

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS
DE CONSERVACION DE LAS CARPETAS
ASFALTICAS EN LAS CARRETERAS.**

Por:
LIVIO ALBERTO BONILLA UTRERA

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería de Tránsito**

DICIEMBRE DE 2000

TM
TE275
B6
2000
c.1

2008

PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS
DE CONSERVACION DE LAS CARPETAS
ASFALTICAS EN LAS CARRETERAS.



1080111906

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS DE
CONSERVACIÓN DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS
EN LAS CARRETERAS.

Por:

LIVIO ALBERTO BONILLA UTRERA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería de Tránsito.

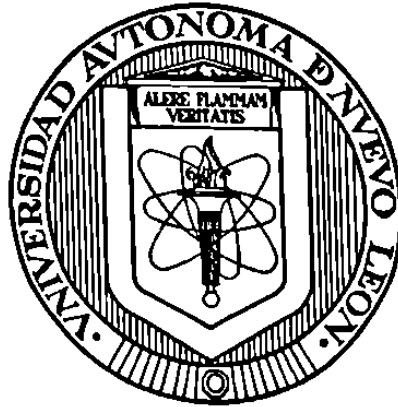
Diciembre de 2000





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



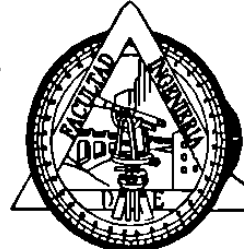
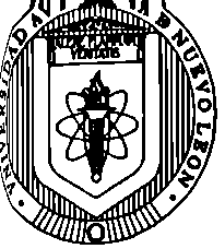
**PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS DE
CONSERVACIÓN DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS
EN LAS CARRETERAS.**

Por:

LIVIO ALBERTO BONILLA UTRERA

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería de Tránsito.**

Diciembre de 2000



COMPROBANTE DE CORRECCIÓN

Tesista: LIVIO ALBERTO BONILLA UTRERA

Tema de la tesis :

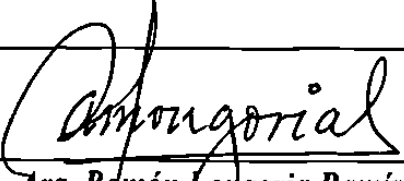
PROPUESTA PARA OPTIMIZAR ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE
CARPETAS ASFÁLTICAS EN CARRETERAS.

Este documento certifica la corrección : DEFINITIVA
del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico,
metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

NINGUNA

Nombre y firma de quien corrigió :


Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Sub Director de Posgrado :


Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 1° de Noviembre del 2000.

DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA
Sub-Director de Estudios de Posgrado
de la Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.
PRESENTE.-

Por este medio me permito comunicar a usted, que el ING. LIVIO ALBERTO BONILLA UTRERA, Pasante de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Tránsito, ha concluido con su trabajo de tesis titulado: "PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS EN LAS CARRETERAS", por lo que no hay ningún inconveniente para atender la solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra Institución, he de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención que sirva brindar a la presente, me es grato despedirme de usted.

ATENTAMENTE
Cd. Universitaria, Noviembre 21 del 2000. .



M.C. RAFAEL GALLEGOS LOPEZ
DIRECTOR DE TESIS

San Nicolás de los Garza, N. L.; a 21 de Noviembre de 2000.

Dr. Ricardo González Alcorta.
Subdirector de la División de Estudios de Posgrado
Instituto de Ingeniería Civil, U.A.N.L.
Presente.-

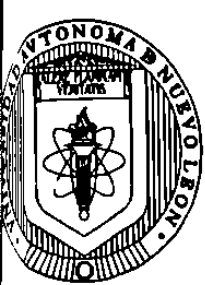
Por medio de la presente me dirijo a Usted, para solicitar la tramitación correspondiente para sustentar mi examen de grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en ingeniería de Tránsito, con la presentación del trabajo de tesis titulado: PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS EN LAS CARRETERAS; de acuerdo al Reglamento de Exámenes Profesionales de la U.A.N.L.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su atención y, aprovecho para saludarle cordialmente.

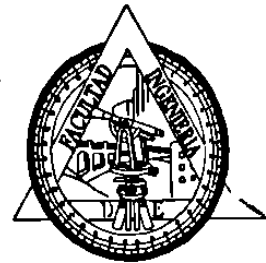
Atentamente



Ing. Livio Alberto Bonilla Utrera.
Tesista



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



Ing. Livio Alberto Bonilla Utrera

PRESENTE

Por medio de la presente se le informa que el *Comité de Maestría* ha evaluado su tesis "**PROPUESTA PARA OPTIMIZAR ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS EN CARRETERAS**", que presentó Usted como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Tránsito. El resultado definitivo de la evaluación de su tesis es de APROBADA. Todo lo anterior es atendiendo a los artículos 112 y 114 del Reglamento General de los Estudios de Posgrado de la UANL.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus ordenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

"ALERE FLAMMAM VERITATIS"

Cd. Universitaria, a 10 de diciembre del 2000



M. E. C. Francisco Gámez Treviño

Presidente del Comité de Maestría

c.c.p. : Archivo

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todos los catedráticos que tuvieron la generosidad de compartir conmigo, su conocimiento en lo referente a los temas que desarrollaron en sus clases, los cuales fueron importantemente enriquecidos por sus experiencias particulares.

También agradezco el apoyo y comprensión, así como el que me hayan brindado su apreciable amistad, a todos mis compañeros de generación; quienes siempre me animaron a seguir adelante.

Reitero mi gratitud, a todo el personal administrativo de los departamentos de Posgrado y el de Ingeniería de Tránsito, del Instituto de Ingeniería Civil de la U.A.N.L., por todas las atenciones que tuvieron para conmigo.

Finalmente, sin ser menos importantes, doy las gracias a todas aquellas personas que, de alguna manera u otra, tuvieron que ver con la realización exitosa de esta Maestría, así como de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA.

*Quiero dedicar el trabajo de investigación que ahora presento, y que representa la culminación exitosa de la maestría que cursé, **A MI FAMILIA**, la cual siempre estuvo a mi lado, apoyándome incondicionalmente; y que tuvo la mejor disposición hacia mí.*

*También dedico esta investigación **A TODOS MIS AMIGOS**, por su considerable comprensión y paciencia para conmigo.*

RESUMEN TÉCNICO.

Livio Alberto Bonilla Utrera.

Fecha de obtención del grado: *Diciembre de 2000.*
Universidad Autónoma de Nuevo León.
Facultad de Ingeniería Civil.
Instituto de Ingeniería Civil.

Título del estudio: *Propuesta para optimizar las estrategias de conservación de las carpetas asfálticas en las carreteras.*

Número de páginas: 208. *Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Tránsito.*

Área de estudio: *Conservación y mantenimiento de carreteras.*

Síntesis del desarrollo del estudio:

Inicialmente, este trabajo describe brevemente los conceptos básicos de la administración de pavimentos y se ubica a la actividad de evaluación dentro del contexto de esta disciplina. A partir de este contexto, se define una serie de principios de la evaluación de los pavimentos y algunos criterios para realizarla. Posteriormente, se analizan los métodos y equipos más comunes empleados en la evaluación de los pavimentos. De estos métodos y equipos, se destacan las características más relevantes, las ventajas y desventajas del uso de algunos de ellos, así como los resultados que producen.

RESUMEN.

Los análisis desarrollados, consistieron en comparar entre sí la información de deflexiones obtenida con los equipos diferentes (evaluación no destructiva), que se utilizan en México. A partir de dichos resultados, se estableció un conjunto de relaciones, las cuales permiten precisar una serie de recomendaciones acerca de los ajustes que se pueden realizar a los métodos tradicionales.

Finalmente, se desarrolla un método para generar alternativas de conservación para un proyecto carretero determinado, tomando en cuenta la aplicación de los Métodos de la AASHTO y la información de evaluación "no destructiva" y otros tipos de datos.

Director de Tesis: _____

M. C. Rafael Gallegos López.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

<i>Capítulo</i>	<i>Página</i>
I. INTRODUCCIÓN.	1
I.1. Antecedentes.	1
I.2. Situación actual.	9
I.2.1. El Índice Internacional de Rugosidad, en la red nacional carretera.	12
II. OBJETIVOS.	14
II.1. Objetivo general.	14
II.2. Objetivos específicos.	14
III. HIPÓTESIS.	16
IV. CONCEPTOS GENERALES.	17
IV.1. Pavimentos flexibles.	17
IV.2. Pavimentos rígidos.	18
IV.3. Área de contacto, presión de contacto y tiempo de carga.	19
IV.4. Características superficiales, influencia en la interacción vehículo-carretera.	23

IV.5. Adherencia neumático-pavimento.	25
IV.6. Índice de Servicio Actual (ISA).	27
IV.7. Índice Internacional de Rugosidad (IRI).	28
IV.7.1. Características del modelo.	29
IV.7.2. Escala y características del IRI.	30
IV.8. Índice Internacional de Fricción (IFI).	31
IV.9. Clasificación de las degradaciones del pavimento.	37
IV.9.1. Catálogo de deterioros.	37
IV.9.2. Degradaciones de tipo A.	38
IV.9.3. Degradaciones de tipo B.	38
IV.9.4. Desprendimientos.	40
IV.9.5. Deformaciones.	44
IV.9.6. Roturas.	47
IV.9.6.1. Agrietamiento en los pavimentos de concreto asfáltico.	48
IV.9.6.2. Tipos de grietas.	50
IV.9.7. Varios.	56
V. MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN Y EL DIAGNÓSTICO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LAS CARRETERAS.	60
V.1. Estudios preliminares.	60
V.1.1. Estudios técnicos.	61
V.1.2. Estudios económicos.	64
V.1.3. Primer análisis integral.	65
V.1.4. Afinación de los estudios técnicos y económicos.	65
V.2. Consideraciones básicas.	66
V.3. Evaluación No-Destructiva.	68
V.4. Medición del ISA.	74
V.5. Medición del IRI.	75
V.5.1. Medida de la regularidad superficial (rugosidad).	75

V.5.2. Niveles de Rugosidad.	80
V.6. Medición del IFI.	81
V.6.1. Medida de la adherencia neumático-pavimento.	81
V.6.2. Medida de la textura.	83
V.6.3. Medida de la resistencia al deslizamiento (fricción).	84
VI. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS.	88
VI.1. Sistema Integral de Conservación de Carreteras (SICC).	88
VI.2. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP).	88
VI.2.1. Bases conceptuales.	90
VI.2.2. Equipo de cómputo.	92
VI.2.3. Banco de datos.	92
VI.2.4. Recomendaciones específicas.	92
VI.2.5. Evaluación sistemática.	93
VI.2.6. Formatos requeridos.	94
VI.2.7. Mecánica de desarrollo de los subsistemas.	94
VI.2.8. Implantación del SIMAP.	98
VI.2.9. Relación necesaria entre SISTER y SIMAP.	98
VI.3. Sistema Simulador de Estrategias de Mantenimiento Carretero (SISTER).	99
VI.3.1. Resultados del sistema.	102
VI.3.2. Indicadores económicos.	105
VI.3.3. Clases de tránsito.	105
VI.4. HDM (Highway Design and Maintenance).	107
VI.4.1. HDM-4.	107
VII. PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LAS CARPETAS ASFÁLTICAS EN LAS CARRETERAS.	110

VII.1. Necesidad de una estrategia nacional de conservación.	110
VII.2. Bases para una estrategia nacional de conservación.	111
VII.3. Una estrategia para la conservación de carreteras.	112
VII.3.1. El paradigma para ordenar la importancia de las carreteras.	113
VII.4. Asfaltos.	116
VII.4.1. S.M.A. con Viatop 66.	119
VII.4.2. Técnicas de aplicación de revestimientos superficiales.	124
VII.5. Mantenimiento de pavimentos.	125
VII.5.1. Maquinaria.	126
VII.5.1.1. Unidades mecanizadas para bacheo.	126
VII.5.1.2. Recuperadoras de caminos.	130
VII.5.1.2.1. Recuperación de los pavimentos.	132
VII.5.1.3. Norsemeter.	143
VII.5.1.4. Concreto hidráulico para la reconstrucción de carreteras federales.	145
VII.5.1.5. HRM (Monitor de Alta Velocidad para Caminos).	146
VII.6. Software.	147
VII.6.1. "Pavement Evaluator" (compatible con Windows).	147
VII.6.2. SHRP (Strategic Highway Research Program).	148
VII.7. Varios.	149
VII.7.1. Rolodren, espuma asfáltica y modificadores de asfalto.	149
VII.7.2. Geosintéticos.	149
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	151
VIII.1. Clasificación de proyectos.	153
VIII.1.1. Programa de establecimiento de una	

cultura de planeación.	153
VIII.1.2. Nuevas políticas para la conservación.	155
VIII:1.3. Organización.	156
IX. FUENTES Y REFERENCIAS.	163
X. APÉNDICES.	169
X.1. Apéndice A: Procedimiento para la correlación del IRI con un equipo de tipo respuesta (Mays Ride Meter).	169
X.2. Apéndice B: Resumen de prácticas de mantenimiento de pavimentos flexibles (Criterios de selección entre pavimentos rígidos y flexibles para aeropuertos: S.C.T., Dirección General de Aeropuertos, Dirección de Programación, Coordinación de Programación.).	181
X.3. Apéndice C: Medida de la textura superficial de un pavimento por el Método del Círculo de Arena (NLT – 174/72) (Medición de la Macrotextura.).	186
X.4. Apéndice D: Coeficiente de resistencia al deslizamiento con el Péndulo del TRRL (NLT – 175/88) (Medición de la Microtextura.).	192
X.5. Apéndice E: Estudio y establecimiento de criterios sencillos y homogéneos de evaluación del estado de redes de carreteras (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.).	205

ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura</i>	<i>Página</i>
1. Conformación típica de un pavimento flexible.	18
2. Conformación típica de un pavimento rígido.	19
3. Influencia de la gama de irregularidades superficiales en los fenómenos de interacción entre el vehículo y la carretera.	24
4. Representación gráfica del modelo "Cuarto de Carro".	30
5. Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.	31
6. Microtextura y Macrotextura.	33
7. Influencia de la textura y la velocidad en el coeficiente de resistencia al deslizamiento.	34
8. Condición de contacto entre una rueda en movimiento y una superficie mojada.	35
9. Equipo "Mays Ride Meter".	78
10. Estructura del SICC.	89
11. Estado físico de la red federal a finales de 1995.	103
12. Presupuesto preventivo en millones de nuevos pesos.	104
13. Estado físico de la red carretera federal, Estrategia 54 del SISTER.	104
14. Clasificación del estado físico de la red federal por clase de tránsito.	106
15. Diferencia de alturas de un tramo (datos filtrados y corregidos).	171
16. Diferencias de alturas de un tramo sin filtrar los datos del levantamiento.	172
17. Gráficas de un tramo de 300 m con valor de IRI = 1.6 m/km.	173

PRELIMINARES.

18. Gráficas de un tramo de 300 m con valor de IRI = 4.7 m/km.	174
19. Gráficas de un tramo de 300 m con valor de IRI = 9.0 m/km.	175
20. Gráfica de calibración de un Mays Ride Meter.	177
21. Prueba del "Círculo de Arena".	186
22. Ensayo del "Círculo de Arena".	187
23. Ábaco para la determinación de la profundidad media de enrase.	189
24. Esquema del ensayo del "Círculo de Arena".	190
25. Péndulo del TRRL.	192
26. Corrección al aplicar el coeficiente de resistencia al deslizamiento a distintas temperaturas para obtener el valor correspondiente a 20°C.	202

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla</i>	<i>Página</i>
1. Propuesta de clasificación de las irregularidades superficiales de un pavimento.	23
2. Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual.	28
3. Nivel de gravedad de las degradaciones de Tipo A.	39
4. Nivel de gravedad de las degradaciones de Tipo B.	40
5. Características básicas de equipos para la evaluación estructural no destructiva de pavimentos.	72
6. Datos de la Estrategia 54 del SISTER, para 1995.	103
7. Número de vehículos pesados en una dirección al día.	105
8. Breve mención de los equipos de prueba que propone el programa SHRP para evaluar las propiedades del asfalto.	118
9. Efecto del Arbocel (la fibra del Viatop). Japón.	123
10. Estudio y establecimiento de criterios sencillos y homogéneos de evaluación del estado de redes de carreteras (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica).	181
11. Resumen de prácticas de mantenimiento de pavimentos flexibles (criterios de selección entre pavimentos rígidos y flexibles para aeropuertos: S.C.T., Dirección General de Aeropuertos, Dirección de Programación, Coordinación de Programación).	206

NOMENCLATURA.

AASHO : American Association of State Highway Officials.

AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials.

AIPCR : Asociación Internacional Permanente de Congresos de Carreteras.

APL : Analizador Dinámico del Perfil Longitudinal.

ARS : Analizador de la Regularidad Superficial.

ASA : Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

ASCE : American Society of Civil Engineers.

ASTM : American Society for Testing and Materials.

CAPEX : Subsistema "Capacidad Estructural" del SIMAP.

CARGEOT : Subsistema "Características Geotécnicas" del SIMAP.

CBR : California Bearing Ratio.

CEMEX : Cementos Mexicanos.

cm : Centímetro.

CRD : Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento.

CRR : Centre de Recherches Routières.

DATOGEN : Subsistema "Datos Generales" del SIMAP.

DGCC : Dirección General de Conservación de Carreteras.

etc. : Etcétera.

fig. : Figura.

FORCE : First OECD Research Common Experiment.

FWD : Falling Weigh Deflectometer.

FyR : Fuentes y Referencias.

GLG : Gravilla-Ligante-Granulado.

HDM : Highway Design and Maintenance

HRM : Monitor de Alta Velocidad para Caminos.

IFI : Índice Internacional de Fricción (IFI : International Friction Index).

IMCYC : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

IMT : Instituto Mexicano del Transporte.

in : Pulgada.

INVEDET : Subsistema "Inventario de Deterioros" del SIMAP.

IP : Índice de Perfil.

IRI : Índice Internacional de Rugosidad (IRI : International Roughness Index).

ISA : Índice de Servicio Actual (PSI : Present Serviceability Index).

ISA : Subsistema "Índice de Servicio" del SIMAP.

km : Kilómetro.

m : Metro.

MDNP : millones de nuevos pesos.

mi : Milla.

mm : Milímetro.

MOPU : Ministerio de Obras Públicas de España.

Mr : Módulo de Rigidez Dinámico.

NCHRP : National Cooperative Highway Research Program.

REFIN : Subsistema "Resultados Finales" del SIMAP.

ROAR : Road Analiser and Recorder.

RST : Road Surface Tester.

RUNAR : Runway Analiser and Recorder.

RWD : Rolling Wheel Deflectometer.

SCRIM : Sideway Coefficient Routine Inventory Machine.

SCT : Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

SGP : Sistema de Gestión de Pavimentos.

SHRP : Strategic Highway Research Program.

SICC : Sistema Integral de Conservación de Carreteras.

SIMAP : Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos.

SIPUMEX : Sistema de Puentes de México.

SISTER : Sistema Simulador de Estrategias de Mantenimiento Carretero.

SMA : Stone Mastic Asphalt.

TIR : Tasa Interna de Retorno.

ton : Tonelada, toneladas.

TPDA : Tránsito Promedio Diario Anual.

TRRL : Transport and Road Research Laboratory.

VNP : Valor Neto de Proyecto.

VOC : Vehicle Operating Costs.