbalamiento (Slippage Cracking)		
DESCRIPCIÓN: Las fisuras de resbalamiento son en forma de media-luna que tienen dos extremos apuntando en sentido contrario al tráfico. Se producen cuando el frenado o cambio de dirección de las llantas causan una deformación en la superficie. Esta falla ocurre usualmente cuando hay una mezcla de baja resistencia o una mala adherencia entre la capa de superficie y sus sub-capas.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El ancho promedio de la fisura es menor de 1 cm (< 3/8").	Existe una de las siguientes condiciones: 1. El ancho promedio de la fisura está entre 1.0 y 3.8 cm (3/8" y 1 1/2"). 2. El área alrededor de la fisura evidencia piezas rotas pero firmes.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. El ancho promedio de la fisura es mayor de 3.8 cm (> 1 1/2"). 2. El área alrededor de la fisura evidencia piezas rotas fácilmente removibles.
MEDICIÓN: El área asociada con la fisura de resbalamiento se mide en pies ² o m ² y es anotada con el máximo nivel de severidad en el área afectada.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 20 Falla No. 18 Hinchamiento

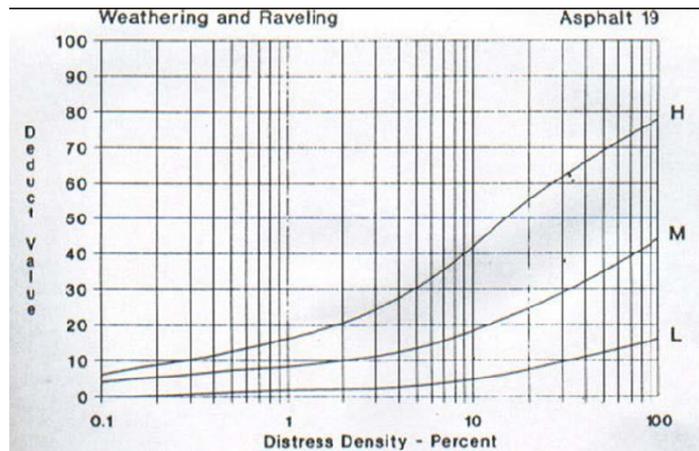
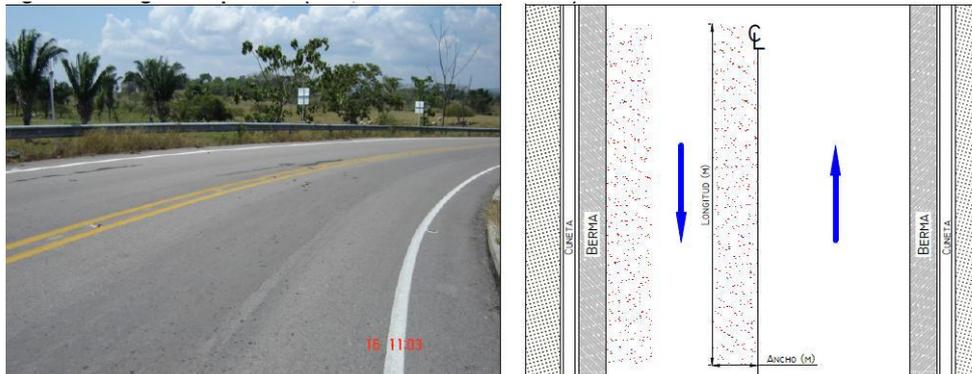
FALLA Nº 18		
NOMBRE: Hinchamiento (Swell)		
DESCRIPCIÓN: El hinchamiento se caracteriza por un combeo hacia arriba en la superficie del pavimento, una ondulación larga y gradual de más de 3 m de longitud. El hinchamiento puede estar acompañado de fisuramiento superficial y es usualmente causado por la acción de un suelo expansivo.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El hinchamiento causa una calidad de rodadura de baja severidad. Los hinchamientos de este nivel de severidad no son fáciles de detectar, pero pueden “sentirse” viajando a velocidad normal, al producirse una aceleración hacia arriba si hay un hinchamiento.	El hinchamiento causa una calidad de rodadura de mediana severidad.	El hinchamiento causa una calidad de rodadura de alta severidad.
MEDICIÓN: El Hinchamiento se mide en pies ² o m ² de área afectada.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 21 Falla No. 19 Desmoronamiento

FALLA N° 19		
NOMBRE: Desmoronamiento / Intemperismo (Weathering / Ravelling)		
DESCRIPCIÓN: El desmoronamiento e intemperismo representan el desgaste de la superficie por pérdida de ligante asfáltico y la disgregación de las partículas pétreas. Estas fallas indican que, o el asfalto se ha endurecido considerablemente o que la mezcla asfáltica es de baja calidad. El ablandamiento de la superficie y la disgregación de los agregados causados por el derramamiento de aceites y petróleos se incluyen también en esta falla.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El agregado o el ligante asfáltico han comenzado a desgastarse. En algunas áreas, la superficie está comenzando a picarse. La superficie está manchada de aceite aunque aún está dura e impenetrable con una moneda.	El agregado y/o el ligante asfáltico se han desgastado. La textura del pavimento está moderadamente rugosa o picada. En el caso de manchas de aceite, el pavimento está blando y puede penetrarse con una moneda.	El agregado y/o el ligante asfáltico están considerablemente desgastados. La superficie está muy rugosa y picada. Las áreas picadas son menores de 10 cm en diámetro y 13 mm en profundidad. Áreas picadas de dimensiones mayores que éstas se consideran baches (Falla 13). En el caso de manchas de aceite/petróleo, el ligante asfáltico ha perdido sus cualidades y el agregado está prácticamente suelto.
MEDICIÓN: El desmoronamiento / intemperismo se mide en pies ² o m ² de área afectada.		



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Capítulo 4

Evaluación del Pavimento Flexible

4.1 Serviciabilidad de Pavimentos

Para poder emitir un correcto criterio acerca de la condición actual de un pavimento se debe realizar una evaluación adecuada. GARBER y LESTER (2005) afirman que para poder evaluar correctamente un pavimento se deben estudiar 4 características:

- Serviciabilidad, facilidad para el rodamiento
- Daños al pavimento, estado de la superficie
- Falla estructural, deflexión del pavimento
- Resistencia al deslizamiento

Una vez obtenidas dichas características se puede emitir una evaluación más precisa, lo que conllevará a una selección de rehabilitación adecuada.

Se afirma que hay dificultad para medir la calidad del pavimento de una vía porque su evaluación depende de dos condiciones, la estructural y la funcional. DE SOLMINIHAC (2001)

La AASHO en busca de brindar un mejor servicio a las vías en los Estados Unidos, trataron de llegar a una medición de esta serviciabilidad. Los investigadores Carey e Irick (1960), propusieron un procedimiento y suposiciones para medir la serviciabilidad de un pavimento en su estudio para la AASHO en 1959, entre las cuales tenemos:

- El confort es un aspecto subjetivo de cada usuario

- El promedio de la evaluación de los usuarios puede dar un valor de serviciabilidad, de aquí se origina el Present Serviciability Rating (PSR)
- Las características físicas del pavimento pueden medirse objetivamente y se las relaciona con evaluaciones objetivas. Esto da lugar al Present Serviciability Index (PSI)
- El comportamiento del pavimento puede ser representado por la historia de la serviciabilidad de dicho pavimento.

4.1.1 Clasificación de Serviciabilidad de Presente (PSR)

El PSR se originó por la búsqueda de un valor para medir la serviciabilidad, que es la percepción que tienen los usuarios del servicio que brinda un pavimento. La metodología que utiliza, es la selección aleatoria de usuarios que conforman un panel evaluador, cada usuario al transitar por la vía expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad de la capa de rodado.

En esta encuesta el usuario califica del 0 al 5 al pavimento, teniendo como parámetro 5 muy bueno y 0 muy malo. Además califica la aceptabilidad del pavimento, en la tabla 22, tomado del libro de de Solminihac, se aprecia el formulario de calificación AASHO y en la tabla 23 la escala de calificación de serviciabilidad según AASHO.

Tabla 22 Formulario calificación AASHO

5	MUY BUENO	EVALUACION: _____
4	BUENO	CARRETERA: _____
3	REGULAR	SECCION No.: _____
2	MALO	FECHA: _____
1	MUY MALO	<p>¿ Es el Pavimento de Calidad Aceptable?</p> <p>SI _____ <input type="checkbox"/></p> <p>NO _____ <input type="checkbox"/></p> <p>INDECISO _____ <input type="checkbox"/></p>
0		
OBSERVACIONES: _____		

Por: De Solminihac Gestión de Infraestructura Vial”
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tabla 23 Escala de calificación de serviciabilidad ASSHO

Calificación		Descripción
Númerica	Verbal	
5	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos o casi nuevos son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificarían como muy buenos.
4	Buena	Los pavimentos de esta categoría no son tan suaves como los "Muy Buenos" pero entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco signo de deterioro superficial. En pavimentos flexibles pueden comenzar a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria.
3	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades. Los defectos superficiales pueden incluir parches ahuellamiento y agrietamiento.
2	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito. Pueden tener grandes baches y grietas profundas. Incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie.
1	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas.

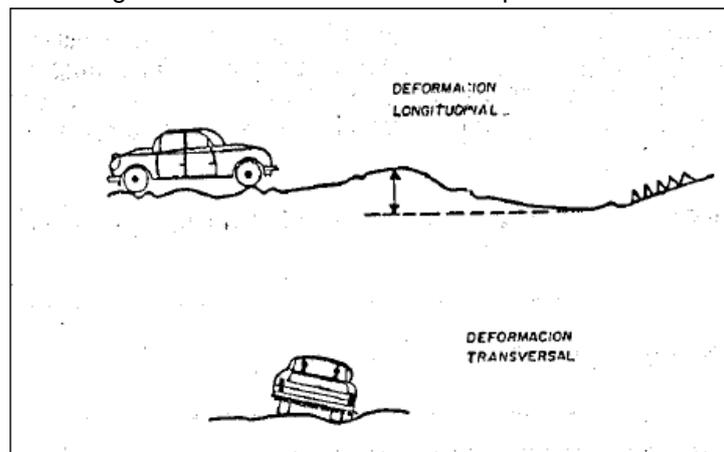
Por: De Solminihac "Gestión de Infraestructura Vial"
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Cada evaluación personal se la denomina IPSR (Individual Present Serviciability Rating), y al promedio de las IPSR se las llama PSR (Present Serviciability Rating). De esta manera se obtuvo una calificación para el servicio brindado por un pavimento.

4.1.2 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) fue creado en 1957 por la AASHO Road Test para poder evaluar las vías y como estaba el deterioro de cada una de ellas.

Figura 5 Índice de serviciabilidad presente PSI



Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

La AASHO al darse cuenta de los valores del PSR y al revisar los pavimentos de las vías, determinó que lo que afectaba la calificación del IPSR eran las deformaciones del perfil longitudinal, las irregularidades producidas por los parches y baches, las fisuras y el ahuellamiento en el pavimento.

En busca de un valor más exacto de la serviciabilidad, la AASHO Road Test desarrolló un perfilómetro llamado CHLOE para poder medir las variaciones del perfil longitudinal que estaban dadas por la irregularidad superficial del pavimento. Este perfilómetro figura 6, es remolcado por un vehículo a una velocidad de 8 km/h y mide la irregularidad del pavimento mediante el cambio del ángulo entre dos líneas de referencia.

Figura 6 Perfilómetro CHLOE



Bariani y otros autores
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

La AASHO presentó una ecuación, que se llevó a cabo mediante un análisis de regresión estadístico, la cual relaciona el PSR de las encuestas realizadas con los deterioros medidos. De esta ecuación se obtiene el PSI y está dado por:

Ecuación 1 PSI (Perfilómetro CHLOE)

$$PSI = 5.03 - 1.91 * \text{Log} (1 + SV) - 1.38 * RD^2 - 0.01 * \sqrt{C + P}$$

Donde el valor de SV es la varianza de la pendiente longitudinal dada por la medición del perfilómetro CHLOE, y es el parámetro que representa la rugosidad de la sección del pavimento. Además este SV es el valor que más incide en el valor

de PSI. El ahuellamiento está dado por RD, así como la superficie agrietada y bacheada está dada por C y P respectivamente.

De esta manera se cambia de la calificación de serviciabilidad dada en un principio por los usuarios, al deterioro físico de un pavimento. Esto se logra gracias a la relación cuantitativa entre la calificación subjetiva de los usuarios y los parámetros que miden el deterioro físico del pavimento.

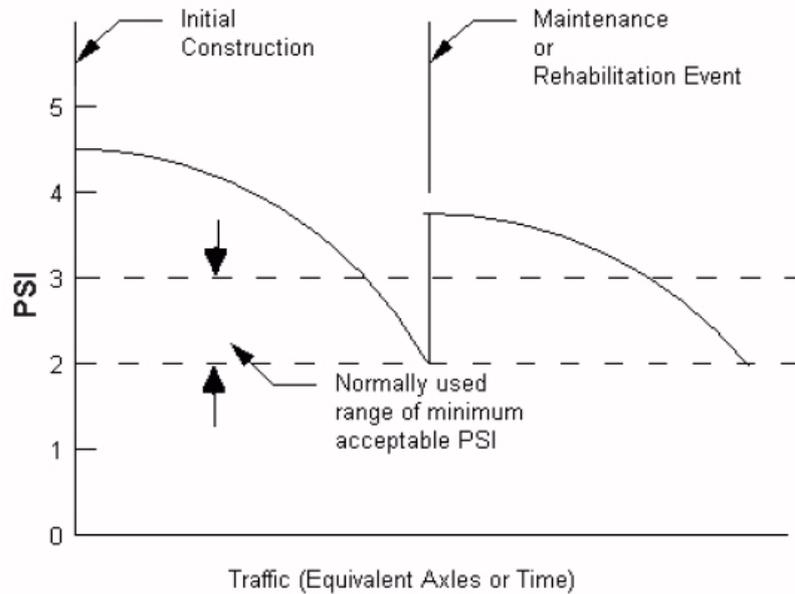
En la figura 7 se puede apreciar la curva de la degradación de la serviciabilidad del pavimento en función del tiempo, la cual es una curva parabólica, donde se presentan valores entre 4 y 5 de la calificación PSI una vez terminada su construcción. Además se establece como pavimento aceptable con valores entre 2 y 3 de la calificación PSI.

Una vez que el pavimento de una vía tiene calificación entre 2 y 3 PSI, es necesario que se realice un mantenimiento, previo a un estudio, para mejorar su PSI y que la vida útil del pavimento se alargue.

En la figura 8 observamos el ciclo de vida de un pavimento, en la cual cuando un pavimento se encuentra entre condición regular y mala, entre 2 y 3 de PSI, la pendiente de la curva cae notablemente, ocasionando que el pavimento se degrade más rápido.

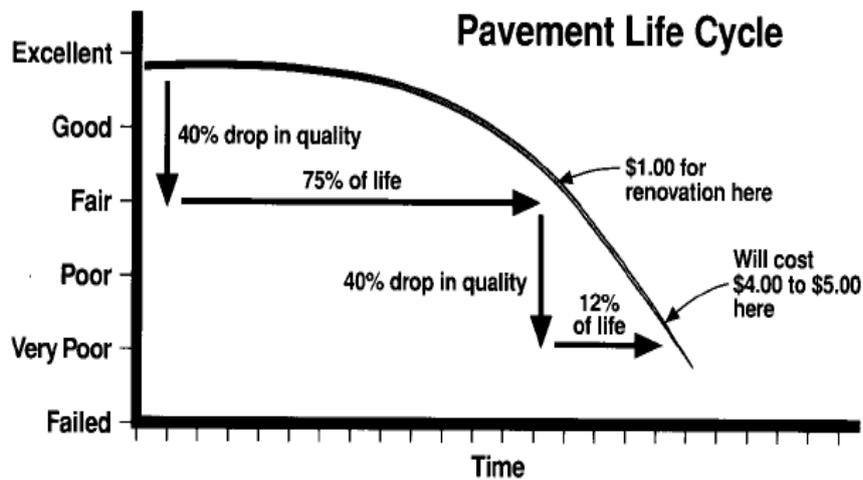
Los pavimentos construidos en condiciones adecuadas, la calidad baja en un 40% cuando ha transcurrido el 75% de la vida de servicio del mismo, por esta razón es adecuado realizar el mantenimiento adecuado en este período.

Figura 7 Curva de comportamiento de un pavimento



Tomado de: <http://www.pavementinteractive.org/article/present-serviceability-index/>
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Figura 8 Ciclo de vida de un pavimento



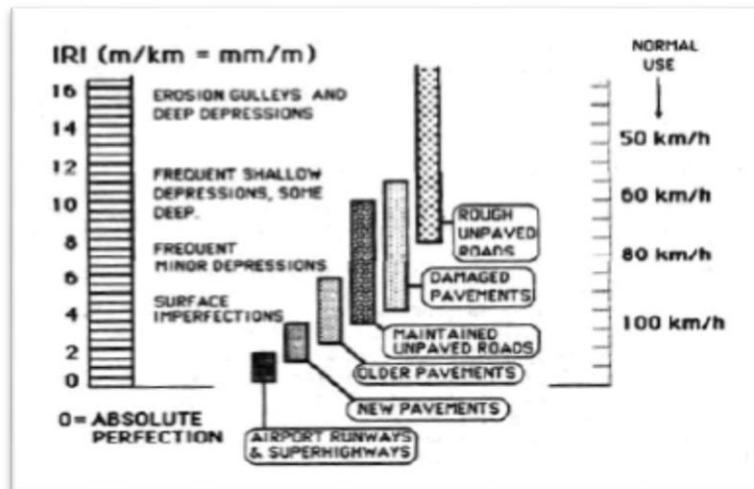
Tomado de: https://engineering.purdue.edu/~ce361/LECTURE/Lrigid_pms.html
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

4.1.3 Índice de Regularidad Internacional (IRI)

El Índice de Regularidad Internacional es un indicador de la regularidad superficial de un pavimento, y se lo define como la sumatoria de los desvíos acumulados de la superficie en relación al plano deseable.

El Índice de Regularidad Internacional fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 debido al interés de los técnicos de diferentes países del mundo en busca de un índice único que represente las percepciones de los usuarios al transitar sobre una vía, y tiene sus orígenes en el programa NCHRP.

Figura 9 Escala de clasificación del IRI



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Este índice se lo denomina también como parámetro de la rugosidad, sin embargo; si buscamos la traducción de la palabra “roughness” sería aspereza, y la aspereza de una vía está dada por la regularidad de dicha vía, no por la rugosidad.

El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, por lo tanto un IRI inicial mayor o igual a 0, es decir que mientras mejor sea la regularidad de un pavimento, tendrá un valor inferior de IRI.

4.1.3.1 Métodos de medición de IRI

Se divide en 2 grupos la medición del IRI mediante métodos perfilométricos. Las cuales se obtienen a partir del perfil longitudinal del camino. Los equipos de

medición deben de seguir la huella que dejan las ruedas de los vehículos en un determinado carril.

Equipos de medición estáticos

- La mira y nivel es el método más conocido para medir perfiles, estos equipos topográficos son de gran exactitud y es de bajo costo; sin embargo, requiere de muchas horas y es recomendado para distancias muy cortas.
- Perfilómetro de barra del TRRL realiza las mediciones en intervalos de 100mm sobre dos huellas de rodadura de 320 m de longitud y fue creado para ser utilizado en los países desarrollados ya que es portátil, sólido y totalmente integrado.

Figura 10 Perfilómetro



Fuente: Laboratorio de Materiales, EPMOP, 2016
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

- Face Dipstick es un acelerómetro sobre una estructura la cual permite el movimiento del equipo a lo largo de la huella de los vehículos. Posee un microcomputador que permite calcular resúmenes estadísticos de rugosidad.

- Merlin consiste en una estructura metálica con una rueda y unos apoyos, uno de ellos mide las desviaciones del perfil al momento de que rueda complete una vuelta, y la registra en un tablero integrado.

Equipos de medición dinámicos

- Perfilógrafos consisten en un conjunto de patines con una rueda al centro que posee movimiento vertical, el cual se registra en una plantilla. A pesar de tener un bajo costo y operación simple, es de baja velocidad de operación.
- Perfilómetro inercial APL tiene la ventaja de realizar evaluaciones continuas a gran velocidad debido al remolque especial con una rueda, un chasis con lastre y un péndulo inercial.
- Perfilómetros inerciales consiste en un vehículo con instrumentos que mide los perfiles al transitar por la huella ocasionada por los vehículos. Es de gran velocidad de medición.

4.1.3.2 Modelo del cuarto de carro

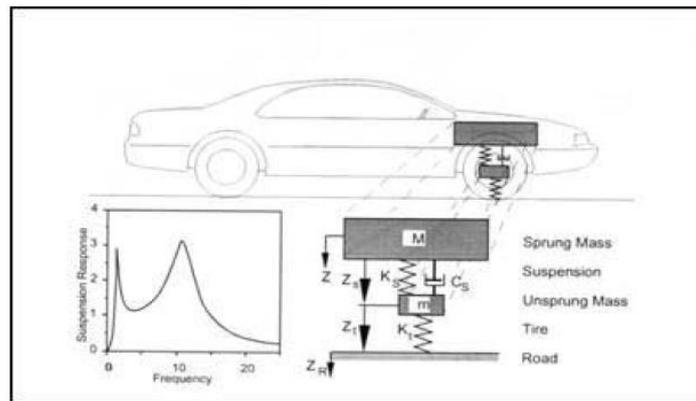
El modelo de Cuarto de Carro fue creado para establecer una correlación con los sistemas de medición del tipo respuesta y así poder filtrar el perfil longitudinal para calcular el IRI.

Este modelo se encuentra en el algoritmo para el cálculo del IRI y simula la suspensión acumulada por un vehículo al transitar por una determinada longitud del perfil de carretera a 80 km/h.

En la figura 11 se puede apreciar dicho modelo, además al avanzar por una vía a una velocidad constante por una superficie irregular, este movimiento produce desplazamientos y queda regido por la primera ley de Newton.

El movimiento vertical acumulado de la masa superior es lo que se conoce como IRI y esto se debe a la combinación de las constantes de rigidez con el movimiento vertical de las masas.

Figura 11 Modelo del cuarto de carro



Tomado de: <http://www.mountainplains.org/pubs/html/mpc-02-130/pg2.php>
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

4.1.4 Relación entre PSI e IRI

Una vez obtenido el índice de regularidad internacional, los investigadores en busca de obtener un valor de serviciabilidad (PSI) actual, decidieron correlacionar al IRI con el PSI. El modelo empleado por el HDM III, creado en 1987 por Paterson, se dedujo en sitios como Brasil, Texas, Sudafrica y Pennsylvania y se obtuvo la siguiente ecuación para correlacionar los valores de IRI y PSI:

Ecuación 2 Relación entre PSI e IRI

$$PSI = 5 * e^{\left(-\frac{IRI}{5.5}\right)}$$

El modelo desarrollado por Al Omari y Darter en 1994 fue tomado de resultados en estados de Estados Unidos como Louisiana, Michigan, New Jersey, New México, Ohio e Indiana. Los investigadores propusieron la siguiente ecuación:

Ecuación 3 Relación entre PSI e IRI

$$PSI = 5 * e^{(-0.26IRI)}$$

Como la rugosidad es el factor que más afecta la serviciabilidad en las ecuaciones originales de la AASHO Road Test, los investigadores Dujisin y Arroyo propusieron la siguiente ecuación:

Ecuación 4 Relación entre PSI e IRI

$$PSI = 5,85 - 1,68 * IRI^{(0,5)}$$

Estudios realizados demuestran que al utilizar estas ecuaciones para correlacionar el IRI con el PSI, para los valores de serviciabilidad inicial de 4,2 de diseño por el método AASHTO 93 se obtiene IRI entre 0,7 y 1,4; es decir, que para una correcta elección del factor pi de 4,2 el pavimento al momento de ser entregado debe tener un IRI entre 0,7 y 1,4. En el Ecuador lo anterior mencionado no ocurre ya que las vías son entregadas con valores de IRI de 2 o mayor, lo que pone en duda la elección del factor de 4,2.

La serviciabilidad final que aconseja el método AASHTO para pavimentos flexibles es de 2,5, y al utilizar estas correlaciones se obtiene valores de IRI entre 3,4 y 2,6. Estos valores de IRI son considerados como aceptables, por tal motivo los diseños pueden estar sub o sobre dimensionados.

4.2 Evaluación Funcional (Daños al pavimento)

La capa de rodadura por efectos del tránsito y del clima sufre alteraciones, lo que origina a fallas, en pavimentos flexibles existen 19 tipos de fallas que se pueden presentar, las cuales se encuentran mencionadas anteriormente y debe ser muy importante el poder identificarlas para analizar su severidad y su posible corrección.

Estas fallas generan congestión e inseguridad en el viaje y los usuarios, por esta razón deben de ser motivo de estudio, es decir, conocer sus causas y consecuencias, así como también método de medición.

Se afirma que los deterioros en los pavimentos afectan a la seguridad, confort del usuario, además elevan los costos de operación de los vehículos.

Existen varios métodos para la medición del deterioro superficial de pavimentos, ya sea métodos visuales o métodos empleando equipos, pueden variar dependiendo del país o región en que se aplique.

4.2.1 Métodos empleando equipos de medición de deterioro superficial

Existen varios equipos para medición del deterioro superficial entre ellos tenemos el PASCO ROADRECON, el cual produce una grabación del pavimento y toma medida de la rugosidad. Su alcance es de 5 m de ancho con velocidad máxima de 80 km/h.

El sistema GERPHO archiva las imágenes del pavimento en una película de 35 mm. Es muy usado en países Europeos y al igual que el PASCO se puede captar imágenes por la noche.

El Tester Laser (RST) usa tecnología Láser para medir las profundidades de las grietas y profundidad de rodadura de neumático. Posee la ventaja de medir el perfil longitudinal, macrotextura y distancia recorrida.

4.2.2 Métodos visuales de medición de deterioro superficial

El método SHRP (Strategic Highway Research Program), del tipo visual, consta de dos partes, el primero es el llenado del croquis de la sección a estudiar, el cual nos da una percepción clara de lo que está sucediendo en ese tramo. La segunda parte es la ficha de resumen en la cual se presentan los datos recogidos de manera simplificada.

A pesar de todos estos métodos nombrados, existe el método propuesto por Shahin, SHAHIN (2005), el cual fue realizado en 1975 para el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos

Shahin creó el programa PAVER, dicho programa se basa en el PCI (Pavement Condition Index) que se encuentra en una escala del 0 al 100 en el cual mientras mayor sea el índice, el pavimento se encuentra en mejor estado.

Pasar los datos hechos en campo y calcular el PCI de manera manual es muy tedioso para grandes números de unidades, ya que demanda mucho tiempo. El PAVER simplifica esto ya que al momento de ingresar la información, el programa automáticamente calcula el PCI de cada unidad.

SHAHIN (2005) Shahin aclara que este programa puede determinar el porcentaje del valor de PCI deducible de las mediciones hechas en campo. Además se deduce en forma de curva los valores de las mediciones.

La fase más importante del PAVER es la que incluye la recopilación de datos y su actualización, de ésta fase dependerá la exactitud de los resultados a ser obtenidos de su procesamiento y las estrategias de mantenimiento y rehabilitación a adoptar a corto y largo plazo.

El sistema PAVER se resume en lo siguiente:

- Para una determinada red vial, se identifican los tramos y secciones que serán de estudio
- Cada pavimento tiene un número de fallas posibles
- Cada falla tiene su grado de severidad y magnitud.

El PCI está basado en las observaciones de las fallas del pavimento, su severidad y la cantidad de ellas deben estar definidas. Este índice es utilizado para evaluar pavimentos de cualquier tipo, ya sea aeropuertos, parqueaderos, vías.

Actualmente el PCI es el método o índice más utilizado, aunque demande tiempo y personal calificado que son los que medirán las fallas en la vía.

4.3 Evaluación Estructural (Fallas estructurales)

La evaluación estructural del pavimento existente tiene como objetivo el análisis y estimación del valor estructural remanente, adicionalmente esta evaluación debe proporcionar la información necesaria para la investigación de las causas que originaron la falla del pavimento a rehabilitar, es decir, debe aportar los elementos de juicio necesarios para el diagnóstico de las fallas observadas con la finalidad de definir las acciones de mantenimiento y/o rehabilitación.

La evaluación estructural de un pavimento existente enfoca los siguientes trabajos:

- Evaluación superficial de la condición del pavimento.
- Evaluación del sistema de drenaje.
- Determinación de espesores y tipos de materiales constituyentes de la estructura de pavimento.
- Medición de deflexiones superficiales del pavimento.

Evaluación superficial, debe considerar las fallas presentes en el pavimento de tal manera de valorarlas, tanto en magnitud como en severidad, para así tener un indicativo referencial de su condición. Para ello se dispone de la Evaluación Funcional del Pavimento mediante la determinación del Índice de condición del Pavimento (PCI). Esta información se debe complementar, en especial con la medición de deflexiones, con la finalidad de establecer posibles correlaciones entre la condición superficial del pavimento y su deflexión superficial.

Evaluación del sistema de drenaje, comprende un trabajo fundamental, en vista que la capacidad o aptitud de la estructura de pavimento para eliminar rápida y eficientemente las aguas superficiales es imprescindible para mantener su integridad, lo cual sólo puede lograrse con un adecuado sistema de drenaje.

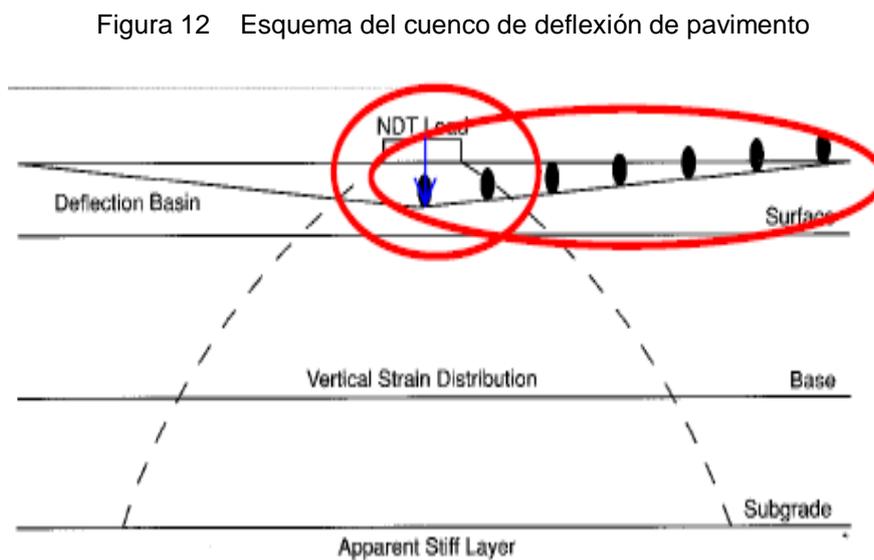
El estudio de suelos y capas del pavimento existente, permitirá poseer información objetiva sobre la condición, espesor y tipos de materiales que conforman la estructura del pavimento, de tal manera de reconstruir su historia y modelar el comportamiento desde su apertura al tráfico. Este aspecto es vital en todo análisis estructural de pavimento con la finalidad de valorar su estructura e incorporarla dentro la rehabilitación del mismo.

La medición de deflexiones superficiales del pavimento, obtendremos diferentes parámetros que permitan correlacionar la condición superficial del pavimento con alguna respuesta de la estructura ante la aplicación de una carga. Para ello existen distintos equipos de medición, tales como:

- Viga Benkelman, la cual es un equipo de medición cuasi-estática; y,
- Equipo de medición dinámica como el Falling Weight Deflectometer (FWD).

4.3.1 Deflexiones en pavimentos

La deflexión en los pavimentos es la deformación vertical bajo el punto de aplicación de la carga. En definitiva la deflexión es la integración matemática de las deformaciones verticales con la profundidad.



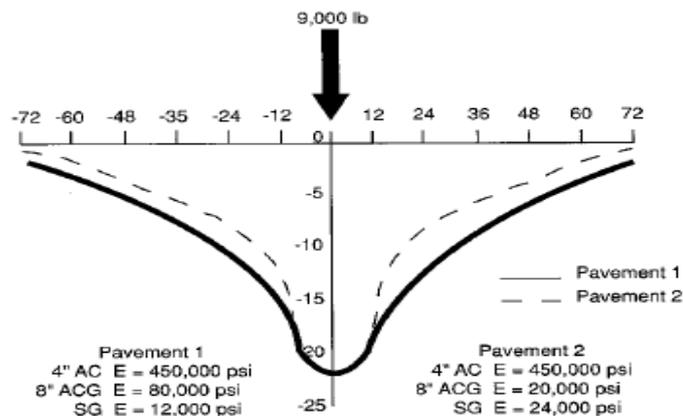
Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Dependiendo de la estructura de pavimento considerada, la sub-rasante contribuye entre un 70 a 95% de la deflexión medida en la superficie del pavimento. Por esta razón se puede afirmar que la mayor deflexión en los pavimentos es causada por la compresión elástica de la subrasante.

Este es un aspecto determinante en el desarrollo de distintas metodologías para caracterizar las propiedades elásticas de los suelos de la fundación del pavimento en base a la medición de deflexiones. Entre las principales propiedades elásticas de la subrasante se encuentra el Módulo Resiliente, el cual corresponde al principal parámetro a determinar por diferentes modelos de cálculo.

Por otra parte se debe considerar que la magnitud de la deformación en un material considerado en cualquier punto de la estructura de pavimento está directamente relacionada con el estado triaxial de esfuerzos, por lo que para las mismas condiciones cuando decrecen los esfuerzos verticales en la sub-rasante, la deflexión también decrece. Esto significa que al incrementar los espesores de las capas o incrementar su rigidez, la deflexión decrece.

Figura 13 Esquema del cuenco de deflexión de pavimento



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Considerando los aspectos discutidos, la medición de deflexiones superficiales del pavimento corresponde a uno de los principales parámetros a determinar en cualquier evaluación estructural de un pavimento.

4.3.2 Medición de deflexiones con la Viga Benkelman

La Viga Benkelman es probablemente el más popular y económico equipo de medición de deflexiones superficiales del pavimento y el mismo permite medir el rebote de la deflexión estática de un pavimento asfáltico bajo la aplicación de una carga. Funciona según el principio de palanca: los dos brazos de la viga rotan alrededor de un eje horizontal, de manera tal que cualquier movimiento del extremo de la viga en contacto con el pavimento, produce un movimiento proporcional en el extremo opuesto, el cual es registrado por un dial extensómetro.

La carga de medición es de 18000 libras y la proporciona un camión con un eje trasero simple, llantas dobles y presión de inflado entre 80 y 90 lb/pulg².

Existen distintos tipos de Vigas Benkelman para realizar mediciones de deflexiones de pavimentos. Las más comunes son:

- **Viga Simple:** Corresponde a la viga que cuenta con un solo palpador o brazo de medición y por ende un solo dial extensómetro para la medición de la máxima deflexión (D_0).
- **Viga Múltiple:** Corresponde a la viga que cuenta con más de un brazo palpador articulado en una misma base de referencia y por ende más de un dial extensómetro para la medición de la máxima deflexión (D_0) y subsecuentes deflexiones alejadas una distancia "r" del punto de máxima carga "0". El caso más común corresponde a la Viga Doble que cuenta con dos brazos de medición. Este tipo de medición también es posible realizarlo utilizando varias Vigas Benkelman Simples simultáneamente.

Como se describe en la figura 4.12, un extremo de la viga es colocado entre las ruedas traseras de un vehículo cargado con aproximadamente 8.200 Kg. y el otro

extremo se encuentra fijo sobre el pavimento, en el momento en que el vehículo cargado avanza, el pavimento se recupera y el extensómetro colocado en la zona central de la viga mide dicha recuperación.

Figura 14 Viga Benkelman



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

4.3.3 Medición de deflexiones con Falling Weight Deflectometer (FWD)

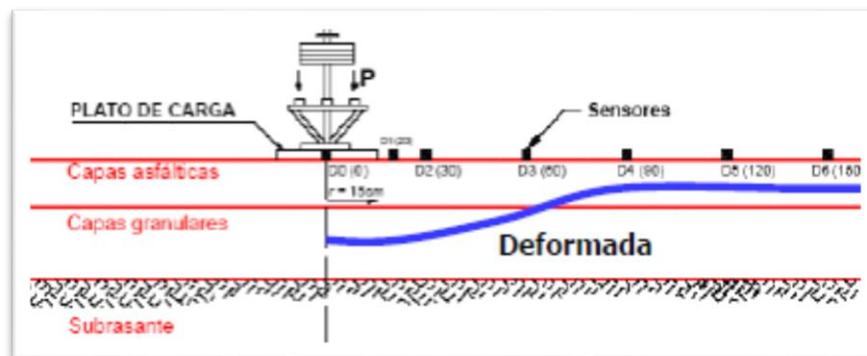
El FWD es un equipo de medición de deflexiones de alto rendimiento, basado en impulsos de carga, las cuales son transmitidas al pavimento por una masa que golpea desde una cierta altura un plato de ensayo colocado sobre el pavimento. El equipo cuenta con sensores (geófonos o sismógrafos según el modelo) que recogen los impulsos generados por la caída de la carga. Los sensores están colocados tanto en el punto de máxima carga como a ciertas distancias de dicho punto, esto con la finalidad de modelar el “cuenco” de deflexiones generado por el impacto de la carga sobre el pavimento. La transmisión de la carga a la estructura es similar a la que produce el eje de un vehículo circulando a una cierta velocidad sobre el pavimento.

Figura 15 FWD Modelo Dynatest



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Figura 16 Esquema de medición de la deflexión



Fuente: Torres – Bonifaz, Manual de Pavimentos, ESPE, 2010
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

4.3.4. Toma de muestras de pavimento existente (Evaluación destructiva)

Éste tipo de evaluación se fundamenta en la toma de muestras representativas de los materiales que conforman las diferentes capas del pavimento en una vía.

En el caso de las capas asfálticas, las mismas son normalmente extraídas a través de equipos de perforación para la toma de núcleos de capas (asfálticas y concreto hidráulico), conocidos por su denominación en inglés con el nombre de Core-drill, de aspecto similar al de la figura adjunta. A través de la extracción de muestras de capas asfálticas es posible conocer el espesor de la(s) carpeta(s) o

sub-capas que conforman el espesor de total de la(s) capa(s) asfáltica(s), además se puede identificar los diferentes tipos de mezcla empleados en la construcción y en eventuales trabajos de mantenimiento y rehabilitación ejecutados, así como su condición, siendo posible identificar la presencia de fallas como por ejemplo los agrietamientos y detectar problemas asociados con la durabilidad (envejecimiento) de las mezclas.

Figura 17 Equipo para extracción de núcleos de capas asfálticas



Fuente: Empresa ELE INTERNACIONAL
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Figura 18 Toma de núcleos de capas asfálticas



Fuente: Empresa ELE INTERNACIONAL
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

En el caso de los suelos de fundación (sub-rasante), sub-base y/o base, el muestreo está dirigido a su identificación y caracterización de la capacidad soporte, además de conocer los espesores de las diferentes capas y sus condiciones a lo largo de la vía en estudio. En tal sentido el mismo debe ser racionalizado en función

de la longitud de la vía, de manera que todas las características geotécnicas de la misma resulten representadas.

- **TALADROS A MANO:** son excavaciones por lo general de sección circular realizadas “a mano” mediante el empleo de picos, palas, barras, etc., con profundidades entre 1 y 1,5 m. (máximo) y diámetros entre 50 y 70 cm., ejecutadas con el objeto de medir los espesores de las capas presentes y obtener muestras de los diferentes materiales detectados para proceder a la identificación de suelos a través de Métodos de Clasificación internacionalmente aceptados como el de la Highway Research Board (HRB) o el Sistema de Clasificación Unificada (SCU). Adicionalmente se realizan ensayos para determinar la humedad natural, entre otros.

Figura 19 Toma de muestras taladros a mano



Fuente: MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS, VENEZUELA, 2009
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

- **CALICATAS:** son excavaciones de sección cuadrada con dimensiones mayores que los taladros a mano, realizadas con el objeto de medir los espesores de las capas existentes y obtener cantidades suficientes de muestra de cada una de las capas que resulten de la exploración, con la finalidad de realizar -además de los ensayos de identificación de suelos- los

ensayos de caracterización de la capacidad soporte de suelos (Ensayo California Bearing Ratio -CBR-).

Figura 20 Toma de muestras Calicatas



Fuente: MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS, VENEZUELA, 2009
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Adicionalmente a cada una las capas de suelo detectadas, es posible realizarle ensayos para la determinación de la densidad en sitio (Ensayo de “Cono y Arena”), humedad natural, etc. Las dimensiones típicas de la excavación son 1,5 m. x 1,5 m. con profundidad máxima de 2,0 m.

Las calicatas pueden ser realizadas a mano o mediante el empleo de maquinaria pesada si la misma está disponible. Del mismo modo éste tipo de sondeo puede ser realizado sobre la calzada que es objeto de la evaluación o en los laterales de la vía.

Figura 21 Excavación a máquina toma de muestras calicatas



Fuente: MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS, VENEZUELA, 2009
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

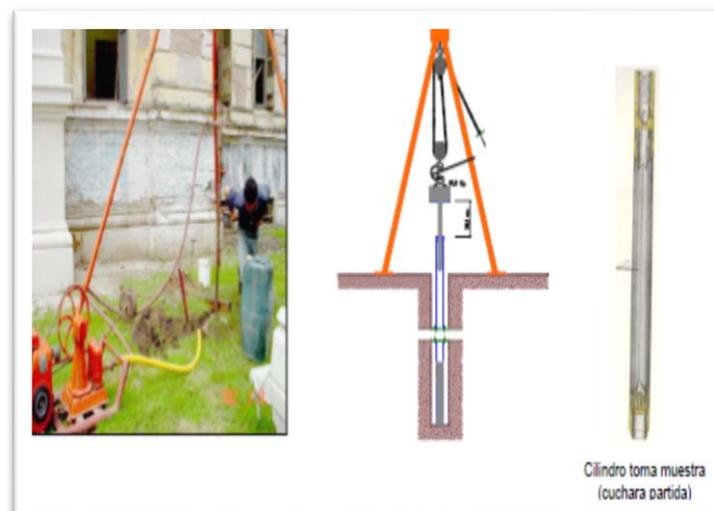
Es importante señalar que la opción del sondeo sobre la calzada -bien realizado a mano o con equipo pesado- representa una nueva afectación del pavimento en estudio, ya que la excavación realizada produce una discontinuidad que se está imponiendo al pavimento, en vista que en ésta zona se induce una “debilidad” debido a que los materiales han sido alterados y una parte de éstos removida, y aunque deben ser repuestos inmediatamente, éste no alcanzarán las mismas condiciones del material original dentro de la estructura (estado de esfuerzos, humedades, etc.) Adicionalmente, la excavación sobre la calzada origina problemas de retrasos al tránsito y limitaciones a los usuarios de la vía.

- **PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT):** Dependiendo del tipo de vía a evaluar, es posible que no sea conveniente la ejecución de perforaciones y/o calicatas sobre la calzada y que tampoco sea posible en los laterales de la vía debido a que los mismos se encuentren intervenidos, tal es el caso por ejemplo de la vialidad urbana cuyo pavimento por lo general se encuentra confinado entre las aceras.

En estos casos es recomendable la ejecución de perforaciones con recuperación continua de muestras a cada metro, utilizando cilindro “muestreador” del tipo “cuchara partida” de 64 mm. de diámetro, con avance inducido por percusión (golpes). Esta metodología ofrece la posibilidad de realizar el Ensayo SPT (*Standard Penetration Test*) en las capas de suelo del pavimento y su fundación. El Valor del SPT es utilizado para conocer - mediante correlaciones- la capacidad soporte de los suelos en términos del CBR. Adicionalmente, es posible determinar los tipos de materiales que conforman la estructura de pavimento, así como clasificación de suelos, humedades naturales, etc.

Seleccionada esta alternativa, es posible introducir el “muestreador” a través de los orificios realizados para la toma de los testigos de las capas asfálticas. La profundidad de evaluación de interés oscila entre 1,5 y 2 m.

Figura 22 Ensayo SPT



Fuente: MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS, VENEZUELA, 2009
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Es importante destacar que la ubicación y cantidad del trabajo de exploración de suelos descrito, se apoya en el levantamiento visual de fallas superficiales del pavimento tanto de origen funcional como estructural, así como en

la evaluación de las condiciones de drenaje superficial y subterráneo de la vía en estudio, dado que su ausencia, insuficiencia o mal funcionamiento expone a los suelos de fundación (sub-rasante), bases y/o sub-base a niveles de saturación que tenderán a disminuir su densidad (compactación) y por ende su capacidad portante de diseño.

4.3.4.1 Ensayo de penetración con el cono dinámico (DCP)

El ensayo para la determinación de la resistencia a la penetración de los suelos mediante el empleo del Penetrómetro Dinámico de Cono (Norma ASTM D6951-03) es una herramienta simple y sencilla que permite realizar una evaluación geotécnica en sitio de las capas de suelos que constituyen bases, sub-bases y sub-rasantes de pavimentos. En general es un ensayo indicativo de la resistencia al corte de los materiales granulares.

El procedimiento consiste en hacer hincar una barra que finaliza en un cono a través del suelo y dependiendo del número de golpes requerido para lograr una determinada profundidad, es posible obtener algunas propiedades mecánicas de los suelos, entre éstas el CBR. El equipo DCP se comenzó a utilizar en mayor escala en los años ochenta, específicamente en África del Sur, sin embargo, hoy en día es ampliamente utilizado por el USACE (US Army Corp of Engineers).

El ensayo no se puede clasificar como “No Destructivo” en pavimentos existentes, en vista que requiere la remoción de las capas cementadas hasta encontrar los suelos sueltos o en su defecto poco cementados, sin embargo, se considera como un ensayo “Cuasi-No Destructivo”, en vista que la remoción de las capas cementadas puede ser ejecutada en un diámetro relativamente pequeño y el ensayo no amerita la toma de muestras para ser ensayadas en laboratorio; como

práctica general se tiene la introducción del equipo a través de las perforaciones realizadas para la toma de testigos (core-drill) de capas asfálticas o de concreto hidráulico.

Entre los posibles usos del ensayo destacan:

- Proceso de reconocimiento rápido del terreno y estimación de CBR.
- Verificación de la eficiencia de los equipos de compactación usados en obra.
- Control de calidad en la construcción de las distintas capas granulares que conforman la estructura de pavimento.
- Seguimiento del comportamiento estructural del pavimento a lo largo de su vida útil.
- Identificación de zonas débiles en la estructura de pavimento.
- Evaluación de suelos que conforman capas de pavimentos existentes.
- Identificación de tramos homogéneos con características estructurales similares.

Entre las ventajas del uso del Penetrómetro Dinámico de Cono se pueden enumerar:

- Bajo costo de Operación.
- Ensayo Cuasi-No Destructivo.
- Alta repetibilidad de los resultados.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO Y PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El equipo es de uso manual, en general operado por dos personas, pesa alrededor de 12 Kg. y está constituido por una barra de penetración que finaliza en una punta de 20 mm. de diámetro en la base con el extremo final en forma de cono de 60°. La barra de penetración tiene adosada una regla de medida, y por la misma se desliza un mazo de peso igual a 8 kg., con altura de caída de 575 mm. La barra tiene longitud de 800 mm. y con extensiones puede llegar a 1500 mm.

Figura 23 Esquema General del DCP



FUENTE: JONES, COLIN. PROJECT REPORT
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

La unidad de medida de penetración se define por la cantidad de milímetros dividida por el número de golpes (mm/golpe), y en general se le denomina número de penetración del Cono Dinámico: mientras mayor resistencia al corte tenga el suelo, mayor cantidad de golpes serán necesarios para penetrarlo y por lo tanto el número DCP debe ser bajo.

4.3.4.2 Correlaciones entre resultados del DCP y el CBR

Existen numerosas correlaciones entre el valor DCP y diferentes propiedades de los suelos, siendo una de las más interesantes las que lo vinculan con el CBR.

A continuación se presentan ejemplos de correlaciones sugeridas:

- US Army Corps of Engineers: FUENTE: NORMA ASTM D 6951 – 03

Ecuación 5 Correlación DCP y CBR para todos los suelos

$$\mathbf{CBR = 292 / DCP^{1.12}}$$

Dónde: DCP: mm/golpe

Ésta ecuación es recomendada para todos los suelos excepto CH (Arcillas de Alta Plasticidad) y los CL (arcillas de Baja Plasticidad) con CBR menor de 10%.

Para éstos suelos se sugieren las siguientes correlaciones:

Ecuación 6 Correlación DCP y CBR suelo Arcillas de Alta Plasticidad

Suelos CH: $\mathbf{CBR = 1 / (0,002871 \times DCP)}$

Ecuación 7 Correlación DCP y CBR suelo Arcillas Baja Plasticidad

Suelos CL: CBR < 10% $\mathbf{CBR = 1 / (0,017019 \times DCP)^2}$

- Laboratorio Vial de Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) de la Universidad del Rosario, Argentina:

$$\mathbf{CBR = 450 \times (DN)^{-1.05}}$$

$$\mathbf{MR = 201 \times (DN)^{-0.44} \times (1000/6,9)}$$

Dónde: DN: mm/golpe; y, MR: Módulo Resiliente (psi).

4.3.4.3 Resumen de ensayos de campo y laboratorio

a. Ensayos en Sitio:

- Determinación de espesores de todas las capas que conforman la estructura de pavimento.
- Densidad en sitio de las capas de base, sub-base y sub-rasante.
- Ensayo de Cono Dinámico de Penetración (DCP) en materiales no cementados.

b. Ensayos en Laboratorio:

- Determinación del Contenido de Humedad Natural.
- Granulometría de suelos y mezclas asfálticas.
- Límites de Atterberg (Límites de Consistencia: Límite Líquido y Límite Plástico)
- Ensayos para determinación de Densidad (Proctor) y Valor Soporte California (CBR) de laboratorio en las capas de base, sub-base y sub-rasante.
- Clasificación HRB de suelos que conforman las capas de base, sub-base y subrasante.

4.4 Seguridad (Resistencia al Deslizamiento)

El deslizamiento de un vehículo se produce en dos direcciones, cada una de las cuales son diferentes en cuanto a las leyes que lo rigen:

- Deslizamiento en dirección longitudinal o en la dirección de marcha del vehículo. Ocurre cuando se aplica un esfuerzo de frenado. En la resistencia al deslizamiento longitudinal intervienen fundamentalmente dos componentes:

- a. el rozamiento por adherencia neumático-pavimento y
 - b. la pérdida de energía debido a la histéresis del neumático, es decir, el neumático no absorbe toda la energía aplicada; siempre existe pérdida de energía que se transforma en "calor", esto ocurre con materiales elásticos como el caucho.
- Deslizamiento en dirección transversal al eje de la vía. Se producen esfuerzos tangenciales que deben ser compensados con las fuerzas de rozamiento transversal.

La fricción o adherencia entre el neumático y la superficie del pavimento presenta respuestas diferentes según la influencia de factores tales como:

- **La película de agua sobre la superficie del pavimento.** Actúa como lubricante y disminuye el contacto neumático-pavimento.
- **Los neumáticos.** Influye significativamente la presión de inflado, el material, el dibujo y la profundidad de la banda de rodadura. Ésta última contribuye en la pronta eliminación de la película de agua.
- **La velocidad de circulación.** A mayor velocidad menor adherencia neumático-pavimento en presencia de agua, aunque el dibujo del neumático cuente con una buena profundidad de dibujo.
- **Época del año.** Además de los cambios de humedad estacional que condicionan la presencia de agua en la calzada o superficie del pavimento, se tiene que la variación de la temperatura ambiente puede modificar las características del material del neumático. Adicionalmente, la característica termoplástica del ligante asfáltico (cemento asfáltico) condiciona su viscosidad o grado de fluidez en

función la temperatura, haciéndolo menos fluido (aumentando su rigidez) a bajas temperaturas y haciéndolo más fluido a medida que aumenta la temperatura. Estas circunstancias afectan la adherencia neumático-pavimento.

- **La textura de la superficie del pavimento. Es el único factor que puede ser controlado por el Ingeniero de Pavimentos**, ya que el mismo está relacionado con el origen mineralógico de la fuente de agregados (préstamos) y con la composición porcentual de los diferentes agregados seleccionados para la producción de las mezclas a ser empleadas en la capa de rodamiento.

Capítulo 5

Metodología

5.1 Descripción del área de investigación

La presente investigación se realizará en la parroquia Conocoto, del Distrito Metropolitano de Quito, al Sureste del cantón Quito de la provincia de Pichincha, donde una de las vías pavimentadas de mayor impacto vehicular o tráfico es:

Tabla 24 Área aproximada avenida Abdón Calderón

No.	Avenida	Longitud (Km.)	Ancho prom. (mts.)	Área aprox. (m ²)
1	Abdón Calderón	4,72	9,00	42.462,00

FUENTE: Elaborado por el investigador
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Figura 24 Ubicación avenida Abdón Calderón



FUENTE: Google Earth 2016
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

5.1.1 Aspectos físicos del área de investigación

- **Ubicación:** La parroquia de Conocoto se encuentra ubicada a 11 km del centro de Quito, a 25 km al sur de la línea equinoccial, en el costado occidental del Valle de los Chillos, sobre la ladera oriental de la Loma de Puengasí.

- **Límites:** al norte con la Ciudad de Quito y la Parroquia de Cumbayá, al sur con la Parroquia de Amaguaña y el Cantón Rumiñahui, al este con las Parroquias de Guangopolo y Alangasí y el Cantón Rumiñahui y al occidente con la Ciudad de Quito. El Río San Pedro y la Loma de Puengasí son los límites naturales con Guangopolo, Alangasí, Rumiñahui y la Ciudad de Quito respectivamente.
- **Altitud:** El punto más elevado del relieve de la parroquia de Conocoto, está en la cumbre de la Loma de Puengasí a 3.175 msnm y el más bajo está a 2,390 msnm en la ribera del Río San Pedro, en el límite con la parroquia de Cumbayá. El centro de la planicie de Conocoto se encuentra a 2.600 msnm.
- **Clima:** Es característico de la zona interandina, ecuatorial húmeda, en particular Guangopolo, Conocoto, Alangasí, La Merced, Pintag y Amaguaña. La temperatura oscila entre los 14.61° C hasta los 16.73°C a 2480 msnm, con mínimas entre 14.10° C y 14.90° C y máximas entre 16.10° a 17.30° C grados centígrados. La precipitación fluctúa entre 111 y 128 mm que se reparten en dos períodos lluviosos: el primero, entre el mes de marzo y abril, el segundo en octubre y noviembre. La primera estación seca en julio y agosto. Los vientos son moderados con velocidades medias entre 3 y 4 m/s dirección predominante norte. (Fuente: Datos proporcionados por el INAMHI. Estación La Tola).
- **Superficie:** La superficie aproximada de la parroquia se asume que el área de la Parroquia es de 56 Km² (Fuente: Datos Generales de la Junta Parroquial de Conocoto).

- **Población:** Conocoto cuenta aproximadamente con 82.072 habitantes, siendo una de las parroquias grandes del Distrito Metropolitano de Quito en población. (Fuente: Datos Censo poblacional realizado el 2010 INEC).

5.1.2 División política

Tabla 25 División Política Conocoto
BARRIOS Y URBANIZACIONES

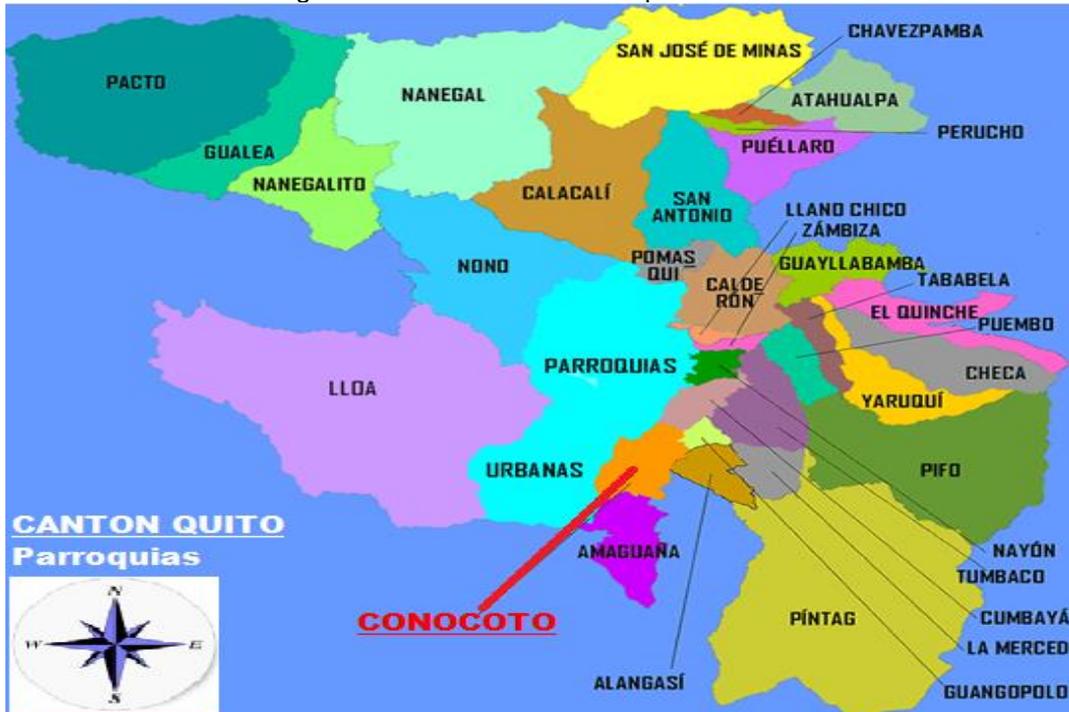
Asentamientos Humanos	Cantidad
Barrios ubicados en áreas urbanizables	150
Barrios en Ubicados en áreas de Protección Ecológica	6
Comuna	1
Cooperativas de Vivienda	13
Total	170



FUENTE: Junta Parroquial de Conocoto
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

5.1.3 Ubicación

Figura 25 Delimitación Parroquia Conocoto



FUENTE: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

5.2 Recolección de información

Para establecer la evaluación del tramo de la avenida Abdón Calderón, la cual servirá como muestra para obtener datos para definir la rehabilitación, se obtendrán de trabajos en campo y con la utilización del sistema PAVER, como parte de la propuesta.

Se complementa esta investigación con datos de tráfico, sistemas de drenaje, estado actual del pavimento, para en lo posterior poder obtener una evaluación de las condiciones en las que se encuentra la vía.

5.3 Procesamiento de la información.

La información recopilada a lo largo de este proceso tanto en el campo, como en la bibliografía que se utiliza, será procesada, y resumida en archivos

fotográficos, así como también utilizando cuadros y cálculos puntuales de ciertos conceptos, para un mejor entendimiento del trabajo a exponer.

Se inició con el análisis del estado actual del pavimento, en lo que concierne a la capa de rodadura, para luego analizar el tráfico al cual está expuesto la vía en estudio a lo largo del tramo.

Luego de procesada la información se presentará la propuesta de rehabilitación vial que permita desarrollar un plan que mejore las condiciones de la estructura de la capa de rodadura para vía objeto de este estudio, el mismo que podrá ser aplicado en sectores de similares características, y con lo cual se contara con un documento alternativo para poder reducir los costos de rehabilitación, de determinadas vías y por ende el ahorro que generará a los organismos seccionales de nuestro país.

5.4 Metodología de evaluación funcional y estructural

La evaluación funcional y estructural determina los deterioros en el pavimento, dependiendo del tipo de pavimento.

5.4.1 Evaluación mediante inspección visual

Para la calificación funcional y estructural de los pavimentos, el sistema PAVER utiliza el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index = PCI).

El PCI es un método de graduación repetible para identificar la condición presente del pavimento. El PCI provee una medida consistente de la integridad estructural del pavimento y su condición funcional-operacional graduándole de 0 a

100. Este índice es función de la densidad de las fallas en el área estudiada y del valor de deducción del pavimento por efectos de cada tipo de falla y de cada nivel de severidad.

El sistema PAVER resulta un instrumento de evaluación y administración de pavimentos de extremo valor siendo propiamente usado e implementado. La fase más importante de todo Sistema de Evaluación de Pavimentos, y del PAVER en especial, es la que incluye la recopilación de datos y su actualización, ya que de ésta dependerá la exactitud de los resultados a ser obtenidos de su procesamiento y las estrategias de mantenimiento y rehabilitación a adoptar a corto y largo plazo.

El concepto básico del sistema PAVER puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Para una red vial dada, se identifican los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
2. Cada tipo de pavimento tiene un número definido de fallas posibles.
3. Para cada falla se define:
 - El tipo de falla (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento).
 - La intensidad de la falla, el nivel de severidad (Bajo, Mediano, Alto).
 - La cantidad de la falla (medida o contada). Estos datos se registran en formularios diseñados para ello.
4. Se define el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de acuerdo a:

Ecuación 8 Índice de condición del pavimento

$$PCI = 100 - CDV$$
5. Siendo CDV el Valor de Deducción Corregido, el cual se obtiene para cada clase de pavimento de acuerdo al tipo, intensidad y densidad de sus fallas.

Por medio de un muestreo estadístico de las secciones de pavimento que forman los tramos de la red vial, la encuesta de campo y los conceptos de los pasos anteriores, se establece el valor de PCI para cada una de las secciones encuestadas.

Idealmente, un pavimento “nuevo” tiene un PCI cercano a 100, mientras que uno muy deteriorado puede tener un PCI de 20–30 para abajo.

5.4.2 Identificación de tramos secciones y muestras

Para una adecuada implementación del sistema PAVER es necesario identificar y definir la vía que será objeto de observación, seguimiento y mantenimiento, y rehabilitación. Además, tendremos en cuenta los siguientes conceptos:

- **RED VIAL** Puede estar constituida por todos los caminos y carreteras interurbanas, independientemente de su clasificación o nivel de servicio, caminos primarios o principales, acceso o vecinales, o cualquier otra.
- **TRAMO** Es cualquier parte identificable de la red vial que tiene una función específica, una parte de carretera que une dos puntos definidos.
- **SECCIÓN** Una sección es una parte del tramo que tiene ciertas características consistentes y homogéneas en toda su longitud.
- **MUESTRA** La muestra es el componente más pequeño de la red vial

5.5 Índice de Condición del pavimento PCI

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no

requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales.

5.6 Determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones.

Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un ejemplar de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el siguiente cuadro se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 26 Rangos de Calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

FUENTE: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
Elaboró: William Marcelo Hurtado Aria

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño que presenta.

El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

5.6.1 Cálculo del PCI

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

5.6.2 Cálculo para vías con capa de rodadura asfáltica

- **ETAPA 1. Cálculo de los Valores Deducidos**

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la tabla de fallas.

El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan en anexos, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado .

- **ETAPA 2. Cálculo del Número Máx. Admisible de valores Deducidos (m)**

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la: Ecuación 9 Número Máximo de Valores Deducidos

Ecuación 9 Número máximo admisible de valores deducidos

$$m_i = 1.00 + 9/98(100 - HDV_i)$$

Donde: m_i = Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .; HDV_i = El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

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

- **ETAPA 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV. El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo**

3. a. Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.

3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

- **ETAPA 4.** Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3

5.7 Estudio de tráfico

El estudio de tráfico, se lo realizó en horario de 00:00 hasta las 24:00 horas un día a la semana y de 6:00 hasta las 18:00 horas los restantes seis días en forma consecutiva, se empleó el método de aforos manuales-visuales vehiculares clasificatorios, los cuales consistieron en la ubicación de estaciones de conteo, los cuales son puntos estratégicos, en los cuales se abarca el tráfico existente en la zona, para posteriormente con personal calificado, realizar un conteo vehicular clasificatorio, que es el conteo en determinada frecuencia en este caso cada hora, de todos los vehículos que pasan por la estación de conteo, clasificándolos en

vehículos livianos, buses y pesados de 2 o más ejes. Para posteriormente emplear tasas de crecimiento vehicular establecidas para la provincia de Pichincha, y proyectar al periodo de diseño.

5.7.1 Tráfico existente

Es el tráfico resultado de los conteos. Es aquel que se usa en la vía antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los estudios de tráfico.

5.7.2 Tráfico desviado

Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo. Para nuestro caso utilizaremos el 10% del tráfico que circula por la carretera.

$$\begin{array}{l} \text{Ecuación 10 Tráfico desviado} \\ \text{Tráfico Desviado} = \text{TPDA actual por el 10\%} \end{array}$$

5.7.3 Tráfico proyectado

El tráfico deberá ser proyectado para 20 años, y con ese objetivo, se proyectara el tráfico actual o tráfico diario inicial, mediante el empleo de tasas de crecimiento vehicular. Para la proyección se empleara la siguiente formula:

$$\begin{array}{l} \text{Ecuación 11 Tráfico proyectado} \\ \text{TPDA FUTURO} = \text{TPDA ACTUAL } (1+ i)^n \end{array}$$

Dónde: i = Índice de crecimiento vehicular;

n = Número de años de proyección vial

5.8 Evaluación de la estructura del pavimento

La finalidad es el diseñar una estructura de pavimento tipo flexible, conformado por capas de material granular de base y sub base, con una capa de

rodadura de un concreto asfáltico en caliente y mezclado en planta, las cuales irán soportadas sobre una sub rasante, con el suficiente espesor, para poder absorber las cargas transmitidas por el tráfico previsto.

Dentro de cualquier tipo de diseño de pavimentos los cuatro parámetros que rigen o condicionan el diseño son: el tráfico transformado en ejes de carga equivalente, las condiciones de la sub rasante expresada en módulo de resiliencia, los materiales a utilizarse, principalmente los granulares, y las condiciones ambientales y climáticas de la zona del proyecto.

5.8.1 Estudio de la subrasante

Se refiere a las condiciones del suelo o subrasante, sobre la cual irán las distintas capas de la estructura del pavimento, dependiendo de las características, se determinaran los distintos espesores de la estructura, en una relación inversa, puesto que a mejor calidad de la subrasante, menor es el espesor de las capas de la estructura y de la misma manera inversamente

Se trata de determinar las propiedades de la subrasante, por lo que "in situ" se toma muestras del material, y se las procesa en el laboratorio, con la finalidad de determinar un CBR de diseño, el cual mediante correlaciones nos da un valor del módulo de resiliencia necesario para calcular los pavimentos.

Ordenando los valores de CBR y asumiendo que los valores repetidos, son descartados, presentamos las frecuencias y sus respectivos CBR.

Para obtener el valor del CBR de diseño, graficaremos un diagrama en cual se representara la frecuencia en las abscisas y en las coordenadas, para el CBR

de diseño, entraremos en el valor de frecuencia del 80% cortamos a la curva y leemos en las coordenadas el valor de CBR, este será el que tendremos como CBR de diseño. Para diseñar pavimentos se hace referencia al Módulo de resiliencia, se ha adoptado ciertas correlaciones entre el valor del CBR con este módulo las cuales presentamos a continuación:

Tabla 27 Resistencia del suelo de la Subrasante

CBR %	Mr. (psi)
< 7,2%	1500 x CBR
< 20%	3000 X CBR ^{0,63}
> 20%	4326 X ln (CBR) + 241

Elaboró: William Marcelo Hurtado Aria

5.8.2 Determinación del número estructural “SN”

El método está basado en el cálculo del Número Estructural “SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén. Para esto se dispone del ábaco y de la ecuación siguiente:

Ecuación 12 Número Estructural SN

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

Donde:

W₁₈ = Ejes equivalentes de 18 kip (18000lb)

Z_R = Confiabilidad R en la curva de distribución normalizada

S₀ = Desviación estándar

ΔPSI = Diferencia índice de servicio

M_R = Módulo de resiliencia de la subrasante

SN = Número estructural

Capítulo 6

Estudio de los resultados

6.1 Inventario visual de la carpeta asfáltica

Para proponer la rehabilitación de la vía, se considera las condiciones actuales en la cual se encuentra la estructura de la vía, realizando un análisis minucioso de la capa de rodadura de la misma para poder lograr determinar las obras que se deben ejecutar para la rehabilitación de la vía.

A lo largo de este capítulo se desarrollan los datos obtenidos de los estudios de campo y oficina, los cuales son expuestos para elaborar la propuesta de rehabilitación planteada.

En los ANEXO 1 se presenta las características de la carpeta asfáltica y el Inventario de la capa de rodadura respectivamente, tomando en consideración el Sistema de Gestión de las actividades de conservación ordinaria con lo cual se determinara el estado actual de la capa de rodadura de la avenida Abdón Calderón desde la intersección con la avenida Ponce Enríquez hasta la intersección con la avenida Río Napo.

6.2 Estudio del tráfico

6.2.1 Tráfico existente

Es el tráfico resultado de los conteos. Es aquel que se usa en la vía antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los estudios de tráfico, mismo que se realizó en la estación del puente Santa Rosa ubicada en la avenida objeto del

estudio con la intersección de la avenida Napo, durante seis días durante 12 horas y 1 día de 24 horas. Resumen que se presenta a continuación:

Tabla 28 COMPOSICION VEHICULAR

	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
CANTIDAD	286	37	33	356
%	80,34	10,39	9,27	100,00

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Los cuadros de conteo diario se presentan en anexos, y procesando los datos del conteo, y aplicando los factores tenemos un tráfico existente en la vía con la siguiente composición:

Tabla 29 TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

CUADRO RESUMEN

LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL	FACTORES
286	37	33	356	TO
1,226	1,200	1,302		FD
1,000	1,000	1,000		FS
1,078	1,078	1,078		FM
378	48	46	472	TPDA

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

6.2.2 Tráfico desviado

Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo. Para nuestro caso utilizaremos el 10% del tráfico que circula por la carretera.

$$\text{Tráfico Desviado} = \text{TPDA actual por el 10\%}$$

Afectado por el 10% del tráfico desviado tenemos el tráfico actual siguiente:

Tabla 30 TRAFICO ACTUAL

VEHICULOS	TOTAL
TDI TOTAL	520
LIVIANOS	416
BUSES	53
PESADOS	51

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Tráfico Actual o Tráfico Diario Inicial (TDI) es de 520 veh-día.

6.2.3 Tasa de crecimiento vehicular

Aplicando las tasas de crecimiento vehicular vigente para la provincia de Pichincha, y realizando una proyección para los 20 años tenemos los siguientes datos:

Tabla 31 TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR

PERIODO	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
2005 - 2010	3,87	1,32	3,27
2010 - 2015	3,44	1,17	2,90
2015 - 2020	3,10	1,05	2,61
2020 - 2030	2,82	0,96	2,38

Fuente: Departamento de Factibilidad MTOP

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

6.2.4 Tráfico vehicular proyectado

Resultado de las proyecciones a 20 años.

Tabla 32 TRAFICO PROYECTADO

AÑO PROYECCION	TRAFICO			
	TOTAL	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
0	520	416	53	51
10	700	574	59	67
20	908	758	65	85

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

De lo cual se tendrá un tráfico proyectado a los 20 años de 908 veh-día.

6.3 Análisis de la subrasante

Los datos de ensayos realizados a la subrasante del tramo, para obtener los distintos valores de CBR en cada abscisa de la vía en estudio y que fueron tabulados para obtener la información idónea de las condiciones del suelo de fundación o subrasante, sobre la cual irán las distintas capas de la estructura del pavimento.

Tabla 33 ABSCISAS Y VALORES CBR

No.	ABSCISA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	DENSIDAD SECA MÁX.	HUMEDAD OPTIMA	C.B.R.
1	0+000	A1	0,90	1,518	16,540	4,350
2	0+000	A2	1,50	1,496	18,370	3,440
3	1+000	B1	0,90	1,702	9,630	7,680
4	1+000	B2	1,50	1,660	10,930	6,780
5	2+000	C1	0,90	1,799	13,780	2,640
6	2+000	C2	1,50	1,812	16,030	4,120
7	3+000	D1	0,90	1,750	10,960	4,950
8	3+000	D2	1,50	1,709	10,470	6,360
9	4+000	E1	0,90	1,467	19,740	1,130
10	4+000	E2	1,50	1,478	19,620	2,260
11	4+718	F1	0,90	1,584	15,350	5,440
12	4+718	F2	1,50	1,662	15,620	2,420

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Ordenando los valores de CBR y asumiendo que los valores repetidos, son descartados, presentamos la frecuencia y su respectivo C.B.R.

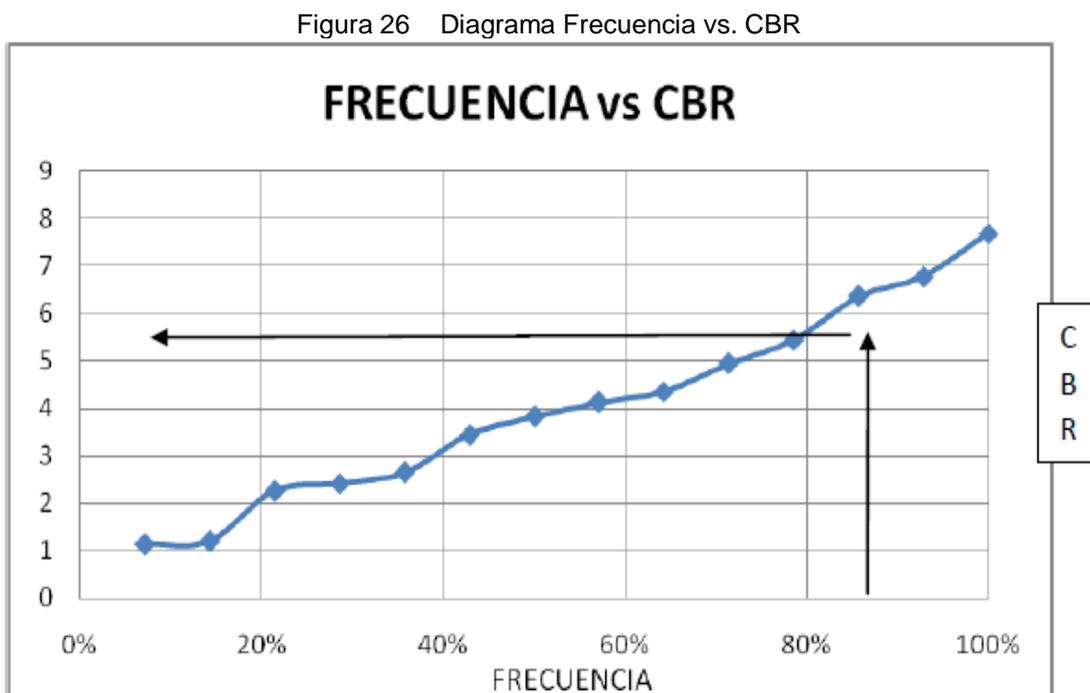
Tabla 34 FRECUENCIA Y CBR

No.	FRECUENCIA %	C.B.R.
12	100	7,680
11	93	6,780
10	86	6,360
9	79	5,440
8	64	4,350
7	57	4,120
6	50	3,820
5	43	3,440
4	36	2,640
3	29	2,420
2	14	1,200
1	7	1,130

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

6.4 Determinación del CBR de diseño

Para obtener el valor del CBR de diseño, se graficará un diagrama en cual se representa la frecuencia en las abscisas y en las coordenadas, para el CBR de diseño, se asume en el valor de frecuencia el 80% se corta a la curva y se obtiene en las coordenadas el valor de CBR, éste será el que tendremos como CBR de diseño.



Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Por lo tanto el valor de CBR de diseño en la frecuencia asumida de 80% es de 5.80%, el módulo de resiliencia de la subrasante será de 8700,00 psi.

Como se vio anteriormente la relación es inversamente proporcional, y dependiendo de las características de la subrasante, se determinan los distintos espesores de la estructura, es decir que en este caso la calidad del suelo es relativamente deficiente, por el valor bajo del CBR, es decir las capas de la estructura serán de espesores considerables.

6.5 Resumen de características de la vía

El proyecto tiene una longitud de 4,718 km. La sección transversal de la vía es la que corresponde a una vía tipo 3 de acuerdo a las proyecciones vehiculares realizadas, descrito en el ANEXO No.1

Los trabajos de reconstrucción y rehabilitación se sujetarán a las normas y Especificaciones Generales para construcción de puentes y caminos MTOP-001-E-2000, descritos en el ANEXO No.4

6.6 Interpretación de resultados.

Según los datos obtenidos en campo, así como también, la información existente en los organismos seccionales, y en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el paso a seguir es interpretar los resultados.

6.6.1 Inventario

Como parte inicial se dirá que al realizar los recorridos de campo, para determinar el estado actual de la vía, como primera impresión se observaron que, las características de diseño geométrico son aceptables y están dentro de las Normas del MTOP, ya que desde la abscisa 0+000 hasta la 4+718 la vía se atraviesa por un sector de desarrollo urbanístico importante y en su trazado se respetan los criterios de diseño, tanto en el sentido horizontal y vertical,

6.6.2 Tráfico

El tráfico que soporta la vía en la actualidad es de 472 vehículos/día y con la proyección que se dará para los 20 años este tráfico llegará a 824 vehículos/día,

y todo esto de acuerdo a las tasas de crecimiento que rigen en el cantón Quito, descrito en el conteo vehicular del ANEXO No.3

6.6.3 Subrasante

La subrasante según los CBR tomados indica que tenemos un valor de CBR de diseño igual a 5,80% el módulo de resiliencia de la subrasante será de 8700,00 psi, lo que representa que el material de la subrasante es de condiciones bajas, lo cual se refleja directamente en la estructura del pavimento, para lo cual se tratará de compensar las capas con la utilización de subbase clase III, material de base y la colocación de carpeta asfáltica, todo esto se desarrollará en la propuesta para la nueva estructura del capítulo siguiente.

6.6.4 Capa de rodadura

Además de ello el propósito para el cual se desarrolla este tema de investigación, deja ver en evidencia la poca intervención que ha tenido la vía a lo largo de su vida útil, y con todo esto se vuelve más fácil la designación de la intervención a la cual se deberá exponer para lograr una rehabilitación que cumpla con las características propias de esta clase de vía. La capa de rodadura presenta un deterioro completo, a lo largo de todo el trazado, evidenciando la presencia de:

- Fisuras longitudinales y transversales
- Baches con severidad alta predominantes
- Depresión y fisuramiento en bloque
- Piel de cocodrilo en un porcentaje muy alto.

6.5. Verificación de la hipótesis

Se logra demostrar que de acuerdo a lo expuesto la rehabilitación de la vía es primordial y urgente.

El sistema PAVER, con los planes y programas de rehabilitación y mantenimiento que se derivan de éste, se podrá generar y elaborar una Rehabilitación vial para mejorar las condiciones de la vía, y de esta manera poder reducir los costos de operación de los vehículos, para esta vía objeto del presente estudio y para las vías aledañas de la parroquia Conocoto, del Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

Capítulo 7

Propuesta

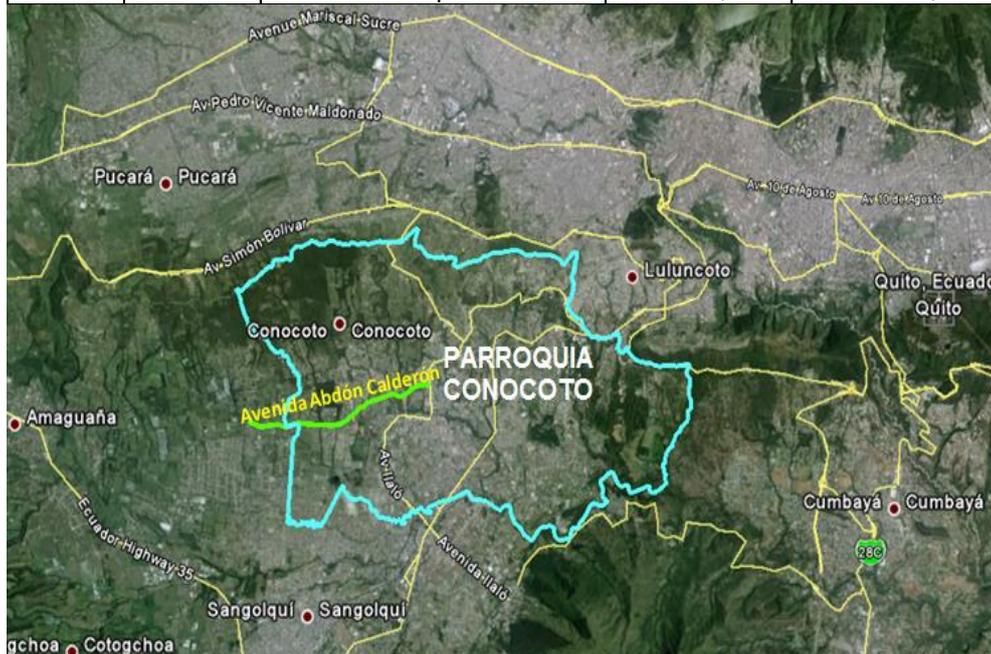
“Diseño de la estructura de pavimento flexible para la rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha”.

7.1 Datos informativos

El tramo de la vía a ser tomada en esta propuesta se encuentra en la provincia de Pichincha, específicamente en el cantón Quito; parroquia Conocoto, vía que enlaza las parroquias de Conocoto y Amaguaña.

Tabla 35 CUADRO DE COORDENADAS
AVENIDA ABDÓN CALDERÓN

TRAMO	ABSCISA	INTERSECCION	ESTE	NORTE
INICIO	0+000	Avenida Ponce Enríquez	780.189,504	9.968.111,780
FIN	4+718	Avenida Río Napo	779.726,315	9.963.641,301



Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

La longitud aproximada de la vía considerada para la propuesta es de 4,718 km que va desde la intersección con la avenida Ponce Enríquez abscisa 0+000

hasta la intersección con la avenida Río Napo abscisa 4+718, en la parroquia de Conocoto, con un ancho promedio de 9,00 m., con gradientes longitudinales normales para este tipo de vía.

En toda su longitud está a nivel de carpeta asfáltica en mal estado por la falta de mantenimiento, por lo que ha sido escogida como muestra para la presente investigación.

Existe alcantarillado a lo largo de toda la longitud de la vía, en el tramo desde la abscisa 1+650 hasta 3+980 no existe sumideros para evacuar el agua lluvia y se cuenta con cunetas revestidas de hormigón para el desfogue, este es un factor preponderante para el deterioro de la carpeta asfáltica.

7.2 Formulación de la propuesta

Por tratarse de una parroquia de gran interés y de desarrollo dentro del Cantón Quito de la provincia de Pichincha, se ha dado la importancia para iniciar con una rehabilitación total de la vía Abdón Calderón y por ende que sirva como Modelo y que sus datos sean utilizados como un ejemplo para el mejoramiento de la red vial Provincial.

En esta vía se ha optado por la intervención mediante la aplicación y tratamiento de forma emergente dando un tratamiento a la capa de rodadura, sin contar con un evaluación y estudio previo, respecto a las características y estado de la vía, por lo cual se pretende contar con un documento Técnico que permita dar soluciones concretas y reales a los problemas que se presentan al momento de tener que realizar una rehabilitación vial.

Lo que se busca con la propuesta es dejar un estudio y diseño para la rehabilitación, y al realizarlo beneficiaría a dos grandes parroquias del Cantón Quito como son Conocoto y Amaguaña, y con ello dar el servicio que se merecen los habitantes del sector, respecto a comodidad en el viaje seguridad, reduciendo los costos de operación, consumo de combustibles, repuestos de los vehículos, tiempos de viaje, que al momento son altos, logrando tener una rehabilitación total de la vía.

7.3 Justificación de la propuesta

En esta propuesta se deja un documento técnico, que servirá como respaldo en el inventario que se debe realizar al emprender una rehabilitación de la vía por los entes encargados de mantener el control y mejoramiento de la red vial.

Además al momento de la aplicación de estas teorías se prevé una intervención técnica basada en datos ciertos y concisos de las características de la vía que se ejecute el modelo, con ello se sabrá los trabajos que se deban realizar para poder obtener una rehabilitación.

7.4 Plan operativo

- Elaborar una propuesta de rehabilitación vial que permita desarrollar un plan que mejore las condiciones de la estructura de la capa de rodadura de la avenida Abdón Calderón.
- Determinar un diseño de estructura de pavimento flexible que permita entrar a ejecutar la rehabilitación de la vía objeto de este estudio.

7.5 Análisis de factibilidad

Para el desarrollo de la propuesta de rehabilitación se puede aplicar la metodología propuesta en esta investigación, tomando en cuenta que lo puede hacer cualquier profesional con conocimientos básicos en la rama de la vialidad, tomando como base las evaluaciones previamente levantada en campo, y procesada en gabinete, en función a las características y necesidades de la vía, para lo cual además se deberá contar con el personal y equipo idóneo y necesario para establecer una rehabilitación y de esta manera lograr la recuperación de la carpeta asfáltica de ser el caso, logrando obtener, una vía con características de seguridad y confiabilidad, dentro de ello: comodidad en el viaje, poder reducir los costos de operación, consumo de combustibles, repuestos de los vehículos, reducir tiempos de viaje.

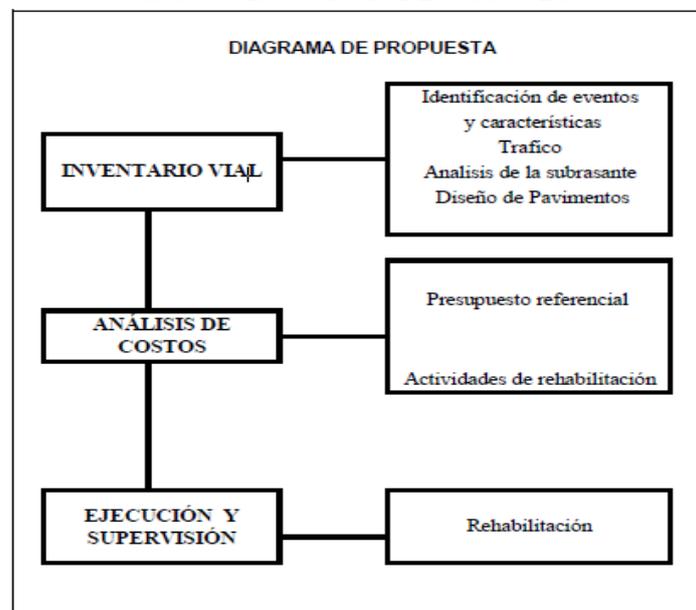
7.6 Fundamentación

El crecimiento poblacional y la expansión de la búsqueda de nuevos espacios para habitar, determina la necesidad de contar con vías asfaltadas y sabiendo que la vía en estudio es un eje importante al enlazar a dos parroquias en proceso de crecimiento en el cantón Quito y en la Provincia de Pichincha; transformándose en una de las obras que siempre han anhelado los pobladores de los sectores involucrados en esta vía, ya sea por sus actividades como residenciales, comerciales, industriales, turísticas y de circulación en general, se han visto reducidas por no contar con vía adecuada para su desarrollo.

7.7 Metodología de propuesta de rehabilitación

A continuación se describe las respectivas etapas que se deberá seguir para cumplir con la metodología que se propone:

Tabla 36 DIAGRAMA DE PROPUESTA



Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

7.7.1 Proceso de evaluación de condición del pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

7.7.2 Exploración de la condición de la superficie asfáltica

El formato que se presentan a continuación ilustran los datos que se consideran para la inspección de pavimentos asfálticos. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

Tabla 37 Exploración Condición de la superficie asfáltica
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
INSPECCIONADA POR	FECHA					
No.	Daño	No.				Daño
1	Piel de cocodrilo.	11				Parqueo.
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

7.7.3 Unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura: Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 ± 93.0 m². En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 38 LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

7.7.4 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la Evaluación de una red vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo. En la Evaluación de un Proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse puede ser un estimado del $PCI \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

7.7.5 Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar.

7.7.6 Evaluación de la condición

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Formatos correspondientes para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento.

- Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños.
- Se registra la información en el formato correspondiente.

- Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños.
- Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

7.7.7 Tráfico

Seguidamente se realizara el estudio de tráfico para verificar la capacidad de la vía, y determinar el tráfico futuro aplicando tasas de crecimiento vehicular, y al cual estará expuesta la vía, para ello se tiene los conteos vehiculares.

7.8 Diseño del pavimento para la propuesta

Para la propuesta se presenta el diseño de pavimentos de la avenida Abdón Calderón, de acuerdo con la metodología anteriormente expuesta, que servirá contar con una nueva propuesta de estructura de pavimento que de ser del caso su construcción resolvería el estado actual de la vía.

7.8.1 Tráfico del proyecto

Utilizaremos los datos y resultados del tráfico, el cuadro resumen, en el que nos indica, el tráfico proyectado a 10 y 20 años.

7.8.2 Estudio de la subrasante

Se refiere a las condiciones del suelo de fundación o subrasante, sobre la cual irán las distintas capas de la estructura del pavimento. Dependiendo de las características de esta, se determinaran los distintos espesores de la estructura,

en una relación inversa, puesto que a mejor calidad de la subrasante, menor es el espesor de las capas de la estructura y de la misma manera inversamente.

Se trata de determinar las propiedades de la subrasante, por lo que in situ se toma muestras del material, y se las procesa en el laboratorio, con la finalidad de determinar un CBR de diseño, el cual mediante correlaciones nos da un valor del módulo de resiliencia necesario para calcular los pavimentos.

Como se vio anteriormente se presentó el resumen de los distintos valores de CBR en cada abscisa del proyecto, y se encontró el valor del CBR de diseño, se grafica un diagrama en cual se representa la frecuencia en las abscisas y en las coordenadas, para el CBR de diseño, entraremos en el valor de frecuencia del 80% cortamos a la curva y leemos en las coordenadas el valor de CBR, este será el que tendremos como CBR de diseño.

En la actualidad, para diseñar pavimentos se hace referencia al Módulo de resiliencia, se ha adoptado ciertas correlaciones entre el valor del CBR con este módulo, que igual se mencionó anteriormente. Por lo tanto para un valor de CBR de diseño igual a 5,80% el Módulo de Resiliencia de nuestra subrasante será de 8.700,00 psi.

7.8.2.1 Características de los materiales

Los materiales a emplearse en la construcción de la estructura también son determinantes en el diseño del pavimento, por lo que los materiales pétreos para subbase, base y agregados para la carpeta asfáltica deberán tener ciertas características tales como la granulometría, límites de consistencia, abrasión, Modulo de resiliencia y del asfalto la penetración, ductilidad, punto de inflamación.

Los materiales pétreos después de determinar sus características se les asignara un valor que representa a los coeficientes “a” coeficientes estructurales

7.8.2.2 Característica del ambiente

Se trata de determinar las distintas zonas en las cuales el pavimento puede ser afectado, principalmente por las condiciones de humedad, es decir el agua, cuánto tiempo permanece en contacto con la estructura del pavimento, lo cual determina un cierto deterioro, puesto que el agua de superficie, trata de infiltrarse por la capa de rodadura a la estructura, y el agua subterránea, tiende a subir por efectos de la capilaridad, es por esta razón que se considera en el cálculo de espesores de pavimento a un coeficiente de drenaje. El coeficiente de drenaje está en función del tiempo que el agua permanece en la estructura y el tiempo que esta tarda en drenar.

7.8.3 Diseño de pavimentos flexibles

Un pavimento flexible está constituido por una o conjunto de capas en nuestro caso particularidad propondremos un conjunto de capas, sub base, base y carpeta asfáltica, El método empleado será el de la ASHTOO, del año 1993.

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

7.8.3.1 Ejes equivalentes a 8.2 ton.

El tráfico es uno de los factores que determinan el número estructural requerido, el método de la ASHTOO, transforma el número de vehículos a ejes equivalentes de 18000 lb, esta transformación se la realiza exclusivamente para

los vehículos tanto buses, como pesados, descartando a los livianos, pues no representa una afectación a la estructura del pavimento.

7.8.3.2 Factores de daño

Una vez transformado los vehículos pesados a ejes equivalentes se los afecta por un factor de daño, el cual es característico para cada uno de los vehículos pesados y buses. Luego de ello este valor debe ser afectado por los factores tanto de distribución por carril y por dirección, al considerar el tráfico, obtuvimos un valor de 908 veh/día en una proyección de veinte años, lo cual nos indica que tenemos una vía clase 3, la cual de acuerdo a la sección típica tiene dos carriles, uno por cada sentido, de acuerdo a las tablas de la AASHTO los factores de afectación serán:

- Factor de distribución por dirección igual a 0.50
- Factor de distribución por carril igual a 1.00.

Aplicando la ecuación tenemos:

$$W18 = Dd * DI * EAL$$

De donde: EAL = Número de ejes equivalentes a 8.2 ton en el periodo de diseño.

Dd= Factor de distribución direccional

DI = Factor de distribución por carril.

Luego de que este valor fue afectado por los factores tanto de distribución por carril y por dirección, al considerar, obtuvimos un valor de 908 veh/día en una proyección de veinte años, por lo cual se asume el diseño de una vía de clase 3.

PROPUESTA REHABILITACION
AVENIDA ABDÓN CALDERÓN - CONOCOTO

AÑO	% CRECIMIENTO			TRANSITO PROMEDIO DARIO			W18	W18	
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMIONES	ACUMULADO	CARRIL DISEÑO
0	3,87%	1,32%	3,27%	520	416	53	51	4,41E+04	2,21E+04
1	3,44%	1,17%	2,90%	536	430	54	52	8,90E+04	4,45E+04
2	3,44%	1,17%	2,90%	553	445	54	54	1,35E+05	6,75E+04
3	3,44%	1,17%	2,90%	571	460	55	56	1,82E+05	9,10E+04
4	3,44%	1,17%	2,90%	589	476	56	57	2,30E+05	1,15E+05
5	3,44%	1,17%	2,90%	608	493	56	59	2,79E+05	1,40E+05
6	3,10%	1,05%	2,61%	625	508	57	60	3,29E+05	1,65E+05
7	3,10%	1,05%	2,61%	643	524	57	62	3,80E+05	1,90E+05
8	3,10%	1,05%	2,61%	661	540	58	64	4,32E+05	2,16E+05
9	3,10%	1,05%	2,61%	680	557	59	65	4,85E+05	2,43E+05
10	3,10%	1,05%	2,61%	700	574	59	67	5,39E+05	2,69E+05
11	2,82%	0,96%	2,38%	718	590	60	69	5,94E+05	2,97E+05
12	2,82%	0,96%	2,38%	737	607	60	70	6,50E+05	3,25E+05
13	2,82%	0,96%	2,38%	757	624	61	72	7,07E+05	3,54E+05
14	2,82%	0,96%	2,38%	776	641	61	74	7,65E+05	3,83E+05
15	2,82%	0,96%	2,38%	797	660	62	75	8,24E+05	4,12E+05
16	2,82%	0,96%	2,38%	818	678	63	77	8,84E+05	4,42E+05
17	2,82%	0,96%	2,38%	839	697	63	79	9,45E+05	4,73E+05
18	2,82%	0,96%	2,38%	862	717	64	81	1,01E+06	5,05E+05
19	2,82%	0,96%	2,38%	884	737	65	83	1,07E+06	5,35E+05
20	2,82%	0,96%	2,38%	908	758	65	85	1,14E+08	5,68E+07

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

7.8.3.3 Nivel de confiabilidad Zr

Es la certeza que asumiremos para que el diseño cumpla con su finalidad, está determinado por el tipo de vía a diseñarse y el sector donde se encuentra ubicada.

La vía se considera COLECTORA, en zona rural.

Por lo que se asume un valor de confiabilidad de 90%, para asegurar la estructura, en consideración del valor bajo del CBR de diseño.

Tabla 40 NIVELES DE CONFIANZA

TIPO DE CAMINO	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía AASHTO 93

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Correlacionando la confiabilidad con la desviación Estándar Z_r se tiene:

Tabla 41 NIVELES DE CONFIANZA Y DESVIACION ESTANDAR

CONFIABILIDAD (%)	DESVIACION ESTANDAR
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
95	-1,645
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09

Fuente: Guía AASHTO 93

Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

7.8.3.4 Desviación estándar (S_o).

Para construcciones nuevas, en pavimentos flexibles se recomienda un valor entre 0.35 – 0.40. La desviación estándar S_o será de 0.40.

7.8.3.5 Índice de servicio

El índice de servicio inicial será de 4.20, y la vía no podrá ir más allá de un índice final de 2.00, por lo que se deberá prever un sistema de mantenimiento vial.

$$PSI = P_o - P_f \quad \text{Por lo tanto: } PSI = 2.20$$

7.8.3.6 Módulo de Resiliencia

Ya se determinó anteriormente el CBR de diseño con un valor de 5.80% y un módulo de resiliencia de 8700,00 psi. Con todos los datos obtenidos podemos aplicar la ecuación dictada por la AASHTO, teniendo lo siguiente:

PARA 20 AÑOS:

$$W_{18} = 512835,34 - S_o = 0.40$$

$$R = 90\% - PSI = 2.20$$

$$Z_r = -1.282 - M_r = 8700,00 \text{ psi.}$$

El número estructural requerido bajo las condiciones expuestas será: **NE = 2,80**

7.9 Transformación Número Estructural a espesores de capas

Se trata de transformar el número estructural en los distintos espesores de capas aplicando la siguiente expresión matemática.

$$NE = a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot d_3 \cdot m_3$$

Dónde: NE = Número estructural; a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales;

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje; d_1, d_2, d_3 = Espesores de las distintas capas.

7.9.1 Coeficientes Estructurales

7.9.1.1 Coeficiente estructural de la sub base

El CBR de la mina es de 56%, mediante correlación tenemos el módulo de resiliencia de 17654,67 psi, con un valor de **a1** igual a 0.129 (Ver monograma).

Si C.B.R. >20% $Mr.(p.s.i.) = 4326 \times \ln(CBR) + 241$

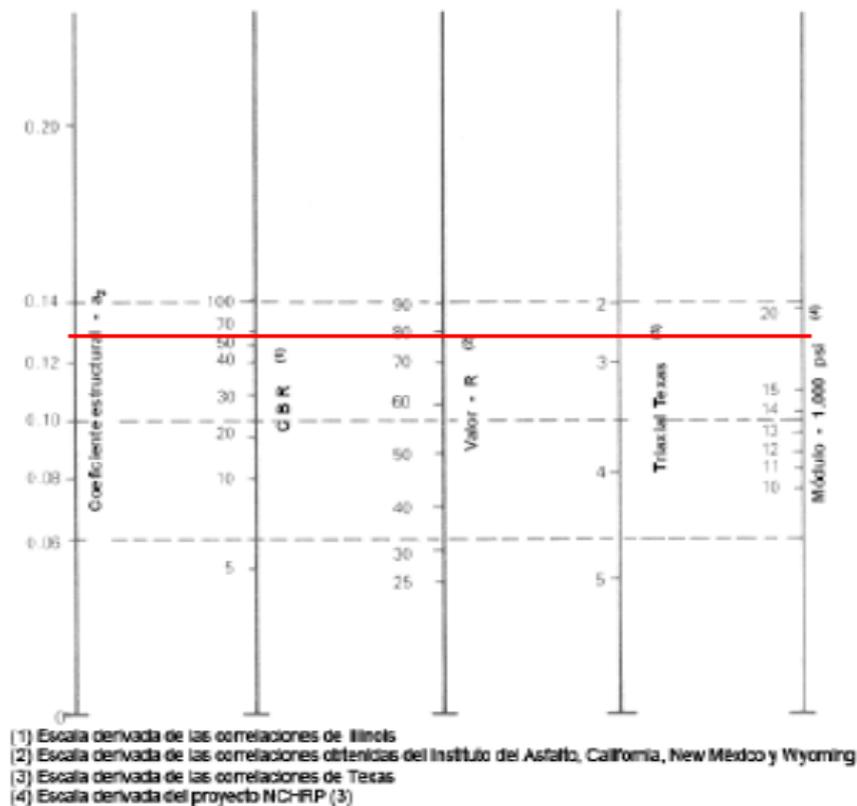
$Mr. (p.s.i.) = 4326 \times \ln (56) + 241$

$Mr. (p.s.i.) = 17.654.67 \text{ psi}$

7.9.1.2 Coeficiente estructural de la base

Asumiremos un valor de Módulo de Resiliencia de 40000 psi, lo cual nos da un valor del coeficiente estructural para la capa asfáltica de 0.33.

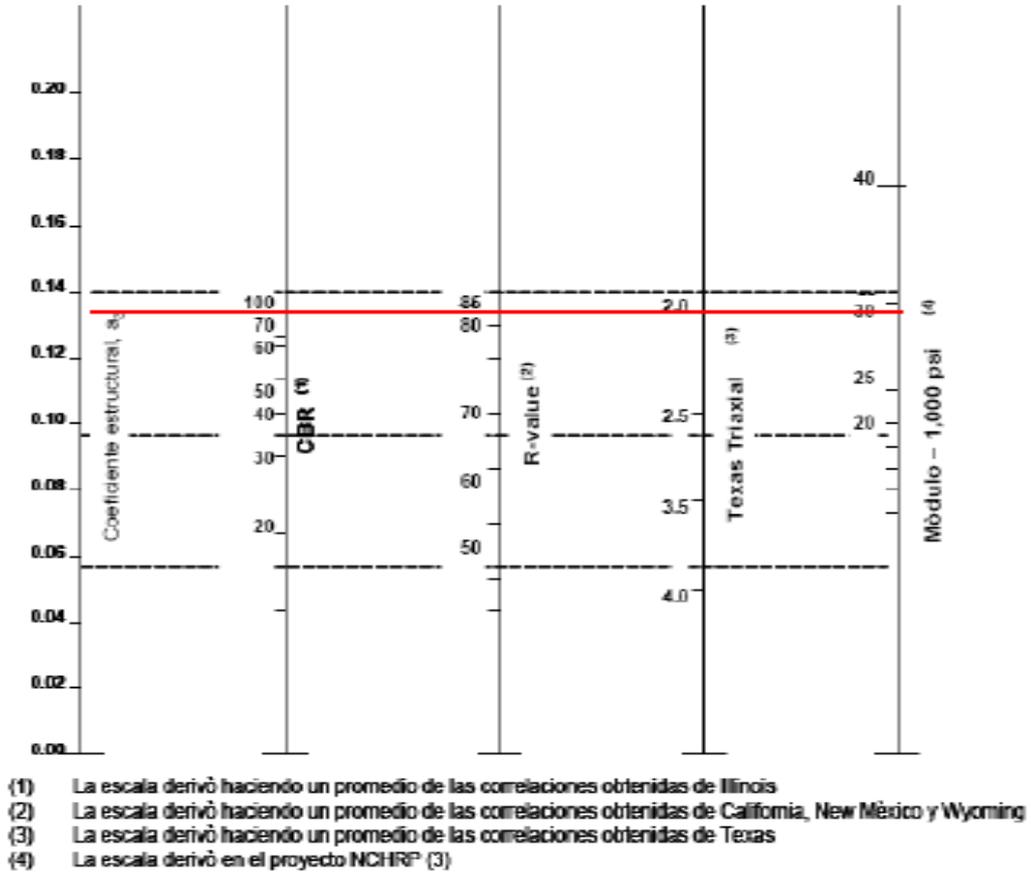
Figura 27 VARIACION EN EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL – SUBBASE



Fuente: Guía AASHTO 93

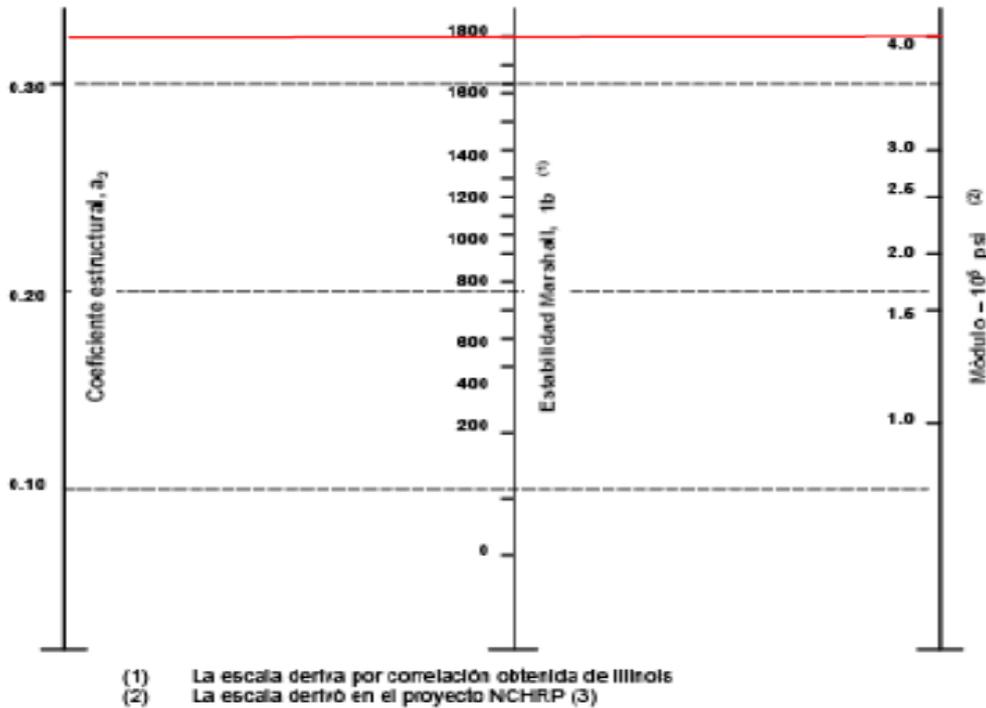
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Figura 28 VARIACION COEFICIENTE ESTRUCTURA – BASE



Fuente: Guía AASHTO 93
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Figura 29 VARIACION COEFICIENTE ESTRUCTURAL - CAPA DE RODADURA



Fuente: Guía AASHTO 93
 Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

7.9.2 Coeficientes de drenaje

Asumiremos una calidad de drenaje regular, con un porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación de 5-25%

Tabla 42 Coeficiente de drenaje

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menor 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,2
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,8
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,6
Muy pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,4

Fuente: Guía AASHTO 93
Elaboró: William Marcelo Hurtado Arias

Para la sub base y base asumiremos un valor de 1.00.

7.10 Resumen de Datos.

CÁLCULO PARA 20 AÑOS:	- NE =	2,80
	- a1 =	0.33
	- a2 =	0.134
	- a3 =	0.129
	- m2 =	1.00
	- Mr =	8700 psi.
	- W18 =	512835,34
	- Zr =	-1,282
	- m3 =	1.00
	- So =	0.40
	- PSI =	2.20

7.11 Diseño de las capas de la estructura del pavimento

AVENIDA ABDÓN CALDERÓN – CONOCOTO

Tabla 43 Diseño de las capas de la estructura del pavimento

DATOS: No. AÑOS = 20		
EJES ACUMULADOS 8.2 ton.	:	568,835
CONFIABILIDAD (%)	:	90
DESVIACION ESTANDAR	:	- 1.282
ERROR ESTANDAR COMBINADO	:	0.4
MODULO HORMIGON ASFALTICO (psi)	:	400,000
MODULO DE LA BASE (psi)	:	19,561
MODULO DE LA SUBBASE (psi)	:	17,655
MODULO DE LA SUBRASANTE	:	8,700
PERDIDA TOTAL DE P.S.I.	:	2.2

DRENAJE			
a 1	:	0.330	m 1 : x
a 2	:	0.134	m 2 : 1.000
a 3	:	0.129	m 3 : 1.000

AJUSTE DEL SN1	
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO	: 2,840
LOG (EJES ACUMULADOS)	: 5,750
ECUACIÓN DE COMPROBACION	: 5,750

AJUSTE DEL SN2(BASE GRANULAR)	
NÚMERO ESTRUCT REQUERIDO	: 2,100
LOG (EJES ACUMULADOS)	: 5,750
ECUACION DE COMPROBACION	: 5,750

AJUSTE DEL SN3(SUBBASE)	
NÚMERO ESTRUCT REQUERIDO	: 2,185
LOG (EJES ACUMULADOS)	: 5,750
ECUACIÓN DE COMPROBACIÓN	: 5,750

Tabla 44 DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA

CAPAS DEL PAVIMENTO	NUMERO ESTRUCTURAL	NUMERO ESTRUCTURAL CORREGIDO	ESPESOR CALCULADO	ESPESOR ADOPTADO (plg)	ESPESOR ADOPTADO (cm)
CAPA ASFALTICA CON MEZCLA EN CALIENTE	D 1		6,36	2,00	5,00
	SN 1	0,66			
BASE GRANULAR CLASE 4	D 2		11,38	6,00	15,00
	SN 2	0,80			
SUB BASE GRANULAR CLASE 3	D 3		10,60	12,00	30,00
	SN 3	1,55			
TOTAL		3,01	28,34	20,00	50,00

SIMBOLOGÍA:

ai : Coeficiente estructural de capa.

Di : Espesor de la capa (plg).

mi : Factor de drenaje.

SNI* : Número estructural corregido (plg)

7.12 Cálculo de espesores

Como resumen los datos necesarios para emprender una rehabilitación de la avenida Abdón Calderón son los siguientes resultados

PARA 20 AÑOS	}	Carpeta asfáltica =	5	cm
		Base clase IV =	15	cm
		Sub base Clase III =	30	cm

7.13 Operaciones de rehabilitación y mejora

Tabla 45 Operaciones de rehabilitación y mejora

OPERACIONES DE REHABILITACIÓN Y MEJORA		Ejemplo de Operaciones
	Naturaleza	Denominación
Vialidad	Ayuda a la vialidad	Colocación de barrera antideslumbrante
Pavimentos	Firmes flexibles y semirrígidos	Extensión de aglomerado en caliente en capa de rodadura
		Extensión de lechada bituminosa
		Auscultación del firme
	Firmes rígidos	Auscultación del firme
Obras de suelo	Protección contra desprendimientos y/o arrastres	Colocación de malla de protección
		Colocación de gaviones
		Colocación de bermas intermedias
		Construcción de cunetas a pie de talud
Drenaje	Drenaje superficial	Construcción de cunetas revestidas
		Revestimiento de cunetas
		Colocación de bordillo
		Construcción de bajantes
	Drenaje profundo	Construcción de drenaje profundo
	Obras de desagüe transversal	Construcción de alcantarillas
Entorno de carretera	Vegetación	Plantación
		Instalación de riego
	Entorno de carretera	Creación del área de descanso
		Mejora de isletas
Obras de fábrica	Pequeñas obras de paso y puentes	Inspección principal de obras de paso o puentes
		Colocación de barandilla metálica
		Impermeabilización de tablero
		Ensanche de obra de paso o de puente
	Muros	Colocación de mechinales
		Construcción de muro
Señalización y defensa	Señalización vertical	Colocación de señal vertical lateral
	Señalización horizontal	Colocación de señales
	Defensa	Colocación de barreras
		Colocación de barra de cerramiento
Otras instalaciones	Semáforos	Instalación semafórica
	Otra instalaciones	Instalación de señales de mensaje luminoso

Posibles soluciones

Las soluciones que se puede considerar en la vía en estudio, y dependiendo de las características de cada una de las otras vías en las que se requiera aplicar este sistema se considera las siguientes soluciones:

- En el caso puntual de la vía en estudio, se recomienda un fresado de la carpeta actual, esta operación comprende los trabajos de reconstrucción con mezcla asfáltica en caliente de las capas bituminosas, en parte o en su total espesor.
- Se utilizara el material reciclado (material que se encuentra colocado en la estructura del pavimento y puede ser considerado para ser reutilizado, en la nueva estructura vial, si este ha sido aprobado el estudio justificativo de los espesores y características de las capas del pavimento, y este no haya perdido sus características iniciales), este trabajo se lo ejecutara con la ayuda de una maquinaria llamada recicladora de asfaltos, para colocar una capa de carpeta asfáltica nueva, por tener un 60% de deterioro en la capa de rodadura.

7.14 Aplicación del plan de rehabilitación

Para poder tener una comprensión del modelo de gestión del cual se está tratando, y respecto a las actividades que se deberán realizar en la vía para lograr una rehabilitación se expone el siguiente cuadro donde se dan a conocer los objetivos de cada acción y su respectivo criterio de aplicación.

Por lo anteriormente descrito se concluye que para la vía objeto de estudio se tomó como alternativa para la rehabilitación de la capa de rodadura y, así como también el mejoramiento de la señalización tanto horizontal como vertical, con la colocación

de las capas de material de sub- base, base y carpeta asfáltica como capa de rodadura, a lo largo de todo el trazado vial.

La ejecución de la rehabilitación vial para mejorar la capa de rodadura, consistirá en entregar a un equipo de construcción para la realización de dichos trabajos, pero sin olvidar luego de su rehabilitación realizar un monitoreo de las condiciones en las cuales se encuentra la vía en forma periódica, para poder aplicar el mantenimiento necesario y no esperar que la vida útil de la vía se acaba para nuevamente iniciar con los trabajos de una nueva rehabilitación.

Tabla 46 TRABAJOS DE REHABILITACION

No.	ACTIVIDAD	OBJETIVO	CRITERIO PARA LA APLICACIÓN
1	COLOCACION DE MATERIAL DE SUBBASE	Se colocará la capa de de material de subbase para mejorar la capacidad soportante de la vía.	Se ejecutara esta actividad siempre y cuando lo justifique y de acuerdo a un estudio previo
2	COLOCACION DE MATERIAL DE BASE	Se colocará la capa de de material de base para mejorar la capacidad soportante de la vía.	Se ejecutara esta actividad siempre y cuando lo justifique y de acuerdo a un estudio previo
3	CARPETA ASFALTICA	La colocación de la carpeta asfáltica sobre una base preparada, para el efecto con el fin de mejorar la condición de la vía.	Se ejecutara esta actividad siempre y cuando lo justifique y de acuerdo a un estudio previo
4	TRABAJOS DE HORMIGON	La construcción de cunetas basicamente para recogerde la explanación de la vía el agua lluvia	Se ejecutara esta acción obligatoriamente para preservar la calzada
5	TRABAJOS EN HORMIGON (ALCANTARTILLAS)	La construcción de alcantarillas su función es de gran importancia para evacuar el agua que se recoge de las cunetas fuera de las calzadas	Se ejecutara esta acción obligatoriamente para preservar la calzada
6	COLOCACION DE TUBERIA NUEVA	LA colocación de nueva tubería en vias existentes para mejorar el sistema de drenaje	Se ejecutara esta acción obligatoriamente para preservar la calzada
7	SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL	Guiar el trabajo, informar al usuario y prohibir determinados movimientos vehiculares y peatonales	Se ejecutará esta actividad para prevenir e informar sobre sitios peligrosos en el trayecto de la vía.
8	CUIDADO DE LA VEGETACION	Mantener las vías y su entorno en un estado de limpieza y orden de acuerdo al decoro que corresponde a su servicio público	Se ejecutara esta actividad siempre y cuando lo justifique y de acuerdo a un estudio previo

7.15 Presupuesto referencial de rehabilitación

Tabla 47 PRESUPUESTO REFERENCIAL
Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

No.	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNID.	CANTIDAD	P. U.	P. TOTAL
1	FRESADO DE CARPETA ASFÁLTICA. (406-8)	m3	21.231,00	7,97	169.211,07
2	TRANSPORTE DE MATERIAL DE FRESADO. 309-2(2)b. A planta de asfáltos de la EPMMOP	m3-km	233.355,20	0,34	79.340,77
3	ACABADO DE LA OBRA BÁSICA EXISTENTE. 308-2(1). Incluye rasanteo, conformación y compactación de la subrasante	m2	42.462,00	1,32	56.049,84
4	SUB-BASE CLASE 3 - SIN TRANSPORTE. 403-1(E)	m3	12.738,60	8,03	102.290,96
5	BASE CLASE 4 - INCLUYE TRANSPORTE	m3	6.369,30	16,64	105.985,15
6	TRANSPORTE SUB-BASE, BASE, MATERIAL MEJORAMIENTO. 309-4(2)	m3-km	7.296,52	0,34	2.480,82
7	IMPRIMACIÓN. 405-1(1). No incluye arena de secado	lt	58.168,69	0,55	31.992,78
8	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE e=5.0 cm. 405-5d. Mezcla en planta, incluye transporte mezcla a obra	m2	42.462,00	12,22	518.885,64
9	LIMPIEZA DE SUMIDERO Y TUBERÍA	u	60,00	10,34	620,40
10	LIMPIEZA CUNETAS, CANALES Y DESBROCE. Vía de alto tráfico, equipos de seguridad, trabajo manual, incluye desalojo	m	2.500,00	4,86	12.150,00
MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES					
11	AGUA PARA CONTROL DE POLVO. 205-(1)	m3	750,00	5,29	3.967,50
12	CHARLAS DE CONCIENTIZACIÓN: Seguridad industrial y salud. 220-(1)	u	2,00	402,72	805,44
13	Letrero Ambiental del Proyecto (0,6x1.20 m) H= 2.00 m. 711iF	u	2,00	159,95	319,90
14	PUBLICACIONES POR PRENSA 8.4X9.4CM. 220-(6)	u	2,00	921,82	1.843,64
TOTAL SIN IVA				USD	1.085.943,90

Se determinará que el presupuesto referencial para la rehabilitación de la vía será de 1'085.943,90 USD, para la totalidad de la vía y el costo por Km será de USD 230.170,39 aproximadamente.

7.16 Cronograma referencial de trabajos de rehabilitación.

Tabla 48 CRONOGRAMA

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS									
Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito									
RUBRO DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO					
				DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL QUITO - ECUADOR				30	30	30	30	30	15
FRESADO DE CARPETA ASFALTICA. (406-8)	21.231,00	7,97	169.211,07	7.048,52	9.454,99	4.727,49	4.727,49	37.678,12	
TRANSPORTE DE MATERIAL DE FRESADO. 309-2(2)b.	233.355,20	0,34	79.340,77	175.085,24	38.846,64	19.423,32	19.423,32	6.603,93	
A planta de asfáltos de la EPMMP				59.528,98	13.207,86				
ACABADO DE LA OBRA BASICA EXISTENTE: 308-2(1). Incluye rasanteo, conformación y compactación de la subrasante	42.462,00	1,32	56.049,84	37.097,47	3.576,35	1.788,18	1.788,18	2.360,39	
SUB-BASE CLASE 3 - SIN TRANSPORTE. 403-1(E)	12.738,60	8,03	102.290,96	48.968,67	4.720,78	12.738,60	12.738,60		
BASE CLASE 4 - INCLUYE TRANSPORTE	6.369,30	16,64	105.985,15	102.290,96	6.369,30				
TRANSPORTE SUB-BASE. BASE. MATERIAL MEJORAMIENTO. 309-4(2)	7.296,52	0,34	2.480,82	105.985,15	7.296,52				
IMPRIMACION. 405-1(1). No incluye arena de secado	58.168,69	0,55	31.992,78	46.470,49	7.018,92	4.679,28	4.679,28		
BASE ASFALTICA CALIENTE MEZCLADA EN 404-5. Tendido, conformación y compactación, sin transporte	42.462,00	12,22	518.885,64	25.558,77	3.860,41	2.573,60	2.573,60		
LIMPIEZA DE SUMIDERO Y TUBERIA	60,00	10,34	620,40	37.097,47	3.218,72	2.145,81	2.145,81		
LIMPIEZA CUNETAS, CANALES Y DESBROCE. Vía de alto	2.500,00	4,86	12.150,00	453.331,08	39.332,73	26.221,82	26.221,82		
trafico, equipos de seguridad, trabajo manual, incluye des				20,00	206,80	20,00	20,00		20,00
AGUA PARA CONTROL DE POLVO. 205-(1)	750,00	5,29	3.967,50	206,80	206,80	206,80	206,80		206,80
CHARLAS DE CONCIENCIACIÓN: Seguridad industrial y salud. 220-(1)	2,00	402,72	805,44						2.500,00
Letrero Ambiental del Proyecto (0.6x1.20 m) H= 2.00 m. 711IF	2,00	159,95	319,90	250,00	250,00	250,00	250,00		12.150,00
PUBLICACIONES POR PRENSA 8.4X9.4CM. 220-(6)	2,00	921,82	1.843,64	1.322,50	1.322,50	1.322,50	1.322,50		
TOTAL		USD	1.085.943,90						
INVERSION MENSUAL REPROGRAMADA				646.015,33	348.557,45	76.967,17	76.967,17		14.403,96
AVANCE PARCIAL EN %				59,49	32,10	7,09	7,09		1,33
INVERSION ACUMULADA				646.015,33	994.572,78	1.071.539,94	1.071.539,94		1.085.943,90
AVANCE ACUMULADO EN %				59,49	91,59	98,67	98,67		100,00

7.17 Análisis de Precios Unitarios.

En el ANEXO No. 5 se presenta los análisis de precios unitarios con los que se determina el presupuesto referencial de la presente propuesta.

7.18 Costos de operación vehicular.

Todo lo expuesto anteriormente conlleva a obtener un costo menor de la operación vehicular, ya que son los usuarios quienes son los responsables y beneficiarios directos del estado de la vía, además de ello todos estos gastos dependen de las condiciones del pavimento, topografía del terreno y del diseño geométrico de la vía, esto se refleja en los consumos de gasolina, aceites, llantas, reparación vehicular, disminución de accidentes, entre otras.

7.18.1 Costo Directo

Costo Horario

Este es un aspecto importante en el análisis de costos para posteriormente fijar el precio unitario, en esta sección se explican en forma sencilla los lineamientos a seguir para el cálculo de los costos horarios apegándose a las normas generales de la Ley de Obras Públicas, que en forma general es aplicada tanto a la industria paraestatal centralizada y descentralizada, así como para la industria privada.

Las cifras que aquí se muestran son válidas para condiciones promedio de la operación de la maquinaria, así como se refieren a máquinas nuevas durante el primer año de operación, para el análisis de costos horarios de maquinaria usada, se deberán hacer consideraciones similares con las modificaciones de vida útil, precio de adquisición y reparaciones correspondientes.

Factores que intervienen en el costo horario de maquinaria y equipo

Para el análisis de costos horarios se consideran los siguientes cargos:

- Cargos fijos
- Cargos por consumo
- Cargos por operación y
- Cargos por transporte.

A su vez los cargos fijos y los cargos por consumo se subdividen de la manera siguiente:

- **CARGOS FIJOS:** - Inversión. - Depreciación. – Seguros. - Almacenaje. - Mantenimiento.
- **CARGOS POR CONSUMO:** - Combustible. - Otras fuentes de energía. - Lubricantes. – Llantas

7.18.2 Definiciones

- **CARGOS FIJOS:** Son cargos que ayudan a determinar el costo horario independientemente de que el equipo o maquinaria esté operando o inactivo.
- **INVERSIÓN:** Es el cargo equivalente a los intereses del capital, invertido en maquinaria.
- **DEPRECIACIÓN:** Es el resultado de la disminución del valor original de la maquinaria como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.
- **SEGUROS:** Se refiere a los posibles accidentes de trabajo como podría ser la destrucción imprevista de un equipo, es un riesgo que se puede cubrir a través de la compra de un seguro o que la empresa decida absorber ese gasto funcionando como auto aseguramiento

- **ALMACENAJE:** El equipo requiere de un almacenamiento en las épocas en que está inactivo, por lo tanto habrá que considerar los gastos correspondientes a la renta o amortización, manteniendo en las bodegas o patios de guarda la vigilancia necesaria. Este concepto último se puede considerar dentro de los costos indirectos.
- **MANTENIMIENTO:** Es necesario mantener los equipos en las mejores condiciones de operación, con el fin de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. Por lo tanto el mantenimiento es fundamental para este fin.
- **CARGOS POR CONSUMO.-** Estos cargos sólo se consideran cuando el equipo está en funcionamiento, ya que requiere entonces del consumo de combustibles, lubricantes y llantas.
- **COMBUSTIBLE:** Es el derivado de todas las erogaciones originales de los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo.
- **LUBRICANTES:** Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceite, incluye los costos necesarios para el suministro y puesta en la unidad.
- **LLANTAS:** Se considera este cargo sólo para aquella maquinaria en la cual al calcular su depreciación se haya deducido el valor de las llantas del valor inicial de la misma.
- **CARGOS POR OPERACIÓN:** Es el que se deriva de las erogaciones que hace la empresa por concepto del pago de los salarios del personal encargado de la operación de la máquina por hora efectiva de la misma.

7.18.3 Combustibles y lubricantes

- El consumo de combustibles y de un vehículo es uno de los elementos que toma en cuenta para la determinación de los costos de hora máquina.
- El consumo de combustible horario es función de gran número de factores no fácilmente mensurable, entre los que pueden citarse: potencia de la máquina, ciclo de trabajo efectivo, experiencia de los operadores, condiciones mecánicas de diseño y operación, altura sobre el nivel del mar a la que operan etcétera.
- De acuerdo a lo expuesto arriba, es deseable obtener el consumo de combustible horario mediante medición directa del mismo, lo cual es muy difícil que lo hagan los analistas de costos y precios unitarios.
- Existe un grupo de máquinas cuyos ciclos de trabajo efectivo se puede considerar cuantitativamente del mismo orden.

7.18.4 Aceites lubricantes

El consumo de aceites lubricantes horario es uno de los elementos que se toman en cuenta para la determinación del costo hora máquina.

De acuerdo con observaciones efectuadas tanto en el laboratorio como en el campo de las obras, el consumo horario de aceite lubricante total es función de:

- La capacidad del cárter de la máquina.
- Del tiempo de operación de la máquina entre dos cambios sucesivos de aceite.
- Del consumo de combustible utilizado.

7.18.5 Fórmulas para el costo horario de maquinaria y equipo

A continuación se da un resumen de las fórmulas empleadas para el cálculo horario de maquinaria y equipo, con un ejemplo práctico.

Ecuación 13 Costo horario de maquinaria y equipo

DATOS GENERALES		
TERMINO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Vm	Valor de la máquina o equipo considerado como nuevo	\$ 500.000,00
Vr	Valor de rescate de la máquina o equipo	20% \$ 100.000,00
Ve	Vida económica (horas efectivas de trabajo)	9.000,00
Hea	Número de horas efectivas de trabajo durante el año	1.500,00
i	Tasa de interés anual	15,00%
s	Prima anual promedio de seguros	4,00%
Ko	Coefficiente por mantenimiento tanto mayor como menor	0,80
	Tipo de combustible	Diesel
HP	Caballos de fuerza	190,00
Fo	Factor de operación de la maquinaria o equipo	0,75
Ce	Coefficiente de combustible determinado por la experiencia	0,20
Gh=Hp*Fo*Ce	Cantidad de combustible utilizado por hora efectiva de trabajo. (lts)	28,50
Pc=	Precio del combustible (por litro)	\$ 3,760
CC	Capacidad del cárter lts	17,00
Tc	Tiempo para el cambio de aceite "Tc" (horas)	150,00
Ca	Coefficiente experimental para lubricante consumido por hora (lts)	0,00
Ah=Ca*HP*Fo	Cantidad de aceites lubricantes consumidos por hora efectiva de trabajo	0,50
Ga=CC/Tc	Consumo entre cambios sucesivos de lubricantes	0,11
Pa	Costo de los aceites lubricantes (por litro)	\$ 22,00
Pn	Valor de las neumáticos o llantas	15.000,00
Vn	Horas de vida económica de las llantas	2.000,00
Va	Horas de vida económica de las piezas especiales	2.500
Pa	Valor de las piezas especiales	\$ 5.900,00
Sr	Salario real del personal necesario para operar la máquina o equipo	\$ 321,22
Ht	Horas efectivas de trabajo de la maquinaria dentro del turno	8,00
Kh	Coefficiente en función del tipo de trabajo y de la herramienta requerida.	-
Mo	Costo unitario por concepto de mano de obra.	-
Ks	Coefficiente en función del tipo de trabajo y del equipo requerido para la seguridad del trabajador	-

Tabla 49 Cálculo y determinación de Costo horario de maquinaria y equipo

DETERMINACIÓN COSTO HORARIO						
Costos	Fórmula		Cálculo	Costos horarios		
COSTOS FIJOS				OPERACIÓN	EN ESPERA	EN RESERVA
Costo por Depreciación	D =	$\frac{Vm - Vr}{Ve}$	D = $\frac{400.000,00}{9.000,00}$	\$ 44,44	\$ 35,56	\$ 35,56
Costo por Inversión	Im =	$\frac{(Vm + Vr) \cdot i}{2Hea}$	Im = $\frac{90.000,00}{3.000,00}$	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00
Costo por Seguros	Sm =	$\frac{(Vm + Vr) \cdot s}{2Hea}$	Sm = $\frac{24.000,00}{3.000,00}$	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00
Costo por Mantenimiento	Mn =	$Ko \cdot D$	Mn = 35,56	\$ 35,56	\$ 35,56	\$ 28,44
SUBTOTAL COSTOS FIJOS = Cfi				\$ 118,00	\$ 109,11	\$ 102,00
COSTOS POR CONSUMO				OPERACIÓN	EN ESPERA	EN RESERVA
Costo por Combustibles	Co =	$Gh \cdot Pc$	Co = \$ 107,16	\$ 107,16	\$ 32,15	\$ -
Costo otras fuentes de energía	Cof =		Cof =	\$ -	\$ -	\$ -
Costo por lubricantes	Lb =	$(Ah + Ga) \cdot Pa$	Lb = 13,47	\$ 13,47	\$ 4,04	\$ -
Costo por llantas	N =	Pn/Vn	N = 7,5	\$ 7,50	\$ -	\$ -
Costo por piezas especiales	Ae =	Pa/Va	Ae = 2,36	\$ 2,36	\$ -	\$ -
SUBTOTAL COSTOS POR CONSUMO = Cco				\$ 130,49	\$ 36,19	\$ -
COSTOS POR OPERACIÓN				OPERACIÓN	EN ESPERA	EN RESERVA
Costo por salarios de operación	Po =	Sr/Ht	Po = 40,1525	\$ 40,15	\$ 40,15	\$ -
Costo por herramienta de mano	Hm =	$Kh \cdot Mo$	Hm = 0	\$ -	\$ -	\$ -
Costo directo por equipo de seguridad	Es =	$Ks \cdot Mo$	Es = 0	\$ -	\$ -	\$ -
SUBTOTAL COSTOS POR OPERACIÓN = Cop				\$ 40,15	\$ 40,15	\$ -
TOTAL COSTO HORARIO Phm = Cfi + Cco + Cop				\$ 288,64	\$ 185,45	\$ 102,00

7.18.6 Costo Indirecto

FUNDAMENTOS DEL COSTO INDIRECTO

En conclusión, el costo es el valor que representa el monto total de lo invertido tiempo, dinero y esfuerzo para comprar o producir un bien o un servicio. En otras palabras el costo lleva implícito otros términos que deben definirse, siendo los siguientes:

- **COSTO:** Es el precio que se aplica a los bienes que se pueden aumentar a voluntad. Se fundan en las estimaciones de valor de las partes del mercado. Constituyen un punto importante de partida para la valoración de las mercancías por parte de la oferta.
- **PRECIO:** Proporción en que se pueden intercambiar dos bienes.

7.18.7 Definiciones Costo Indirecto

- **COSTO INDIRECTO.-** Es la suma de gastos técnico administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.
- **COSTO INDIRECTO DE OPERACIÓN.-** Es la suma de gastos que, por naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo.

7.18.8 Organización central

La organización central de una empresa, particularmente, constructora proporciona el soporte técnico necesario para llevar a cabo obras de naturaleza diversa, en forma eficiente, y consecuentemente, éstas absorben un cargo por este concepto, lo cual se sugiere realizarlo en forma porcentual, con base a tiempo y

costo, es decir, obtener el costo de la organización central para un periodo de tiempo y para este mismo periodo,

estimar el probable volumen de ventas a costo directo que en forma realista pueda contratar, y así permitir determinar de cada peso contratado a costo directo, cuánto debe incrementarse para cubrir los gastos de la oficina central.

7.18.9 Costo de la oficina central

Para el análisis del costo de una organización central, independientemente de su estructura orgánica, sus gastos pueden agruparse en cuatro principales rubros, que en forma enunciativa y no limitativa, pueden ser:

- **GASTOS ADMINISTRATIVOS Y TÉCNICOS.-** Son los gastos que representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de staff de una empresa, tales como honorarios o sueldos de ejecutivos, consultores, auditores, contadores, técnicos, secretarías, recepcionistas, jefes de compras, almacenistas, choferes, mecánicos, veladores, dibujantes, personal de limpieza, mensajeros, iguales por asuntos fiscales y jurídicos, etcétera.
- **ALQUILERES Y DEPRECIACIONES.-** Son aquellos gastos por conceptos de bienes, inmuebles, muebles y servicios necesarios para el buen desarrollo de las funciones ejecutivas, técnicas, administrativas y de staff de una empresa, tales como rentas de oficinas y almacenes, servicios de teléfonos, luz eléctrica, correos y telégrafos, servicios de internet, gastos de mantenimiento del equipo de almacén, de oficinas y de vehículos asignados a la oficina central, así como también, depreciaciones que deberán separarse para la reposición oportuna de

los equipos antes mencionados, al igual que la absorción de gastos efectuados por anticipado, tales como gastos de organización y gastos de instalación.

- **OBLIGACIONES Y SEGUROS.-** Se refiere a los gastos obligatorios para la operación de la empresa y convenientes para la dilución de riesgos a través de seguros que impidan una súbita descapitalización por siniestros; pudiéndose enumerar entre otros: inscripción en la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, cuotas a Colegios y Asociaciones Profesionales, seguros de vida, de accidentes, de vehículos, de robo, de incendio.
- **MATERIALES DE CONSUMO.-** Estos son los gastos en artículos de consumo necesarios para el funcionamiento de la empresa, tales como: combustibles y lubricantes de vehículos al servicio de la oficina central, gastos de papelería en general, artículos de oficina, copias heliográficas y reproducciones, artículos de limpieza, pasajes, azúcar, café y gastos del personal técnico administrativo por alimentos.
- **FICHAS DE INVENTARIO.** Se presenta un ejemplo de las fichas de inventario que se deberán utilizar al momento de recolectar las necesidades actuales de la vía a ser intervenida.

7.19 Administración

Para la implementación de la propuesta que se presenta es necesario contar con un sistema Administrativo, que tenga una estructura orgánica y funcional, que logre la ejecución en forma correcta del Modelo de Rehabilitación propuesto.

7.19.1 Personal técnico.

Se deberá contar con el siguiente personal, el cual tendrá a su cargo la realización de la rehabilitación, y que a más de ello se encargará de la conservación y mantenimiento de la vía propuesta.

Tabla 50 Personal técnico

PERSONAL TÉCNICO	NUMERO DE PERSONAS	PERFIL PROFESIONAL	ACTIVIDADES
INGENIERO CIVIL	1	Ingeniero Civil, experto y con conocimientos de administración de pavimentos	Administrar la empresa, y responsable del personal y actividades individuales y colectivas
INGENIERO EXPERTO EN PAVIMENTOS	1	Ingeniero Civil, experto y con conocimientos de diseño de pavimentos	Diseño de pavimentos y jefe de laboratorio

7.19.2 Personal de apoyo

Con la responsabilidad del caso de cada uno de los profesionales, también será necesario personal de apoyo, para cumplir con las metas propuestas, el cual se lo detalla:

Tabla 51 Personal de apoyo

PERSONAL DE APOYO	NUMERO DE PERSONAS	PERFIL NECESARIO	ACTIVIDADES
TECNICO DE CAMPO	1	Mínimo egresado de Ingeniería civil	Recopilación de datos y procesamiento de los mismos en oficina
TOPÓGRAFO	1	Topógrafo con experiencia en vías	Replanteo y nivelación, entre otras
SECRETARIA	1	Secretaria ejecutiva	Llevar archivos y registros de la obra
OPERADORES	2	Operadores con título profesional	Trabajos de colocación de material y carpeta asfáltica
CHOFER	1	Chofer profesional	Traslado de equipo y personal

7.19.3 Equipo requerido

Una de las principales ventajas sobre la utilización de un modelo de rehabilitación vial, es que ofrece a los administradores y constructores viales una herramienta de aplicación para llevar de manera técnica precisa y eficaz los recursos, por medio de la planificación, ejecución y control de determinados proyectos, con lo que se podrá optimizar las inversiones en la infraestructura vial, y se dará niveles de servicio satisfactorios a los usuarios de la vía, y con todo ello se reducirán costos de acciones de rehabilitación, y por ende una planificación para en lo posterior dar el mantenimiento necesario a la vía.

Tabla 52 Equipo requerido

EQUIPO Y MAQUINARIA	CANTIDAD	UTILIDAD
EQUIPO MINIMO DE AFIRMADO	1	Colocación de capas inferiores de la estructura del pavimento
COMPUTADORES, PORTÁTIL Y DE ESCRITORIO	3	Trabajos de campo y gabinete
IMPRESORA	2	Impresión de documentos
CAMIONETAS	1	Para trasporte de personal
ESTACIÓN TOTAL Y NIVEL DE PRECISIÓN, ODOMETRO MANUAL	1	Trabajos de topografía y odometría

Capítulo 8

Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

El estudio realizado provoca generar una rehabilitación de la capa de rodadura de la vía objeto de la investigación, así también, busca una administración óptima y acorde con las necesidades de la población y que a más de reducir costos de operación como son combustibles, repuestos, mantenimiento vehicular, índice de accidentes, busca dar un servicio óptimo de seguridad y comodidad, y por consiguiente, el aumento de la vida útil de la vía.

El tramo de la vía estudiado, en la mayoría de sus secciones se encuentra en malas condiciones estructurales. Durante los años de servicio aproximadamente se han colocado capas de asfalto o dar solución puntual a diferentes áreas realizado un bacheo.

La utilización del Sistema PAVER para diagnosticar el estado de la capa de rodadura de la vía en estudio, es de gran ayuda por su versatilidad, y se utiliza para la calificación funcional y estructural de los pavimentos. Además este sistema de Evaluación y Administración de Pavimentos se lo usa a nivel militar y civil, y desde su implementación en 1980, ha obtenido una rápida aceptación y aplicación para objetivos de mejorar y rehabilitar vías deterioradas.

El estudio de la avenida Abdón Calderón, consta de todas las características y requerimientos propios para poder implantar una rehabilitación y mantenimiento de vías de similares características y aledañas, dentro de la parroquia de Conocoto,

teniendo en cuenta las similitudes en los principales parámetros que se necesitan. El pavimento del tramo analizado se encuentra en condiciones regulares y pobres por lo que se necesitan realizar mantenimientos que mejoren la serviciabilidad.

Es necesaria la realización de dichos mantenimientos en un plazo corto de tiempo debido a que el pavimento se encuentra en el límite de la pendiente crítica de la curva del ciclo de vida de un pavimento y en la cual los costos de mantenimiento se verían incrementados en un 400% en caso de no realizarse a tiempo dichos mantenimientos.

En vista que en la vía se observa varios tipos de fallas como se describe en el Anexo 2 a causa de la mala mezcla asfáltica, se recomienda realizar un fresado para retirar los abultamientos en los costados y luego colocar una buena mezcla asfáltica que resista las cargas del tránsito

Como ventaja sobre la utilización del estudio de tráfico tomado in situ se genera la información descrita en la Tabla 29 Tráfico Promedio Diario Anual, que ofrece a los administradores y constructores viales una herramienta de aplicación para llevar de manera precisa y eficaz los recursos, por medio de la evaluación, planificación, ejecución y control de determinados proyectos, con lo que se podrá optimizar las inversiones en la infraestructura vial, y con ello se dará niveles de servicio satisfactorios a los usuarios de la vía, y así se reducirán los costos de operación vehicular y costos de acciones de rehabilitación.

Se puede determinar que al proceder a la rehabilitación y/o mantenimiento de la vía será recomendable la contratación integral de la longitud de la vía, y de ser del caso, un contrato con la empresa o persona natural, que disponga de

recursos técnicos y operativos, que dé como resultado una intervención ágil de gestión en el momento en que los trabajos se tengan que realizar, así como también se facilita la supervisión y fiscalización del contrato por parte de la institución contratante.

La conservación de la capa de rodadura no solo dependerá de los planes y programas que se elaboren por parte de las Instituciones, sino también del aporte y compromiso de los usuarios para la conservación de la vía.

No se debería esperar a llegar a una rehabilitación completa de una vía, sino más bien dar el mantenimiento a través de una intervención programada con trabajos de bacheo, sello de fisuras, recapeo o tendido de emulsión slurry seal, necesarios para poder reducir los costos de rehabilitación, que en sí son mucho más representativos que los costos de un mantenimiento de la capa de rodadura.

8.2 Recomendaciones

Dentro de la evaluación funcional y estructural de la capa de rodadura de la avenida Abdón Calderón, se pudo observar igualmente el deterioro de las estructuras adyacentes a la vía, como son aceras, bordillos, cunetas, bermas, espaldones, y sistemas de drenaje y descargas; por lo que se recomienda a las instituciones seccionales como es el Municipio de Quito a través de la Administración Zonal Los Chillos, la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas y la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, puedan tener una decisiva intervención para el mejoramiento de la vía.

Se recomienda igual a los entes encargados del sistema vial en el Distrito, tomar muy en cuenta la rehabilitación o construcción de la ampliación del puente existente en la abscisa 0+610 que se desarrolla sobre la quebrada San Rosa, cerca de la intersección con la calle Juan Montalvo, por cuanto el ancho de la sección transversal de este puente es de 3,50 metros, por lo que genera un cuello de botella para la movilidad de vehículos y de personas.

Cambiar políticas de estudio y evaluación de las vías en el cantón Quito, en vista que existe una marcada tendencia de realizar inversiones para la gestión vial, cuando las vías se encuentren en condiciones deplorables.

Se deben implementar planes de conservación y mantenimiento ya sea periódico, como rutinario, con el afán de preservar los recursos de las instituciones, que se ha venido realizando gastos de rehabilitación, en varias vías, los cuales se hubiesen reducido si se tuviera un plan de gestión vial.

También recomendar que las Instituciones encargadas del Sistema Vial del Distrito, deben emprender una agresiva campaña de capacitación a su personal técnico y operativo con el propósito de incluir en sus conocimientos para la rehabilitación, mantenimiento y construcción vial de nuevas tecnologías de construcción.

Bibliografía

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP (MOP-001-F-2002), **“Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes del MTOP”**. Ecuador.
- Rivera Escalante G. 1987, **“Emulsiones Asfálticas”**. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. Tercera Edición
- Macías. J. 1994 **“Modificación de Asfaltos con Polímeros”**. XI Reunión Nacional de Vías Terrestres. Morelia, Michoacán.
- C.P.A (Comisión Permanente del Asfalto). 1999 Boletín 096. Jornadas Técnicas del Asfalto. Ciudad de la Plata Argentina. Contrastes.
- ASPHALT INSTITUTE 1992 Serie de Manuales No 22 (MS -22). Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente. Edición 22. Estados Unidos. FHWA.
- Publicación Técnica 1998 Diseño y Tendencias. México. San Fandil.
- BOTASSO H.G., GONZÁLEZ R.O., Rosato M., Rebollo O., Rivera J.J. 1996 Modificados Fijación de Residuos Contaminantes. Primera Edición. Buenos Aires Argentina.
- RODRÍGUEZ GALLEGO, Karina Liset. 2005 Mejora de una Mezcla Drenante con Incorporación de Caucho e Icopor. Primera Edición. Colombia Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C.
- AVELLÁN CRUZ, Martha Diana. 2007 Asfaltos Modificados con Polímeros. Primera Edición. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería

- MINAYA GONZALES, Silene. 2001 Manual de Laboratorio Ensayos para Pavimentos, Volumen Perú.
- Bonifaz Hugo. 2012 Pavimentos Apuntes de Clase. UIDE Quito.
- MONTEJO FONSECA, Alfonso (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda Edición. Ediciones y Publicaciones Universidad Católica de Colombia. Bogotá, DC.

Anexo 1 Características de la vía

GENERALIDADES						
NOMBRE DE LA VÍA:		AVENIDA ABDON CALDERON				
LONGITUD:		4,718 Km.				
TIPO DE VÍA:		Colectora Parroquial Rural				
UBICACIÓN:		Conocoto				
CARACTERISTICAS						
TRAMO						
Abscisa	Inicio	0+000	1+000	2+000	3+000	4+000
	Final		1+000	2+000	3+000	4+000
Longitud del tramo (Km)		1,000	1,000	1,000	1,000	0,718
TRAMO ANALIZADO						
Topografía	Plana	X			X	X
	Ondulada		X	X		
	Montañosa					
Ancho calzada prom. (m)		8,50	9,00	8,50	9,50	9,50
Tipo de material de rodadura	Carpeta asfáltica	X	X	X	X	X
	Empedrado					
	Tierra natural					
Estructura del pavimento (cm)	Capa asfáltica	10	10	15	15	10
	Base granular	15	15	15	15	15
	Sub base granular	20	20	20	20	20
	Mejoramiento	-	-	-	-	-

Anexo 2 Tipos de fallas en la capa de rodadura

ABSCISA 0+000 Inicio tramo evaluación del proyecto

INTERSECCION CON AVENIDA CAMILO PONCE



ABSCISA 0+000 A 1+000



Parches de corte de servicio



Zanjas para alcantarillado



Surcos en huella



Parches de corte de servicio

FOTOGRAFIAS Nos. 1, 2, 3 y 4

ABSCISA 1+000 A 2+000



Fisuramiento Piel de cocodrilo



Fisuramiento en bloque



Baches



Parches de corte de servicio

FOTOGRAFÍAS Nos. 5, 6, 7 y 8

ABSCISA 2+000 A 3+000



Baches



Fisuramiento longitudinal



Fisuramiento en bloque



Fisuramiento en borde



Fisuramiento Piel de cocodrilo

FOTOGRAFIAS Nos. 9, 10, 11, 12 y 13

ABSCISA 3+000 A 4+000



Fisuramiento de borde



Fisuramiento en bloque



Baches



Zanjas para conectividad

FOTOGRAFÍAS Nos. 14, 15, 16 y 17

ABSCISA 4+000 A 4+718



Baches



Fisuración en bloque



Fisuración de borde



Fisuración en bloque

FOTOGRAFÍAS Nos. 18, 19, 20 y 21

ABSCISA 4+718 Fin tramo evaluación del proyecto

INTERSECCION CON AVENIDA RÍO NAPO



Anexo 3 Conteo vehicular

Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito
ESTACION DE CONTEO
PUENTE QUEBRADA SANTA ROSA (INTERSECCION CALLE JUAN MONTALVO)

CONTEO VEHICULAR DIURNO



CONTEO VEHICULAR NOCTURNO



Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito

ESTACION DE CONTEO

PUENTE QUEBRADA SANTA ROSA (INTERSECCION CALLE JUAN MONTALVO)

FECHA : viernes, 22 de mayo de 2015

HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	18	4	3	0	25
2	07H00 a 08H00	28	6	6	0	40
3	08H00 a 09H00	16	4	1	0	21
4	09H00 a 10H00	13	3	1	0	17
5	10H00 a 11H00	24	3	3	0	30
6	11H00 a 12H00	12	3	0	0	15
7	12H00 a 13H00	12	3	2	0	17
8	13H00 a 14H00	21	3	1	0	25
9	14H00 a 15H00	17	5	0	0	22
10	15H00 a 16H00	22	3	1	0	26
11	16H00 a 17H00	20	4	2	0	26
12	17H00 a 18H00	27	3	7	0	37
TOTAL		230	44	27	0	301

FECHA : domingo, 24 de mayo de 2015

HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	16	1	1	0	18
2	07H00 a 08H00	30	1	2	0	33
3	08H00 a 09H00	32	2	2	0	36
4	09H00 a 10H00	28	2	2	0	32
5	10H00 a 11H00	37	2	3	0	42
6	11H00 a 12H00	41	2	3	0	46
7	12H00 a 13H00	38	1	3	0	42
8	13H00 a 14H00	30	1	0	0	31
9	14H00 a 15H00	41	1	1	0	43
10	15H00 a 16H00	28	0	0	0	28
11	16H00 a 17H00	40	0	1	0	41
12	17H00 a 18H00	35	1	2	0	38
TOTAL		396	14	20	0	430

CONTEO VEHICULAR

Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito

ESTACION DE CONTEO

PUENTE QUEBRADA SANTA ROSA (INTERSECCION CALLE JUAN MONTALVO)

FECHA : lunes, 25 de mayo de 2015

HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	25	6	1	0	32
2	07H00 a 08H00	23	7	4	0	34
3	08H00 a 09H00	21	4	3	0	28
4	09H00 a 10H00	19	3	2	0	24
5	10H00 a 11H00	20	2	2	0	24
6	11H00 a 12H00	24	2	2	0	28
7	12H00 a 13H00	22	4	6	0	32
8	13H00 a 14H00	30	3	2	0	35
9	14H00 a 15H00	22	5	3	0	30
10	15H00 a 16H00	18	2	4	0	24
11	16H00 a 17H00	24	2	4	0	30
12	17H00 a 18H00	26	3	4	0	33
TOTAL		274	43	37	0	354

FECHA : martes, 26 de mayo de 2015

HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	22	5	4	0	31
2	07H00 a 08H00	33	8	0	0	41
3	08H00 a 09H00	22	4	7	0	33
4	09H00 a 10H00	18	3	2	0	23
5	10H00 a 11H00	19	2	5	0	26
6	11H00 a 12H00	15	2	6	0	23
7	12H00 a 13H00	21	4	5	0	30
8	13H00 a 14H00	17	4	3	0	24
9	14H00 a 15H00	21	4	3	0	28
10	15H00 a 16H00	20	2	1	0	23
11	16H00 a 17H00	19	4	3	0	26
12	17H00 a 18H00	21	3	2	0	26
TOTAL		248	45	41	0	334

CONTEO VEHICULAR

Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito

ESTACION DE CONTEO

PUENTE QUEBRADA SANTA ROSA (INTERSECCION CALLE JUAN MONTALVO)

FECHA : miércoles, 27 de mayo de 2015

HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	18	6	2	0	26
2	07H00 a 08H00	25	8	2	0	35
3	08H00 a 09H00	22	3	6	0	31
4	09H00 a 10H00	18	3	4	0	25
5	10H00 a 11H00	18	2	5	0	25
6	11H00 a 12H00	21	2	1	0	24
7	12H00 a 13H00	22	4	2	0	28
8	13H00 a 14H00	25	4	4	0	33
9	14H00 a 15H00	24	5	8	0	37
10	15H00 a 16H00	19	2	2	0	23
11	16H00 a 17H00	17	2	3	0	22
12	17H00 a 18H00	23	3	1	0	27
TOTAL		252	44	40	0	336

FECHA : jueves, 28 de mayo de 2015

HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	23	5	4	0	32
2	07H00 a 08H00	25	8	1	0	34
3	08H00 a 09H00	20	3	0	0	23
4	09H00 a 10H00	24	3	1	0	28
5	10H00 a 11H00	23	2	5	0	30
6	11H00 a 12H00	25	2	7	0	34
7	12H00 a 13H00	23	4	3	0	30
8	13H00 a 14H00	28	4	5	0	37
9	14H00 a 15H00	17	5	4	0	26
10	15H00 a 16H00	21	2	1	0	24
11	16H00 a 17H00	20	2	2	0	24
12	17H00 a 18H00	23	3	0	0	26
TOTAL		272	43	33	0	348

CONTEO VEHICULAR

Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito

ESTACION DE CONTEO

PUENTE QUEBRADA SANTA ROSA (INTERSECCION CALLE JUAN MONTALVO)

FECHA : sábado, 23 de mayo de 2015

HORARIO : 00H00 a 24H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	00H00 a 01H00	0	0	0	0	0
2	01H00 a 02H00	0	0	0	0	0
3	02H00 a 03H00	0	0	0	0	0
4	03H00 a 04H00	1	0	0	0	1
5	04H00 a 05H00	3	1	2	0	6
6	05H00 a 06H00	6	3	4	0	13
7	06H00 a 07H00	23	3	3	0	29
8	07H00 a 08H00	26	5	1	0	32
9	08H00 a 09H00	19	4	3	0	26
10	09H00 a 10H00	22	2	2	0	26
11	10H00 a 11H00	21	2	2	0	25
12	11H00 a 12H00	19	2	1	0	22
13	12H00 a 13H00	27	3	2	0	32
14	13H00 a 14H00	23	2	1	0	26
15	14H00 a 15H00	42	3	4	0	49
16	15H00 a 16H00	42	1	3	0	46
17	16H00 a 17H00	27	3	6	0	36
18	17H00 a 18H00	42	2	2	0	46
19	18H00 a 19H00	43	2	5	0	50
20	19H00 a 20H00	39	2	2	0	43
21	20H00 a 21H00	2	0	0	0	2
22	21H00 a 22H00	3	0	0	0	3
23	22H00 a 23H00	0	0	0	0	0
24	23H00 a 24H00	0	0	0	0	0
TOTAL		430	40	43	0	513

CONTEO VEHICULAR

Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito

ESTACION DE CONTEO

PUENTE QUEBRADA SANTA ROSA (INTERSECCION CALLE JUAN MONTALVO)

RESUMEN DEL CONTEO HORARIO

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	00H00 a 06H00	10	4	6	0	20
2	06H00 a 18H00	333	32	30	0	395
3	18H00 a 24H00	87	4	7	0	98
TOTAL		430	40	43	0	513

RESUMEN CONTEO POR 7 DIAS HORARIO : 06H00 a 18H00

No.	HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
				2 EJES	3 EJES	
1	06H00 a 07H00	145	30	18	0	193
2	07H00 a 08H00	190	43	16	0	249
3	08H00 a 09H00	152	24	22	0	198
4	09H00 a 10H00	142	19	14	0	175
5	10H00 a 11H00	162	15	25	0	202
6	11H00 a 12H00	157	15	20	0	192
7	12H00 a 13H00	165	23	23	0	211
8	13H00 a 14H00	174	21	16	0	211
9	14H00 a 15H00	184	28	23	0	235
10	15H00 a 16H00	170	12	12	0	194
11	16H00 a 17H00	167	17	21	0	205
12	17H00 a 18H00	197	18	18	0	233
TOTAL		2005	265	228	0	2498

Anexo 4 Especificaciones Técnicas MTOP

SECCION 403 SUB - BASES

403-1. Sub-base de Agregados

403-1.01. Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-base compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la Sección 816. La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

403.1.02. Materiales.- Las sub-bases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse. La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

- Clase 1: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la Tabla 403-1.1. Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.
- Clase 2: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla 403-1.1.

- Clase 3: Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la Sección 816, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la Tabla 403-1.1.

Cuando en los documentos contractuales se estipulen sub-bases Clases 1 o 2 al menos el 30% de los agregados preparados deberán ser triturados.

Tabla 403-1.1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38.1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

403-1.03. Equipo.- El Contratista deberá disponer en la obra de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Según el caso, el equipo mínimo necesario constará de planta de trituración o de cribado, equipo de transporte, maquinaria para esparcimiento, mezclado y conformación, tanqueros para hidratación y rodillos lisos de tres ruedas o rodillos vibratorios.

403-1.04. Ensayos y Tolerancias.- La granulometría del material de sub-base será comprobada mediante los ensayos determinados en la subsección 816-2 los mismos que se llevarán a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en la vía. Sin embargo, de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista continuará con la obligación de mantenerla en la obra inmediatamente antes del tendido del material.

Deberán cumplirse y comprobarse todos los demás requerimientos sobre la calidad de los agregados, de acuerdo con lo establecido en la subsección 816-2 o en las Disposiciones Especiales.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de sub-base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T - 147. En todo caso, la densidad mínima de la sub-base no será menor que el 100% de la densidad máxima obtenida en laboratorio, mediante los ensayos previos de Humedad Óptima y Densidad Máxima, realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

En ningún punto de la capa de sub-base terminada, el espesor deberá variar en más de dos centímetros con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado. Estos espesores serán medidos luego de la compactación final de la capa, cada 100 metros de longitud en puntos alternados al eje y a los costados del camino. Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia marcada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente. Para corregir el espesor inaceptable, el Contratista deberá escarificar, a su costa, esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder luego a conformar y compactar con los niveles y espesores del proyecto. Para el caso de zonas defectuosas en la compactación, se deberá seguir un procedimiento análogo.

En caso de que las mediciones del espesor se hayan realizado mediante perforaciones, el Contratista deberá rellenar los orificios y compactar el material cuidadosamente, a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago por estos trabajos.

La superficie de la sub-base terminada deberá ser comprobada mediante nivelaciones minuciosas, y en ningún punto las cotas podrán variar en más de dos centímetros con las del proyecto.

403-1.05. Procedimientos de trabajo.

403-1.05.1.Preparación de la Subrasante.- Antes de proceder a la colocación de los agregados para la sub-base, el Contratista habrá terminado la construcción de la subrasante, debidamente compactada y con sus alineaciones, pendientes y

superficie acordes con las estipulaciones contractuales. La superficie de la subrasante terminada, en cumplimiento de lo establecido en la Sección 308 deberá además encontrarse libre de cualquier material extraño.

En caso de ser necesaria la construcción de subdrenajes, estos deberán hallarse completamente terminados antes de iniciar el transporte y colocación de la sub-base.

403-1.05.2. Selección y Mezclado.- Los agregados preparados para la sub-base deberán cumplir la granulometría especificada para la clase de sub-base establecida en el contrato. Durante el proceso de explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección de los agregados y su mezcla en planta, a fin de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra.

En caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y material ligante, serán combinadas de acuerdo con la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y autorizada por el Fiscalizador, y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador, que disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. La operación será conducida de manera consistente, para que la producción del material de la sub-base sea uniforme. El mezclado de las fracciones podrá realizarse también en la vía; en este caso, se colocará y esparcirá en primer lugar el material grueso sobre la subrasante, con un espesor y ancho uniformes, y luego se distribuirán los agregados finos proporcionalmente sobre esta primera capa. Pueden formarse tantas capas como fracciones del material sean necesarias para obtener la granulometría y lograr el espesor estipulado con el total del material. Cuando todos los materiales se hallen colocados, se deberá proceder a mezclarlos uniformemente mediante el empleo de motoniveladoras, mezcladoras de discos u otras máquinas aprobadas por el Fiscalizador, que sean capaces de ejecutar esta operación. Al iniciar y durante el proceso de mezclado, deberá regarse el agua necesaria a fin de conseguir la humedad requerida para la compactación especificada.

Cuando se haya logrado una mezcla uniforme, el material será esparcido a todo lo ancho de la vía en un espesor uniforme, para proceder a la conformación y a la compactación requerida, de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal determinadas en los planos.

No se permitirá la distribución directa de agregados colocados en montones formados por los volquetes de transporte, sin el proceso de mezclado previo indicado anteriormente.

403-1.05.3.Tendido, Conformación y Compactación.- Cuando el material de la sub-base haya sido mezclado en planta central, deberá ser cargado directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportando al sitio para se esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la hidratación necesaria, tendido o emparejamiento, conformación y compactación, de tal manera que la sub-base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

El Fiscalizador podrá autorizar también la colocación del material preparado y transportado de la planta, en montones formados por volquetes, pero en este caso el material deberá ser esparcido en una franja a un costado de la vía, desde la cual se procederá a su regado a todo lo ancho y en un espesor uniforme, mientras se realiza la hidratación. El material no deberá ser movilizad repetidas veces por las motoniveladoras, de uno a otro costado, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación sean completados con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos.

Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, estos deberán tenderse a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de sub-base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas y regulada a una velocidad máxima de 30 Km/h, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material.

Cuando se efectúe la mezcla y tendido del material en la vía utilizando motoniveladoras, se deberá cuidar que no se corte el material de la subrasante ni se arrastre material de las cunetas para no contaminar los agregados con suelos o materiales no aceptables.

Cuando sea necesario construir la sub-base completa en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos aquí descritos hasta su compactación final.

403-1.05.4.Compactación.- Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de cada capa de sub-base, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, u otro tipo de compactadores aprobados.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la sub-base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales. Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si se hubieren obtenido valores inferiores a la densidad mínima especificada o la superficie no se hallare debidamente conformada, se deberá proceder a comprobar la compactación estadísticamente para que el promedio de las lecturas estén dentro del rango especificado, el

Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias de acuerdo con lo indicado en el numeral 403-1.04, hasta obtener el cumplimiento de los requisitos señalados en el contrato y la aprobación del Fiscalizador.

En caso de existir sitios no accesibles a los rodillos indicados para la compactación, como accesos a puentes, bordillos direccionales u otros, se deberá emplear apisonadores mecánicos de impacto o planchas vibrantes, para obtener la densidad especificada en todos los sitios de la sub-base.

403-1.06. Medición.- La cantidad a pagarse por la construcción de una sub-base de agregados, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador medidos en sitio después de la compactación. Para el cálculo de la cantidad se considerará la longitud de la capa de sub-base terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal especificada en los planos. En ningún caso se deberá considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador.

403-1.07. Pago.- Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para cualquiera de los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de los agregados, mezcla, distribución, tendido, hidratación, conformación y compactación del material empleado para la capa de sub-base, incluyendo la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas que se hayan empleado para la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

Nº del Rubro de Pago y Designación Unidad de Medición

403-1 Sub-base Clase.....Metro cúbico (m3)

404-1. Base de Agregados.

404-1.01. Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

404-1.02. Materiales.- Las bases de agregados podrán ser de las clases indicadas a continuación, de acuerdo con el tipo de materiales por emplearse.

La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.

Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

- Clase 4: Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de conformidad con lo establecido en la subsección 814-3 y graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.4.

Tabla 404-1.4.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
N° 4 (4.76 mm.)	20 - 50
N° 200 (0.075 mm.)	0 - 15

De ser necesario para cumplir las exigencias de graduación, se podrá añadir a la grava arena o material proveniente de trituración, que podrán mezclarse en planta o en el camino.

404-1.03. Equipo.- El Contratista deberá disponer en la obra de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Según el caso, el equipo mínimo necesario constará de planta de trituración y cribado, planta para mezclado, equipo de transporte, maquinaria para distribución, para mezclado, esparcimiento, y conformación, tanqueros para hidratación y rodillos lisos o rodillos vibratorios.

404-1.04. Ensayos y Tolerancias.-

La granulometría del material de base será comprobada mediante el ensayo INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T 27), el mismo que se llevará a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en el camino. Sin embargo de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista continuará con la obligación de mantenerla en la obra.

Deberán cumplirse y comprobarse todas las demás exigencias sobre la calidad de los agregados, de acuerdo con lo establecido en la Sección 814, o en las Disposiciones Especiales.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T-147.o T-191. En todo caso, la densidad mínima de la base no será menor que el 100% de la densidad máxima establecida por el Fiscalizador, mediante los ensayos de Densidad Máxima y Humedad Optima realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de un centímetro con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.

Estos espesores y la densidad de la base, serán medidos luego de la compactación final de la base, cada 100 metros de longitud, en puntos alternados al eje y a los

costados del camino. Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia indicada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente. Para corregir el espesor inaceptable, el Contratista deberá escarificar, a su costo, esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder de inmediato a la conformación y compactación con los niveles y espesores del proyecto. Sin embargo, antes de corregir los espesores deberán tomarse en consideración las siguientes tolerancias adicionales: si el espesor sobrepasa lo estipulado en los documentos contractuales y la cota de la superficie se halla dentro de un exceso de 1.5 centímetros sobre la cota del proyecto, no será necesario efectuar correcciones; así mismo, si el espesor es menor que el estipulado y la cota de la superficie se halla dentro de un faltante de 1.5 centímetros de la cota del proyecto, podrá no corregirse el espesor de la base siempre y cuando el espesor de la base terminada sea mayor a 10 centímetros, y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico y el espesor faltante sea compensado con el espesor de la capa de rodadura hasta llegar a la rasante.

En caso de que las mediciones de espesor y los ensayos de densidad sean efectuados por medio de perforaciones, el Contratista deberá rellenar los orificios y compactar el material cuidadosamente, a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago por estos trabajos.

Como está indicado, las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de 1.5 centímetros de los niveles del proyecto, para comprobar lo cual deberán realizarse nivelaciones minuciosas a lo largo del eje y en forma transversal.

En caso de encontrarse deficiencias en la compactación de la base, el Contratista deberá efectuar la corrección a su costo, escarificando el material en el área defectuosa y volviendo a conformarlo con el contenido de humedad óptima y compactarlo debidamente hasta alcanzar la densidad especificada.

404-1.05. Procedimiento de trabajo.

404-1.05.1.Preparación de la Sub-base.- La superficie de la sub-base deberá hallarse terminada, conforme a los requerimientos estipulados para la Sección 404.

Deberá, así mismo, hallarse libre de cualquier material extraño, antes de iniciar el transporte del material de base a la vía.

404-1.05.2. Selección y Mezclado.-

Los agregados preparados para la base, deberán cumplir la granulometría y más condiciones de la clase de base especificada en el contrato. Durante el proceso de explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección y mezcla de los agregados en planta, a fin de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra.

En el caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia para el material de base, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y relleno mineral, serán combinadas y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador la cual disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. La operación será conducida de una manera consistente en orden a que la producción de agregado para la base sea uniforme.

El mezclado de las fracciones de agregados podrá realizarse también en la vía; en este caso, se colocará y esparcirá en primer lugar una capa de espesor y ancho uniformes del agregado grueso, y luego se distribuirán proporcionalmente los agregados finos sobre la primera capa. Pueden formarse tantas capas como fracciones del material sean necesarias para obtener la granulometría y lograr el espesor necesario con el total del material, de acuerdo con el diseño. Cuando todos los agregados se hallen colocados en sitio, se procederá a mezclarlos uniformemente mediante motoniveladoras, mezcladoras de discos u otras máquinas mezcladoras aprobadas por el Fiscalizador. Desde el inicio y durante el proceso de mezclado, deberá regarse el agua necesaria a fin de conseguir la humedad requerida para la compactación especificada.

Cuando se haya logrado una mezcla uniforme, se controlará la granulometría y se esparcirá el material a todo lo ancho de la vía, en un espesor uniforme, para proceder a la conformación y a la compactación requerida, de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal determinadas en los planos.

En ningún caso se permitirá el tendido y conformación directa de agregados colocados en montones formados por los volquetes de transporte, sin el proceso de mezclado previo y alternado indicado en los párrafos anteriores.

404-1.05.3.Tendido y Conformación.- Cuando el material de la base haya sido mezclado e hidratado en planta central, deberá cargarse directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportado al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la conformación y compactación, de tal manera que la base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

El Fiscalizador podrá autorizar también la colocación del material preparado y transportado de la planta, en montones formados por volquetes; pero, en este caso, el material deberá ser esparcido en una franja a un costado de la vía, desde la cual se procederá a su regado a todo lo ancho y en un espesor uniforme, mientras se realiza la hidratación. El material no deberá ser movilizad repetidas veces por las motoniveladoras, de uno a otro costado, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación se completen con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme, de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos.

Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, estos deberán ser regados a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material.

Cuando sea necesario construir la base completa en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos arriba descritos, hasta su compactación final. En ningún caso el espesor de una capa compactada podrá ser menor a 10 centímetros.

Cuando se tenga que construir capas de base en zonas limitadas de forma irregular, como intersecciones, islas centrales y divisorias, rampas, etc. podrán emplearse otros métodos de distribución mecánicos o manuales que produzcan los mismos resultados y que sean aceptables para el Fiscalizador.

404-1.05.4.Compactación.- Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de la capa de la base, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de mínimo 8 Toneladas, rodillos vibratorios de energía de compactación equivalente o mayor.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales.

Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si se hubieren obtenido valores inferiores a la densidad mínima especificada o la superficie no se hallare debidamente conformada, se deberá proceder a comprobar la compactación estadísticamente para que el promedio de las lecturas estén dentro del rango especificado, el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias de acuerdo con lo indicado en el numeral 404-1.04, hasta obtener el cumplimiento de los requisitos señalados en el contrato y la aprobación del Fiscalizador, previamente a la imprimación de la base.

En caso de existir sitios no accesibles a los rodillos indicados para la compactación, como accesos a puentes, bordillos direccionales u otros, se deberá emplear apisonadores mecánicos de impacto o placas vibratorias, para obtener la densidad especificada en todos los sitios de la base.

404-1.06. Medición.-

La cantidad a pagarse por la construcción de una base de agregados, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador, medidos en sitio después de la compactación.

Para el cálculo de la cantidad, se considerará la longitud de la capa de base terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal especificada en los planos. En ningún caso se deberá considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador.

404-1.07. Pago.- Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para cualquiera de los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de los agregados, mezcla, distribución, tendido, hidratación, conformación y compactación del material empleado para la capa de base, incluyendo mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

Nº del Rubro de Pago y Designación Unidad de Medición

404 Base, Clase.....Metro cúbico (m3)

405-1. Riego de Imprimación.

405-1.01. Descripción.- Este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso, con aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado sobre la superficie de una base o subbase, que deberá hallarse con

los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos. En la aplicación del riego de imprimación está incluida la limpieza de la superficie inmediatamente antes de dicho riego bituminoso.

Comprenderá también el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber excesos en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación de vehículos o maquinaria, antes de colocar la capa de rodadura.

405-1.02. Materiales.- El material bituminoso estará constituido por asfalto diluido o emulsiones asfálticas cuyo tipo será fijado en las disposiciones especiales del contrato. La calidad del asfalto diluido deberá cumplir los requisitos determinados en la subsección 810-3 de estas especificaciones. Las emulsiones asfálticas serán de rotura lenta y cumplirán con lo especificado en la subsección 810-4

Durante las aplicaciones puede presentarse la necesidad de cambiar el grado del asfalto establecido en las disposiciones generales, para dar mayor eficiencia al riego de imprimación. En este caso, el Fiscalizador podrá disponer el cambio hasta uno de los grados inmediatamente más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el Contrato. Sin embargo, no deberá permitir el uso de mezclas heterogéneas en los asfaltos diluidos.

De ser necesaria la aplicación de la capa de secado, ésta será constituida por arena natural o procedente de trituración, exenta de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas y que cumpla cualquiera de las granulometrías para capa de sello indicadas en la subsección 405-6 de estas especificaciones. La arena deberá hallarse preferentemente seca, aunque podrá tolerarse una ligera humedad, siempre que sea menor al dos por ciento de su peso seco.

405-1.03. Equipo.- El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la ejecución de este trabajo, el cual deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo deberá constar de una barredora mecánica, un soplador incorporado o aparte y un distribuidor de asfalto a presión autopropulsado.

El distribuidor de asfalto a presión estará montado sobre neumáticos y provisto de una rueda adicional para accionar el tacómetro que permita un permanente control de operador al momento de la aplicación. El riego asfáltico se efectuará mediante una bomba de presión con fuerza motriz independiente, a fin de poder regularla con facilidad; el asfalto será aplicado uniformemente a través de una barra provista de boquillas que impidan la atomización. El tanque del distribuidor dispondrá de sistema de calentamiento regulado con recirculación para mantener una temperatura uniforme en todo el material bituminoso. El distribuidor deberá estar provisto además de un rociador manual.

405-1.04. Procedimientos de trabajo.- El riego de imprimación podrá aplicarse solamente si la superficie cumple con todos los requisitos pertinentes de densidad y acabado. Inmediatamente antes de la distribución de asfalto deberá ser barrida y mantenerse limpia de cualquier material extraño; el Fiscalizador podrá disponer que se realice un ligero riego de agua antes de la aplicación del asfalto.

405-1.04.1.Distribución del material bituminoso.-

El asfalto para imprimación será distribuido uniformemente sobre la superficie preparada, que deberá hallarse seca o ligeramente húmeda. La distribución se efectuará en una longitud determinada y dividiendo el ancho en dos o más fajas, a fin de mantener el tránsito en la parte de vía no imprimada. Será necesario tomar las precauciones necesarias en los riegos, a fin de empalmar o superponer ligeramente las uniones de las fajas, usando en caso de necesidad el rociador manual para retocar los lugares que necesiten.

Para evitar superposición en los empalmes longitudinales, se colocará un papel grueso al final de cada aplicación, y las boquillas del distribuidor deberán cerrarse instantáneamente al terminar el riego sobre el papel. De igual manera, para comenzar el nuevo riego se colocará el papel grueso al final de la aplicación anterior, para abrir las boquillas sobre él y evitar el exceso de asfalto en los empalmes. Los papeles utilizados deberán ser desechados.

El Contratista deberá cuidar que no se manche con la distribución asfáltica las obras de arte, bordillos, aceras o árboles adyacentes, todo lo cual deberá ser

protegido en los casos necesarios antes de proceder al riego. En ningún caso deberá descargarse el material bituminoso sobrante en canales, ríos o acequias.

La cantidad de asfalto por aplicarse será ordenada por el Fiscalizador de acuerdo con la naturaleza del material a imprimarse y al tipo de asfalto empleado. Cuando se use asfalto diluido de curado medio la cantidad estará entre límites de 1.00 a 2.25 litros por metro cuadrado, cuando se use un asfalto emulsificado SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h variara entre 0.5 y 1.4 l/m² (De acuerdo al Manual Instituto del Asfalto), los valores exactos de aplicación serán determinados por el ingeniero fiscalizador. La distribución no deberá efectuarse cuando el tiempo esté nublado, lluvioso o con amenaza de lluvia inminente. La temperatura de aplicación estará en concordancia con el grado del asfalto, de acuerdo con lo especificado en la Sección 810.

Cuando la cantidad de aplicación y el tipo de material lo justifiquen, distribución deberá dividirse en dos aplicaciones para evitar la inundación de la superficie.

405-1.04.2.Aplicación de la arena.-

La colocación de una capa de arena sobre el riego de imprimación no es necesaria en todos los casos; es preferible que la cantidad de asfalto establecida para la imprimación, sea absorbida totalmente en la superficie. Sin embargo, hay ocasiones en que el asfalto no ha sido absorbido completamente en 24 horas, en cuyo caso se deberá distribuir sobre la superficie una delgada capa de arena para proteger la penetración, sobre todo si hay necesidad de permitir el tránsito o impedir posibles daños por lluvias, y para absorber el exceso de asfalto.

La arena deberá distribuirse uniformemente en la superficie por cubrir, de acuerdo con lo dispuesto por el Fiscalizador. No se permitirá la formación de corrugaciones en el material de secado ni se deberán dejar montones de arena sobre la capa; el Contratista estará obligado a mantener la superficie cubierta en condición satisfactoria hasta que concluya la penetración y secado, luego de lo cual deberá remover y retirar la arena sobrante.

405-1.04.3. Circulación de vehículos.- No deberá permitirse el tránsito sobre una capa de imprimación mientras no se haya completado la penetración del asfalto distribuido en la superficie. Sin embargo, en casos en que sea absolutamente necesario permitir la circulación de vehículos, se deberá esperar al menos cuatro horas desde el regado del asfalto para cubrirlo con la capa de arena y autorizar luego el tránsito con una velocidad máxima de 20 Km/h. a fin de evitar que el asfalto se adhiera a las llantas y se pierda la imprimación.

De todas maneras, todas las zonas deterioradas por falta o exceso de asfalto deberán corregirse oportunamente, con tiempo suficiente, antes de proceder a construir las capas superiores de pavimento. El Fiscalizador deberá determinar en cada caso el tiempo mínimo en que la superficie se mantendrá imprimada antes de cubrirla con la capa siguiente.

405-1.05. Medición.- Para efectuar el pago por el riego de imprimación deberán considerarse separadamente las cantidades de asfalto y de arena realmente empleadas y aceptadas por el Fiscalizador. La unidad de medida para el asfalto será el litro y la medición se efectuará reduciendo el volumen empleado a la temperatura de la aplicación, al volumen a 15.6 °C. Las tablas de reducción y conversión al peso se encuentran en la subsección 810-5.

La cantidad de arena empleada será medida en metros cúbicos.

405-1.06. Pago.- Las cantidades de obra que hayan sido determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato, considerando los rubros abajo designados. Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación previa de la superficie por imprimirse; el suministro, transporte, calentamiento y distribución del material asfáltico; el suministro, transporte y distribución de la arena para protección y secado; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la realización del trabajo descrito en esta sección.

Nº del Rubro de Pago y Designación Unidad de Medición

405-1 (1) Asfalto MC para imprimación.....Litro (l)

405-5. Carpeta Asfáltica Mezclada en Planta en caliente e=5 cm.

Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

Materiales El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. Para vías o carriles especiales donde se espere el paso de un tráfico muy pesado, se admitirá el empleo de cementos asfálticos mejorados. Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2. Para la mezcla asfáltica deberán emplearse una de las granulometrías indicadas en las tablas 405-5.1. En el contrato se determinará el tipo y graduación de los agregados, de acuerdo con las condiciones de empleo y utilización que se previene para la carpeta asfáltica.

Tabla 405-5.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Equipo.-

Plantas mezcladoras.- Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico utilizadas por el Contratista, podrán ser continuas o por paradas, y deberán cumplir los requisitos que se establezcan más adelante para cada una de ellas específicamente, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

a) **Equipo para manejo del asfalto:** Los tanques para almacenamiento del asfalto deberán estar equipados con serpentines de circulación de vapor o aceite que permitan un calentamiento seguro, sin que existan probabilidades de producirse incendios u otros accidentes; y con dispositivos que posibiliten un control efectivo de temperaturas en cualquier momento. Los tanques para almacenamiento deberán tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones; el sistema de circulación a las balanzas de dosificación, mezcladora, etc., deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme, y deberá estar provisto de camisas de aislamiento térmico y conservación de la temperatura. Deberá proveerse de dispositivos confiables para medición y muestreo del asfalto de los tanques.

b) **Secador:** La planta deberá estar equipada con un horno secador rotativo para agregados, con suficiente capacidad para proveer los agregados secos y a la temperatura necesaria, a fin de mantener a la mezcladora trabajando continuamente y a su máximo rendimiento. Dispondrá de dispositivos para medición de la temperatura de los agregados al salir del horno, que trabajen con un máximo de error de 5 C. El horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua, a fin de entregarlos al alimentador de las cribas totalmente secos y en la temperatura necesaria, mediante un flujo permanente, adecuado y sin interrupciones. De todas maneras, el Fiscalizador deberá obtener las muestras necesarias en forma periódica de los agregados transportados a la planta, para comprobar la calidad del secamiento en el núcleo de los mismos.

c) **Cribas y tolvas de recepción:** La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción. Los

tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado. Las tolvas para almacenamiento del agregado caliente deberán tener tamaño suficiente, para conservar una cantidad de agregados que permita la alimentación de la mezcladora trabajando a su máximo rendimiento. Existirán al menos tres tolvas para las diferentes graduaciones, y una adicional para el relleno mineral que se utilizará cuando sea necesario. Cada tolva individual estará provista de un desbordamiento que impida la entrada del exceso de material de uno a otro compartimiento, y que descargue este exceso hasta el piso por medio de una tubería, para evitar accidentes. Las tolvas estarán provistas de dispositivos para control de la cantidad de agregados y extracción de muestras en cualquier momento.

d) **Dispositivos para dosificación del asfalto:** La planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra. El asfalto medido, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora, a fin de lograr una distribución uniforme e inmediata al mezclado en seco. Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición y control de temperaturas y pesos o volúmenes. La temperatura será medida en la cañería que conduce el asfalto a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

e) **Colector de polvo:** La planta estará equipada con un colector de polvo de tipo ciclón que recolecte el polvo producido en el proceso de alimentación y mezclado. Este colector estará diseñado en forma de poder devolver, en caso necesario, el polvo recolectado o parte de él a la mezcladora, o de conducirlo al exterior a un lugar protegido para no causar contaminación ambiental.

f) **Medidas de seguridad:** Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones. Todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc., deberán hallarse

debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal. El espacio de acceso bajo la mezcladora para los camiones, deberá ser amplio, para maniobrar con facilidad a la entrada y a la salida. El contratista proveerá además de una plataforma de altura suficiente, para que el Fiscalizador pueda acceder con facilidad a tomar las muestras necesarias en los camiones de transporte de la mezcla.

Equipo de transporte.- Los camiones para el transporte del hormigón asfáltico serán de volteo y contarán con cajones metálicos cerrados y en buen estado. Para el uso, los cajones deberán ser limpiados cuidadosamente y recubiertos con aceite u otro material aprobado, para evitar que la mezcla se adhiera al metal. Una vez cargada, la mezcla deberá ser protegida con una cubierta de lona, para evitar pérdida de calor y contaminación con polvo u otras impurezas del ambiente.

Equipo de distribución de la mezcla.- La distribución de la mezcla asfáltica en el camino, será efectuada mediante el empleo de una máquina terminadora autopropulsada, que sea capaz de distribuir el hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos, pendientes y ancho especificados. Las terminadoras estarán provistas de una tolva delantera de suficiente capacidad para recibir la mezcla del camión de volteo; trasladará la mezcla al cajón posterior, que contendrá un tornillo sinfín para repartirla uniformemente en todo el ancho, que deberá ser regulable. Dispondrá también de una plancha enrasadora vibrante para igualar y apisonar la mezcla; esta plancha podrá ser fijada en diferentes alturas y pendientes para lograr la sección transversal especificada. La descarga de la mezcla en la tolva de la terminadora deberá efectuarse cuidadosamente, en tal forma de impedir que los camiones golpeen la máquina y causen movimientos bruscos que puedan afectar a la calidad de la superficie terminada. Para completar la distribución en secciones irregulares, así como para corregir algún pequeño defecto de la superficie, especialmente en los bordes, se usarán rastrillos manuales de metal y madera que deberán ser provistos por el Contratista.

Equipo de compactación.- El equipo de compactación podrá estar formado por rodillos lisos de ruedas de acero, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente y rodillos neumáticos autopropulsados. El número necesario de rodillos

dependerá de la superficie y espesor de la mezcla que deberá compactarse, mientras se halla en condiciones trabajables.

Los rodillos lisos de tres ruedas deberán tener un peso entre 10 y 12 toneladas, y los tandem entre 8 y 10 toneladas. Los rodillos neumáticos serán de llantas lisas y tendrán una carga por rueda y una presión de inflado convenientes para el espesor de la carpeta. Como mínimo, para carpetas de 5 cm. de espesor compactado, tendrán 1.000 Kg por rueda y presión de inflado de 6.0 Kg/cm².

Ensayos y Tolerancias.- Los determinados por el MOP en las especificaciones.

Procedimientos de trabajo.

Fórmula Maestra de Obra.- Antes de iniciarse ninguna preparación de hormigón asfáltico para utilizarlo en obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que se propone utilizar en el trabajo. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes, a fin de autorizar la producción de la mezcla asfáltica. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-5.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo, debido a variaciones en los materiales. La fórmula maestra establecerá:

- 1) las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- 2) el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;
- 3) la temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora, y
- 4) la temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

Dosificación y Mezclado.- Los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón asfáltico deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta. La separación de las diferentes fracciones de los

agregados será sometida por el Contratista a la aprobación del Fiscalizador. Para el almacenaje y el desplazamiento de los agregados de estas tolvas al secador de la planta, deberá emplearse medios que eviten la segregación o degradación de las diferentes fracciones.

Distribución.- La distribución del hormigón asfáltico deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia y seca, o sobre un pavimento existente. Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra. Además, el Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas, sobrecalentadas o carbonizadas, todas las que tengan espuma o presenten indicios de humedad y todas aquellas en que la envoltura de los agregados con el asfalto no sea perfecta. Una vez transportada la mezcla asfáltica al sitio, será vertida por los camiones en la máquina terminadora, la cual esparcirá el hormigón asfáltico sobre la superficie seca y preparada. Para evitar el desperdicio de la mezcla debido a lluvias repentinas, el contratista deberá disponer de un equipo de comunicación confiable, entre la planta de preparación de la mezcla y el sitio de distribución en la vía. La colocación de la carpeta deberá realizarse siempre bajo una buena iluminación natural o artificial. La distribución que se efectúe con las terminadoras deberá guardar los requisitos de continuidad, uniformidad, ancho, espesor, textura, pendientes, etc., especificados en el contrato. El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7.5 centímetros. El momento de la distribución se deberá medir los espesores a intervalos, a fin de efectuar de inmediato los ajustes necesarios para mantener el espesor requerido en toda la capa. Las juntas longitudinales de la capa superior de una carpeta deberán ubicarse en la unión de dos carriles de tránsito; en las capas inferiores deberán ubicarse a unos 15 cm. de la unión de los carriles en forma alternada, a fin de formar un traslape. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse. En secciones irregulares pequeñas, en donde no sea posible utilizar la terminadora,

podrá completarse la distribución manualmente, respetando los mismos requisitos anotados arriba.

Compactación: La mejor temperatura para empezar a compactar la mezcla recién extendida, dentro del margen posible que va de 163 a 85 C, es la máxima temperatura a la cual la mezcla puede resistir el rodillo sin desplazarse horizontalmente. Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra y la misma se realizará con rodillos lisos de ruedas de acero vibratorios, continuándose con compactadores de neumáticos con presión elevada. Con la compactación intermedia se sigue densificando la mezcla antes que la misma se enfríe por debajo de 85 C y se va sellando la superficie. Al utilizar compactadores vibratorios se tendrá en cuenta el ajuste de la frecuencia y la velocidad del rodillo, para que al menos se produzcan 30 impactos de vibración por cada metro de recorrido. Para ello se recomienda usar la frecuencia nominal máxima y ajustar la velocidad de compactación. Con respecto a la amplitud de la vibración, se deberá utilizar la recomendación del fabricante para el equipo en cuestión.

Con la compactación final se deberá mejorar estéticamente la superficie, eliminando las posibles marcas dejadas en la compactación intermedia. Deberá realizarse cuando la mezcla esté aún caliente empleando rodillos lisos metálicos estáticos o vibratorios (sin emplear vibración en este caso) A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, recubriendo cada recorrido la mitad del ancho de la compactadora, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino.

Cuando la compactación se realice en forma escalonada o cuando límite con una vía colocada anteriormente, la junta longitudinal tiene que ser primeramente compactada, siguiendo con el procedimiento normal de compactación. En curvas peraltadas, la compactación tiene que comenzar en el lado inferior y progresar hacia el lado superior, superponiendo recorridos longitudinales paralelos a la línea central. La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con

Mecanismos de Control de Tráfico en los Estados Unidos), U.S. Department of Transportation y Federal Highways and Transportation y Normas Panamericanas.

Materiales.- Las pinturas para tráfico serán las indicadas en la Sección 826. Además, los materiales cumplirán las siguientes especificaciones: Las microesferas de vidrio: AASHTO M 247, Tipo 1 Las franjas de material termoplástico AASHTO M 249, Para moldeado del tipo en eyección caliente.

Las franjas de pavimento del tipo plástico puestas en frío, serán de uno de los siguientes materiales, de acuerdo con el requerimiento de espesor indicado y además los requisitos contractuales: - 1.5 mm. de polímero flexible retroreflectivo Las marcas que sobresalgan del pavimento serán de acuerdo al tipo y tamaños definidos en los planos y a los requisitos indicados en el contrato.

Procedimiento de Trabajo. Generales.- Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad, de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos. Cuando las marcas sean colocadas en pavimentos de hormigón de cemento Portland, el pavimento deberá ser limpiado de todo residuo, previamente a la colocación de las marcas. Las franjas serán de un ancho mínimo de 10 cm. Las líneas entrecortadas tendrán una longitud de 3 m. con una separación de 9 m. Las líneas punteadas tendrán una longitud de 60 cm. con una separación de 60 cm. Las franjas dobles estarán separadas con un espaciamiento de 14 cm. Las flechas y las letras tendrán las dimensiones que se indiquen en los planos. Todas las marcas presentarán un acabado nítido uniforme, y una apariencia satisfactoria tanto de noche como de día, caso contrario, serán corregidas por el Contratista hasta ser aceptadas por el Fiscalizador y sin pago adicional.

Marcas de Pinturas.- Las marcas serán aplicadas con métodos aceptables por el Fiscalizador. El cabezal rociador de pintura será del tipo spray y que permita aplicar satisfactoriamente la pintura a presión, con una alimentación uniforme y directa sobre el pavimento. Cada mecanismo tendrá la capacidad de aplicar 2 franjas separadas, aun en el caso de ser sólidas, entrecortadas o punteadas. Todo tanque de pintura estará equipado con un agitador mecánico.

Cada boquilla estará equipada con una válvula, que permita aplicar automáticamente líneas entrecortadas o punteadas. La boquilla tendrá un alimentador mecánico de microesferas de vidrio, que opera simultáneamente con el rociador de pintura, y distribuirá dichas microesferas de vidrio con un patrón uniforme a la proporción especificada.

La pintura será mezclada previamente y aplicada cuando la temperatura ambiente esté sobre los 4 grados centígrados y como se indica en la numeral 705-3.01. Para franjas sólidas de 10 cm. de ancho, la tasa mínima de aplicación será de 39 lt/km. Para franjas entrecortadas o de líneas punteadas, la tasa mínima de aplicación será de 9.6 lt/km. y 13 lt/km. respectivamente.

La mínima tasa de aplicación para flechas y letras será de 0.4 lt/m² de marcas. Las micro esferas de vidrio serán aplicadas a una tasa mínima de 0.7 kg. por cada lt. de pintura. Las áreas pintadas estarán protegidas del tráfico hasta que la pintura esté suficientemente seca. Cuando lo apruebe el Fiscalizador, el Contratista aplicará pintura o micro esferas de vidrio en dos aplicaciones, para reducir el tiempo de secado en áreas de tráfico congestionado.

Pago.- Las cantidades entregadas y aceptadas en la forma que se indicó anteriormente, se pagarán al precio unitario establecido en el contrato. De acuerdo al listado de rubros que se indican a continuación y que se presentan en el cronograma de trabajo. Tales precios y pagos serán la compensación total del trabajo descrito en esta sección.

Rubro de Pago y Designación Unidad de Medición

Señalización horizontal Marcas de pavimento (Pintura) Metro Lineal (m).

708-5, 708-6 y 708-7

SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (SEÑALIZACIÓN VERTICAL INFORMATIVA, REGLAMENTARIA Y PREVENTIVA)

Descripción.- Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales completas, adyacentes a la carretera, de acuerdo con los requerimientos de los

documentos contractuales, el Manual de Señalización del MOP y las instrucciones del Fiscalizador. Las placas o paneles para señales al lado de la carretera serán montados en postes metálicos que cumplan las exigencias correspondientes a lo especificado en la Sección 830. Serán instaladas en las ubicaciones y con la orientación señalada en los planos.

Instalación de postes.- Los postes y astas se colocarán en huecos cavados a la profundidad requerida para su debida sujeción, conforme se indique en los planos. El material sobrante de la excavación será depositado de manera uniforme a un lado de la vía, como lo indique el Fiscalizador. El eje central de los postes o astas deberán estar en un plano vertical, con una tolerancia que no exceda de 6 milímetros en tres metros.

El espacio anular alrededor de los postes se rellenará hasta el nivel del terreno con suelo seleccionado en capas de aproximadamente 10 centímetros de espesor, debiendo ser cada capa humedecida y compactada a satisfacción del Fiscalizador, o con hormigón de cemento Portland, de acuerdo a las estipulaciones de los planos o a las especificaciones especiales. Los orificios para pernos, vástagos roscados o escudos de expansión se realizarán en el hormigón colado y fraguado, por métodos que no astillen el hormigón adyacente a los orificios. Si los postes son de acero, deberán estar de acuerdo a los requerimientos de la ASTM A 499, y si son galvanizados, estarán de acuerdo con la ASTM A 123. Si los postes son de aluminio, deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la ASTM 322.

Instalación de placas para señales.- Las placas o tableros para señales se montarán en los postes, de acuerdo con los detalles que se muestren en los planos. Cualquier daño a los tableros, sea suministrado por el Contratista o por el Ministerio, deberá ser reparado por el Contratista, a su cuenta, y a satisfacción del Fiscalizador; el tablero dañado será reemplazado por el Contratista, a su propio costo, si el Fiscalizador así lo ordena.

Los tableros de señales con sus respectivos mensajes y con todo el herraje necesario para su montaje en los postes, serán suministrados por el Contratista, excepto en las disposiciones especiales se dispone el suministro de los tableros por el Ministerio. Cuando se utilicen láminas reflectivas, el color especificado será

conforme a los requerimientos aplicables a la AASHTO M 268 y se colocará en superficies exteriores lisas. Tendrá que ser visible a una distancia no menor de 100 m.

Medición.- Las cantidades a pagarse por las señales colocadas al lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas e instaladas.

Pago.- Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán al precio contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, fabricación, transporte e instalación de las señales colocadas al lado de carreteras, que incluye los postes, herraje, cimentaciones y mensajes, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

Rubro de Pago y Designación Unidad de Medición

* Señalización vertical a al lado de la carretera preventiva	unidad
* Señalización vertical a al lado de la carretera informativa	unidad
* Señalización vertical a al lado de la carretera reglamentaria	unidad

Anexo 5 Análisis de Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROPUESTA					
Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito					
DESCRIPCIÓN : ACABADO DE LA OBRA BASICA EXISTENTE					
ESPECIFICACIÓN : 308-2(1) UNIDAD: m2					
EQUIPOS					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
28	RÓDILLO VIBRATORIO LISO 130 HP	1,0000	30,1000	0,0063	0,1881
12	CAMION CISTERNA 230 HP 10.000 LT	1,0000	30,0600	0,0063	0,1879
23	MOTONIVELADORA 140 HP	1,0000	48,7700	0,0063	0,3048
				PARCIAL M	0,6808
MANO DE OBRA					
CODIGO	CUADRILLA TIPO	CANTIDAD	S.R.H.U	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
01	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2 PEON	1,0000	3,1800	0,0063	0,0199
11	ESTR.OC.C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1,0000	3,5700	0,0063	0,0223
12	EST.OC.C2 OPERADOR EQUIP.PESADO	1,0000	3,3900	0,0063	0,0212
09	ENGRASADOR O ABAS.RESP.(ESTR.OC	1,0000	3,2200	0,0063	0,0201
07	CHOFER PROFESIONAL (ESTR.OC..C1)	1,0000	4,6700	0,0063	0,0292
				PARCIAL N	0,1127
MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITAR.	TOTAL COSTO
5650	AGUA	m3	0,5000	0,6200	0,3100
				PARCIAL O	0,3100
TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	TOTAL COSTO
				PARCIAL P	0,0000
				COSTO DIRECTO	1,10
				COSTO INDIRECTO (20.0000 %)	0,22
				PRECIO UNITARIO TOTAL	1,32

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROPUESTA					
Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito					
DESCRIPCIÓN ; IMPRIMACION					
ESPECIFICACIÓN ; 405.1(1) Especificaciones MOP-00 UNIDAD: lt					
EQUIPOS					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
17	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO 220 HP	1,0000	43,3800	0,0025	0,1085
20	ESCOBA AUTOPROPULSADA 80 HP	1,0000	19,0200	0,0025	0,0476
				PARCIAL M	0,1560
MANO DE OBRA					
CODIGO	CUADRILLA TIPO	CANTIDAD	S.R.H.U	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
12	EST.OC.C2 OPERADOR EQUIP.PESADO	1,0000	3,3900	0,0025	0,0085
09	ENGRASADOR O ABAS.RESP.(ESTR.OC	1,0000	3,2200	0,0025	0,0081
07	CHOFER PROFESIONAL (ESTR.OC..C1)	1,0000	4,6700	0,0025	0,0117
				PARCIAL N	0,0282
MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITAR.	TOTAL COSTO
1400	DIESEL	gl	0,0060	1,0400	0,0062
2300	ASFALTO	gl	0,2100	1,2700	0,2667
				PARCIAL O	0,2729
TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	TOTAL COSTO
				PARCIAL P	0,0000
				COSTO DIRECTO:	0,46
				COSTO INDIRECTO (20.0000 %)	0,09
				PRECIO UNITARIO TOTAL	0,55

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROPUESTA					
Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito					
DESCRIPCIÓN : CARPETA ASFAL.EN CALIEN.e=5.0cm-INC.TRAN.					
ESPECIFICACIÓN : 405-5C Mezcla en planta,inc.trans.mezcla a obra					
UNIDAD: m2					
EQUIPOS					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
26	RODILLO NEUMATICO 100 HP	1,0000	26,1400	0,0075	0,19605490
28	RODILLO VIBRATORIO LISO 130 HP	1,0000	30,1000	0,0075	0,22575564
31	TERMINADORA DE ASFALTO 100 HP	1,0000	51,1400	0,0075	0,38355959
48	VOLQUETE 8 m3 250 HP	4,0000	33,9000	0,0075	1,01702543
14	CARGADORA FRONTAL 140 HP	1,0000	38,5400	0,0075	0,28905723
19	DEPOSITO DE ASFALTO	2,0000	0,3500	0,0075	0,00525013
18	PLANTA DE ASFALTO 80-120 TPH	1,0000	108,7300	0,0075	0,81549539
PARCIAL M					2,9322
MANO DE OBRA					
CODIGO	CUADRILLA TIPO	CANTIDAD	S.R.H.U	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
01	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2 PEON	8,0000	3,1800	0,0075	0,1908048
11	ESTR.OC.C1 OPERADOR EQUIP.PESAD	2,0000	3,5700	0,0075	0,0535513
12	EST.OC.C2 OPERADOR EQUIP.PESAD	3,0000	3,3900	0,0075	0,0762769
09	ENGRASADOR O ABAS.RESP.(ESTR.OC	5,0000	3,2200	0,0075	0,1207530
07	CHOFER PROFESIONAL (ESTR.OC..C1)	4,0000	4,6700	0,0075	0,1401035
PARCIAL N					0,5815
MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITAR.	TOTAL COSTO
1400	DIESEL	gl	0,6375	1,0400	0,663
0299	ARENA Especific. MOP-001-F2002 TRANS.	m3	0,0440	12,2000	0,5368
0298	RIPIO TRIT.Esp.MOP-001-F2002,TRANS.F	m3	0,0660	16,6200	1,09692
2300	ASFALTO	gl	3,4410	1,2700	4,37007
PARCIAL O					6,6668
TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	TOTAL COSTO
PARCIAL P					0,0000
COSTO DIRECTO					10,18
COSTO INDIRECTO (20.0000 %)					2,04
PRECIO UNITARIO TOTAL					12,22

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROPUESTA					
Rehabilitación vial de la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito					
RUBRO No : V014					
DESCRIPCIÓN : PUBLICACIONES POR LA PRENSA 8.4x9.4cm					
ESPECIFICACIÓN : 220-(6)A			UNIDAD: u		
EQUIPOS					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
					0,0000
				PARCIAL M	0,0000
MANO DE OBRA					
CODIGO	CUADRILLA TIPO	CANTIDAD	S.R.H.U	1/R (h/u)	TOTAL COSTO
01	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2 PEON	1,0000	3,1800	1,00000	3,1800
				PARCIAL N	3,1800
MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITAR.	TOTAL COSTO
5728	PUBLICACIONES POR LA PRENSA 8.4x9.4cm	u	1,0000	765,0000	765,0000
				PARCIAL O	765,00000
TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	TOTAL COSTO
				PARCIAL P	0
				COSTO DIRECTO:	768,18
				COSTO INDIRECTO (20.0000 %) :	153,64
				PRECIO UNITARIO TOTAL	921,82