

Desarrollo de un sistema de mantención para pavimentos asfálticos

Pág. 52

Hernán de Solminihaç T.

Profesor. Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 6177, Santiago, Chile.

Gerardo Echeverría G.

Profesor. Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 6177, Santiago, Chile.

RESUMEN: la mantención de los caminos ha pasado a ser una actividad importante en la ingeniería vial, y con ello se ha desarrollado una nueva disciplina, "La administración de pavimentos". Es por ello que la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile inició en enero de 1984 la implementación de un sistema de gestión de pavimentos. Para ello el Ministerio incorporó dos a las universidades en un Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos, a la Universidad de Chile en los de hormigón y a la Pontificia Universidad Católica de Chile en los asfálticos. Este artículo se refiere principalmente, a las actividades que se están desarrollando en el Departamento Ingeniería de Construcción de la Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, para la implementación de este sistema. El enfoque prioritario de este estudio es el desarrollo de modelos de comportamiento de los pavimentos asfálticos en Chile, que permitan predecir, en el momento oportuno, cuándo realizar la conservación y qué tipo de solución materializar, de modo de optimizar la inversión de los recursos.

I. INTRODUCCION

En enero de 1984 la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas da inicio a la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos (1), con el objeto de establecer políticas de conservación a nivel de proyecto y de la red vial. Considerando que este proyecto es interdisciplinario, en atención a las áreas de especialización que intervienen en el desarrollo, la Dirección de Vialidad incorporó a dos universidades en un Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos, a la Universidad de Chile para los de hormigón y a la Pontificia Universidad Católica de Chile para los pavimentos asfálticos. Chile tiene una red vial de aproximadamente 80.000 km, de los cuales, 23.000 km conforman la red básica nacional. De éstos, 9.000 km están pavimentados, repartidos en un 64,2% de pavimentos flexibles y un 35,8% de pavimentos rígidos (1).

Este trabajo presenta la experiencia que se ha tenido en Chile en el estudio e implementación de un sistema de Gestión de la Mantención para Pavimentos Flexibles. El objetivo principal del sistema es

entregar a los encargados de la mantención, la información necesaria, en cuanto a qué hacer y cuándo hacerlo, para optimizar el uso de los recursos disponibles.

Los datos de entrada del sistema se refieren a: antecedentes de la construcción, seguimiento periódico, tránsito, clima, operaciones de mantención y costos. Las salidas son: evaluación técnica de la condición actual del pavimento, predicción del comportamiento futuro del pavimento y evaluación económica. En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo del sistema GIMP (Gestión Integral de la Mantención de Pavimentos) que se está desarrollando.

La metodología seguida por la Pontificia Universidad Católica de Chile y el Ministerio de Obras Públicas se ha centrado en el desarrollo de un sistema de mantención de pavimentos y en la calibración e implementación de dicho sistema. Los principales pasos dados en este sentido se refieren a: estudio bibliográfico; selección, instrumentación y análisis de tramos testigo; calibración de modelos de deterioro; desarrollo de las bases del sistema para ser implementados en microcomputadores. El trabajo desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Chile se ha ordenado en ocho actividades específicas:

- implementación y evaluación de tramos testigo.
- creación de un banco de datos de construcción.
- desarrollo de programas computacionales para las transferencias y resumen de indicadores del estado actual del pavimento.
- desarrollo de un modelo de clima.
- desarrollo de un modelo estructural.
- calibración de modelos de deterioro superficial.
- definición de umbrales de intervención.
- implementación de las bases del sistema GIMP en microcomputadores.

Las principales actividades desarrolladas por el Ministerio de Obras Públicas, relacionadas con la gestión de pavimentos asfálticos han sido:

- coordinación de todas las actividades de investigación.
- desarrollo de un modelo de tráfico.
- definición de políticas de mantención.
- estudio de costos de los usuarios para las distintas condiciones chilenas.

En lo que sigue de este informe, se describen las actividades desarrolladas por el equipo de investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

II. TRAMOS TESTIGO

Con el fin de representar lo mejor posible las características de los distintos pavimentos asfálticos existentes en el país, se seleccionaron 18 tramos testigo distribuidos entre Antofagasta (latitud 23°30' Sur) por el Norte, hasta Osorno (latitud 40°20' Sur) por el Sur, cubriendo diferentes climas, tráficos, mezclas asfálticas y orografía; así como situaciones de pavimentos sobre bases granulares y repavimentaciones sobre asfalto u hormigón. Las características de los tramos testigo se muestran en la Tabla N° 1.

En cada tramo testigo se excavaron pozos de reconocimiento (calicatas) para establecer las características de la estructura del pavimento y del suelo de fundación. En cada calicata se determinó; tipos de capas existentes, espesores, densidades y humedades. Se tomaron muestras de capas granulares y suelos, las que fueron sometidas a ensayos de clasificación, Proctor y CBR. De las capas asfálticas se obtuvieron testigos cilíndricos a los cuales se les determinó: estabilidad y fluencia Marshall, porcentaje de huecos y densidad; además, se realizaron extracciones de asfalto mediante el método de Abson, efectuándose sobre el asfalto recuperado los ensayos de: penetración, ductilidad y punto de ablandamiento.

Además de la caracterización de los pavimentos, se estudió la evolución de su comportamiento a través del tiempo, en las distintas estaciones del año, para lo cual se efectuaron en cada oportunidad, en cada tramo, las siguientes mediciones (2).

2.1 Cuencos de deflexiones

Se midió la curva de deflexiones al paso de camiones cargados con 8,2 ton y con 11 ton en el eje trasero. Las mediciones se efectuaron con referencia a bases ancladas a 3 m de profundidad, para evitar que la medición quedara influenciada por el desplazamiento vertical del punto de referencia. En todos los tramos, la base se instaló a 90 cm del borde del pavimento, punto que corresponde, en promedio, al de pasada de la rueda exterior de los vehículos pesados. La Figura N° 2 muestra un esquema de la base profunda y el dispositivo de medición y en la Figura N° 3 se puede apreciar, a través de un ejemplo, su ubicación en el pavimento. Las deflexiones se leyeron por medio de un transductor de desplazamiento (LVDT) y las distancias con un distanciómetro especialmente diseñado para la investigación. Ambas

lecturas, deflexión y dsitancia, se registraron a razón de 200 puntos por segundo, mediante un equipo computacional (3).

2.2 Condición superficial

La condición superficial se evaluó a través de una descripción monográfica, basada en algunos tipos de falla seleccionados: grietas, baches, desprendimiento de áridos, exudación y ahuellamiento; consiguiendo en cada caso la severidad de la falla y la intensidad con que se presenta en el pavimento (4).

2.3 Resistencia al deslizamiento

La variación de las condiciones del pavimento, relacionadas con su resistencia al deslizamiento, se estudiaron a través de mediciones periódicas efectuadas con el péndulo de fricción (British Pendulum) para efectos de la microtextura y mancha de arena (sand patch) para macrotextura (5).

2.4 Temperatura de las capas asfálticas

La temperatura del pavimento se definió, por razones prácticas, como la medida en una perforación de 40 mm efectuada en el pavimento y rellena con glicerina, de acuerdo con la definición de AASHTO. En forma adicional, se midió la temperatura en puntos ubicados a distintas profundidades en el pavimento, para lo cual se instalaron termocuplas cada 5 cm a través del espesor de las capas asfálticas.

2.5 Humedad y densidad de la sub-rasante

Estas condiciones fueron medidas con dispositivos nucleares en distintas profundidades hasta 1,0 m bajo la rasante.

2.6 Ahuellamiento

La deformación permanente en la huella de los vehículos se midió a través de perfiles gráficos obtenidos con perfilómetro transversal. Las mediciones se efectuaron cada 40 m dentro del tramo testigo.

III. BANCO DE DATOS DE CONSTRUCCION

Con el fin de contar con un archivo de fácil operación, capaz de ser combinado con otros programas, se creó un banco computacional de antecedentes de los distintos caminos o tramos de caminos. Esta base de datos recoge la información relativa a: diseño, materiales, etapas de construcción y control (2).

Para la adquisición de la información en terreno, se crearon fichas especiales en los siguientes aspectos:

- información de diseño
- características de suelos
- colocación de capas de suelo y granulares
- calidad de los agregados
- características de mezclas asfálticas
- colocación de mezclas asfálticas
- calidad del asfalto

IV. AUSCULTACION CONTINUA

La auscultación continua del pavimento es realizada por la Dirección de Vialidad a través de 4 equipos de medición (2):

- deflectómetro transitivo
- perfilómetro óptico y/o mays-meter
- mu-meter

Los valores medidos por estos equipos deben ser transferidos y resumidos en una base de datos operable con distintos programas computacionales. Los programas necesarios para la transferencia y resumen de la información, fueron desarrollados por la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Especial interés presenta el programa relacionado con las mediciones del deflectómetro transitivo, en el que fue necesario considerar correcciones por geometría del dispositivo y por temperatura de la capa asfáltica, pues ambos aspectos influyen fuertemente los valores medidos.

La corrección geométrica es necesaria, puesto que la referencia de medición del deflectómetro cae dentro del cuenco de deflexiones y por lo tanto cambia de posición (altura) durante la medición. La expresión encontrada para la corrección de la deflexión máxima (6) es:

$$d_c = d_m + F(k, E_s) \quad (1)$$

en donde:

d_c =deflexión corregida

d_m =deflexión medida

E_s =módulo de elasticidad del suelo

k =constante, función de la geometría del dispositivo de medición y de la carga de ensayo. Considerando una carga de 4.100 kg (eje de 8,2 ton), se encontraron para nuestros dispositivos los valores $k=6.228$ (deflectómetro) y $k=4.385$ (viga Benkelman)

La corrección por temperatura es necesaria para llevar el valor de la deflexión, medida a la temperatura de ensayo, al que le correspondería a una temperatura de referencia, la que en nuestro caso se ha fijado en 20°C. La ecuación definida para la normalización de la temperatura (6) es:

$$d_n = d_c * a^{(T - 20) / u} \quad (2)$$

en donde:

d_n =deflexión normalizada

d_c =deflexión corregida por geometría

T = temperatura de ensayo

a =constante relacionada con la sensibilidad térmica del asfalto. En nuestro caso $a = 1,054$

u = parámetro que representa la influencia relativa de la capa asfáltica en la deflexión total del pavimento. Para nuestras condiciones:

$u = -34,123 * h^{-0,725}$ (sobre bases flexibles)

$u = -35,649 * h^{-0,624}$ (sobre bases rígidas)

h =espesor de la capa asfáltica

V. MODELO DE CLIMA

Los principales efectos del clima sobre las condiciones estructurales de un pavimento se asocian a la temperatura de las capas asfálticas y a la humedad de la sub-rasante.

Para conocer las condiciones térmicas a que estará sometido el pavimento, se desarrolló un modelo de clima, que a partir de antecedentes obtenidos en estaciones meteorológicas, distribuidas en el país, permite estimar la variación horaria de la temperatura del pavimento en un día medio representativo de cada época del año(7).

Las mediciones de humedad de la sub-rasante en los distintos tramos testigo muestran que no se presentan variaciones estacionales significativas de la humedad, en un mismo tramo, a lo largo del año, alcanzando humedades de equilibrio menores a la óptima de compactación en la zona norte del país (clima desértico) y algo mayores a la óptima en la zona central-sur (clima templado lluvioso).

El hecho de que no existen variaciones significativas de la humedad en un mismo tramo, se ha visto confirmado por los módulos de la sub-rasante determinados por retroanálisis en distintas épocas del año, los que tampoco muestran tendencias estacionales.

VI. MODELO ESTRUCTURAL

Se desarrolló un programa computacional para la evaluación del estado del pavimento y su comportamiento futuro (8 y 9). La Figura N° 4 muestra el diagrama de flujo de dicho programa.

El modelo se basa en la teoría elástica multicapa desarrollada por Burmister, para la evaluación de tensiones, deformaciones y desplazamientos, y en ecuaciones de fatiga para la estimación del número admisible de ciclos de carga hasta la aparición de la primera grieta.

El pavimento se modela en base a tres o cuatro capas. El módulo elástico de cada una de ellas se obtiene por retroanálisis de cuencos de deflexión por medio del programa FPEDD1 (10). De esta manera se obtienen valores de los módulos en las condiciones de ensayo (velocidad y temperatura).

Para predecir el comportamiento del pavimento, es necesario conocer los valores de los módulos en las condiciones de operación del pavimento (6). La variación del módulo de las capas asfálticas con la velocidad se cuantifica a través de la expresión [3] y la debida a la temperatura, con la ecuación [4],

$$E_{20}/E_T = a^{(T-20)} \quad (3)$$

en donde:

E_{20} = módulo de elasticidad a 20°C

E_T = módulo de elasticidad a la temperatura T (°C)

T =temperatura de ensayo (°C)

a = constante (definida en ecuación [2])

$$E_{v1} / E_{v2} = (v_1 / v_2)^c \quad (4)$$

en donde:

E_{v1} = módulo de elasticidad a la velocidad v_1

E_{v2} = módulo de elasticidad a la velocidad v_2

v_1, v_2 = velocidades

c = constante (en nuestro caso se determinó $c = 0,2$)

Las tensiones y deformaciones se calculan con el programa ELSYM5 (11), para cada estación, haciendo uso de los módulos correspondientes.

El modelo considera como críticas: la deformación unitaria horizontal en la superficie inferior de la capa asfáltica y la deformación unitaria vertical en la superficie superior de la sub- rasante (Figura N° 5). La capa granular se verifica a través de la razón entre las tensiones de tracción y de compresión en su superficie inferior.

El número de repeticiones admisibles de la carga, se calcula, para cada estación, a través de fórmulas de fatiga. Se están desarrollando ensayos de laboratorio para la obtención de ecuaciones para condiciones locales, mientras se obtienen las formulaciones definitivas, se están utilizando las expresiones de Edwards y Valkering (12). Los números de repeticiones admisibles en las condiciones de cada estación climática, se componen a través de la ley de Miner (13).

VII. CALIBRACION DE MODELOS SUPERFICIALES

Se está calibrando el modelo del Banco Mundial, HDM-III (14), considerando los modelos de deterioro: pérdida de áridos (ravelling), ahuellamiento (rutting) o irregularidad superficial (roughness).

VIII. UMBRALES DE INTERVENCION

Para determinar el momento más adecuado para efectuar la mantención, es necesario definir umbrales de actuación, para cada parámetro del análisis. La metodología que se está siguiendo en este aspecto, consiste en evaluar las actuaciones de mantención por medio del programa HDM-III, permitiendo distintos grados de deterioro antes de la mantención y seleccionar aquellos que, siendo compatibles con las políticas chilenas de mantención permitan una mayor Tasa Interna de Retorno (TIR).

IX. COMENTARIOS FINALES

El sistema GIMP en desarrollo, será de gran utilidad para la administración de la mantención de los pavimentos chilenos, señalando que, como y cuando mantenerlos para optimizar los recursos a nivel de la red vial.

El Banco de Datos de construcción, además de su uso en el sistema GIMP, servirá a los ingenieros de caminos, puesto que contiene información detallada de los caminos chilenos, ordenada en una forma fácil de usar.

Este proyecto instrumentó 18 tramos testigo a lo largo del país, los que servirán para futuras investigaciones en el área.

Se desarrolló un modelo de clima y expresiones para estimar la variación del módulo de las mezclas asfálticas chilena, con la temperatura y la velocidad, lo que será además de utilidad a los diseñadores de pavimentos.

Cabe destacar la elevación del nivel de conocimientos sobre Ingeniería Vial que implica el estudio de las teorías que analizan las relaciones entre las distintas capas de un pavimento y su respuesta estructural en cuanto a deformaciones y tensiones. Es conveniente recordar que sólo cuando se conocen en profundidad los factores que gobiernan el comportamiento de los pavimentos, es posible convertir la experiencia en reglas lógicas que regulen su diseño, construcción y mantención.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección a Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile por el apoyo financiero y técnico dado a este estudio, a través de la investigación Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos contratada con la Pontificia Universidad Católica de Chile y a todo el personal que ha trabajado en este proyecto.

REFERENCIAS

1. Salgado, J; Gutiérrez, P. y Romero, F. (1987), Sistema de Gestión y Seguimiento de Pavimentos, Dirección de Vialidad MOP, Chile, Revista de Ingeniería de Construcción, N°2, pp 34-65.
2. Pontificia Universidad Católica de Chile, (1984, 1985, 1986 y 1987), Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos, Informes Anuales 1984, 1985, 1986 y 1987.
3. de Solminihac, H. y Echeverría, G. (1988), Obtención del radio de curvatura de la deformada: aplicación a pavimentos asfálticos chilenos, V Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Puerto Rico.
4. Dirección de Vialidad (1985) Instructivo para la Inspección Visual de Caminos Pavimentados, Ministerio de Obras Públicas de Chile.
5. Gaete, R.; de Solminihac, H.; Echeverría, G. (1988), Estudio de la Resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en Chile, Revista de Ingeniería de Construcción N°4, Pontificia Universidad Católica de Chile.
6. de Solminihac, H. et al. (1987), Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos, Informes de investigación N°40, 49, 50 y 52, Pontificia Universidad Católica de Chile.
7. Muñoz, J. et al. (1987), Modelo de Temperatura para Pavimentos Asfálticos, Informe de investigación, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
8. Echeverría, G. y de Solminihac, H. (1987), Deterioro de Pavimentos Asfálticos: un modelo estructural, Apuntes de Ingeniería, Vol., 28, Pontificia Universidad Católica de Chile.
9. Echeverría, G. y de Solminihac, H. (1988), Bases para el desarrollo de un Modelo Estructural de Pavimentos Asfálticos, IX Taller de Ingeniería de Sistema, Santiago- Chile.
10. Uddin, W.; Meyer, A.H.; Hudson, W.R. and Stoke II, K.H. (1985), A Structural Evaluation Methodology for Pavements based on Dynamic Deflections, Research Report 387.1, Center for Transportation Research, University of Texas at Austin.

11. Ahlborn, G. (1972), ELSYM5 3/72-3, Elastic Layered System with one to ten normal Identical Circular Uniform Loads, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California at Berkeley.

12. Edwards, J.M. and Valkering, C.P. (1974), Structural Design of Asphalt Pavements for Roads Vehicles - the Influence of High Temperaturas Highways and Road Construction.

13. Brown, S.F. (1978), Material Characteristics for Analytical Pavement Design, Development in Highway Pavement Engineering - 1. P.S. Pell Editor, Applied Science Publishers, Londres.

14. The World Bank, Transportation Department (1985), The Highway Design and Maintenance Standards Study, HDM-III, N°4

Tabla 1 Características básicas de los tramos testigos

IDENTIFICACION					KILOMETRO	TIPO DE PAVIMENTO	AÑO PUESTA EN SERVICIO	TRANSITO	OROGRAFIA	CLIMA	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO										
TRAMO TESTIGO				BASE PROF.							RODADURA		INTERMEDIA		BASE ASFALTICA		PAV. ANTIGUO	BASE GRAN. ESP.	PAV. ANTIGUO	SUELO FUNDACION	
Nº	NOMBRE	KOL.	LONG.								LAT. SUR	TIPO	ESP.	TIPO	ESP.	TIPO				ESP.	CLASIF.
1	URIBE-CARMEN ALTO	62A-005	70°10'	23°30'	1.410,48	S/A	85	M	LL	CRD	MACC	4,5	-	-	MACA	6,0	-	17,0	A 4,5	A-2-4 (9)	10
2	FLTA. FILTROS-ANTOFAGASTA	62A-026	70°20'	23°40'	1,52 (2)	N	82	M	ON	CSD	MAFC	6,0	-	-	-	-	-	38,0	-	A-4 (3)	20
3	VALLÉNAR-CI LACRITAS	63A-005	70°40'	23°30'	670,04	S/A	83	M	LL	CRD	MACC	3,5	-	-	MACA	4,0	A 6,0	15,5	-	A-2-4 (9)	3
4	TONGOY-HERRADURA	64A-005	71°20'	30°20'	439,66	S/A	82	M	ON	TSM	MAFC	5,5	-	-	-	-	A 9,0	14,5	-	A-3 (9)	6
5	OVALLE-MONTEPATRIA	64B-005	71°00'	30°40'	15,6(2)	N	82	L	ON	TSM	TSD	3,0	-	-	-	-	-	24,0	-	A-2-6 (9)	13
6	QDA. GÁLVEZ-AMOLANAS	64A-005	71°40'	31°20'	298,26	S/A	84	M	ON	TSM	MACC	5,5	MACC	8,5	MACC	13,0	A 13,0	30,0	-	A-2-4 (9)	7
7	CHIVATO-CHIGUALCOO 241	64A-005	71°50'	31°50'	241,58	N	84	M	ON	TSM	MACC	7,0	MACC	7,0	MACC	12,0	-	18,0	-	A-1-8 (9)	10
8	CHIVATO-CHIGUALCOO 240	64A-005	71°50'	31°50'	240,50	S/A	84	M	ON	TSM	MACC	6,0	MACC	10,0	MACC	13,0	A 4,5	19,5	-	A-1-8 (9)	13
9	CHIVATO-CHIGUALCOO 205	64A-005	71°50'	32°10'	205,40	S/H	84	M	ON	TSM	MACC	7,0	MACC	7,0	MACC	13,0	H 20,0	25,0	-	A-2-4 (9)	4
10	LONGOTOMA-PTE. CHIVATO	65A-005	71°27'	32°15'	174,48	S/A	81	M	ON	CSM	MAFA	9,5	-	-	MAF	5,0	A 18,0	-	-	A-2-4 (9)	4
11	BULNES-POLPAJCO (1)	73A-005	70°40'	33°20'	8,68	S/H	85	P	LL	CRM	MACC	(1)	-	-	MACA	(1)	N	-	-	(1)	(1)
12	SAN BERNARDO-NOS (1)	73A-005	70°40'	33°40'	23,68	S/H	86	P	LL	CRM	MACC	10,0	-	-	MACC	-	-	20,0	H 20,0	(1)	(1)
13	SAN JAVIER-CONSTITUCION (1)	67B-000	72°00'	35°25'	31,30	S/A	85	M	MO	TRH	MACC	4,5	-	-	MACC	7,0	A 17,0	(1)-	(1)	(1)	(1)
14	TENJAS-PERQUILAUQUEN	67A-005	71°50'	36°20'	351,32	S/H	81	P	LL	CRM	MACC	6,0	-	-	MACC	11,5	H 18,5	10,0	-	A-6 (5)	8
15	LOS SAUCES-PUREN (1)	69B-060	73°10'	38°00'	18,30 (2,4)	N	87	L	LL	TSH	TSD	2,0	-	-	-	-	(1)	-	(1)	(1)	(1)
16	BY PASS LASTARRICA (1)	69A-005	72°40'	39°20'	747,80	N	85	M	ON	TSH	MACC	3,0	MACC	4,5	MACC	9,5	-	32,0	-	A-5	(1)
17	LONDICI E-VILLARRICA	69B-091	72°20'	39°20'	22,00 (2)	N	79	L	ON	TRH	TSD	2,0	-	-	-	-	29,0	-	-	A-2-4 (9)	25
18	SAN PABLO-OSORNO	70A-005	73°00'	40°20'	937,74	S/H	81	M	LL	TSH	MAFA	10,0	-	-	MAFA	5,0	H 18,0	11,5	-	A-7-5 (29)	2

TIPO DE MEZCLA MACC : Mezcla Asfáltica en Caliente Cerrada MAFC : Mezcla Asfáltica en Frío Cerrada MAFA : Mezcla Asfáltica en Frío Abierta MACA : Mezcla Asfáltica en Caliente Abierta TSD : Tratamiento Superficial Doble	TRANSITO L : Liviano M : Medio P : Pesado	OROGRAFIA LL : Llano ON : Ondulado MO : Montañoso	CLIMA Temp. Máj. : Templado C : Caliente T : Templado Tmáx - Tmín : Templado S : Suave R : Riguroso	TIPO DE PAVIMENTO S/A : sobre asfalto S/H : sobre hormigón N : nuevo D : Seco M : Medio H : Húmedo	NOTAS (1) En estos tramos no se han realizado cálculos de inspección (2) TSD, no tiene base profunda y kilometraje indica inicio tramo (3) km cero en Planta Filtros (4) km cero en Los Saucos - No existe la capa
--	---	---	--	---	--

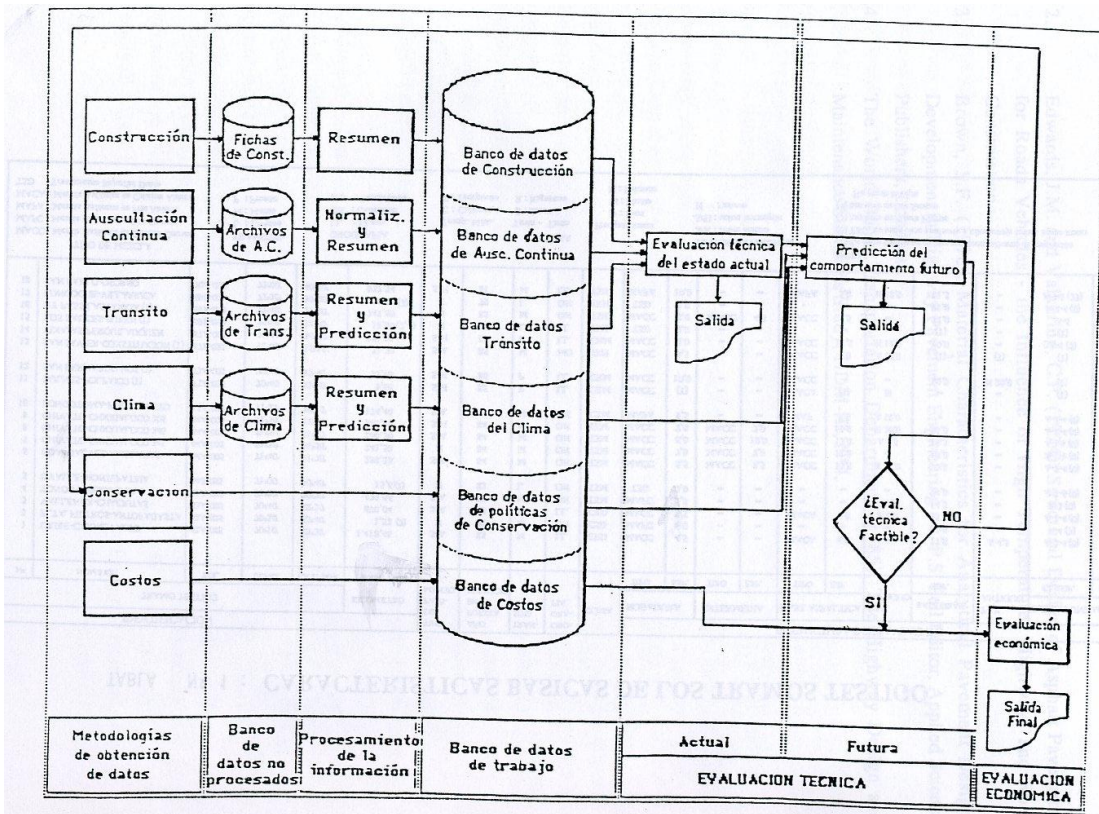


Figura 1 Gestión Integral de Mantenimiento de Pavimentos

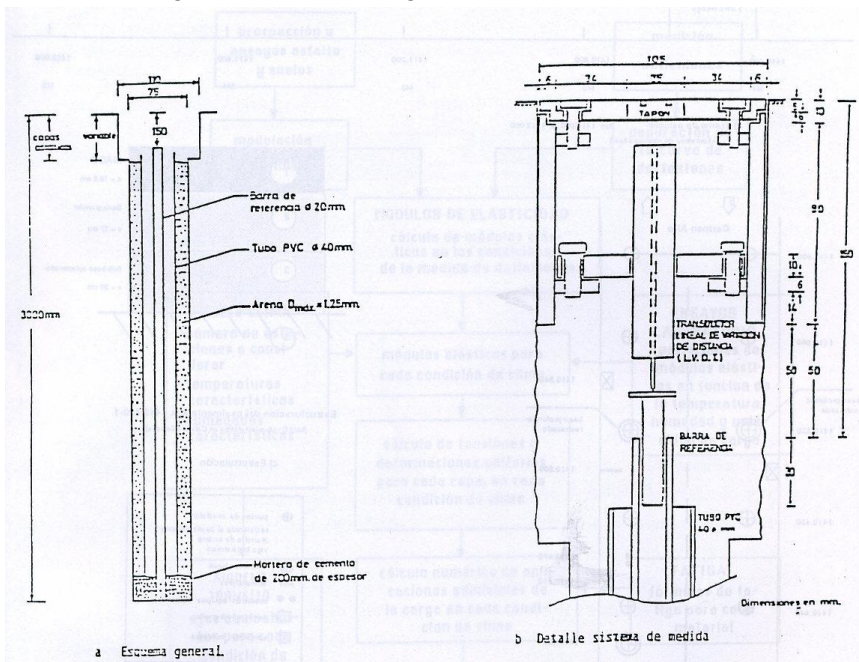


Figura 2 Esquema base profunda

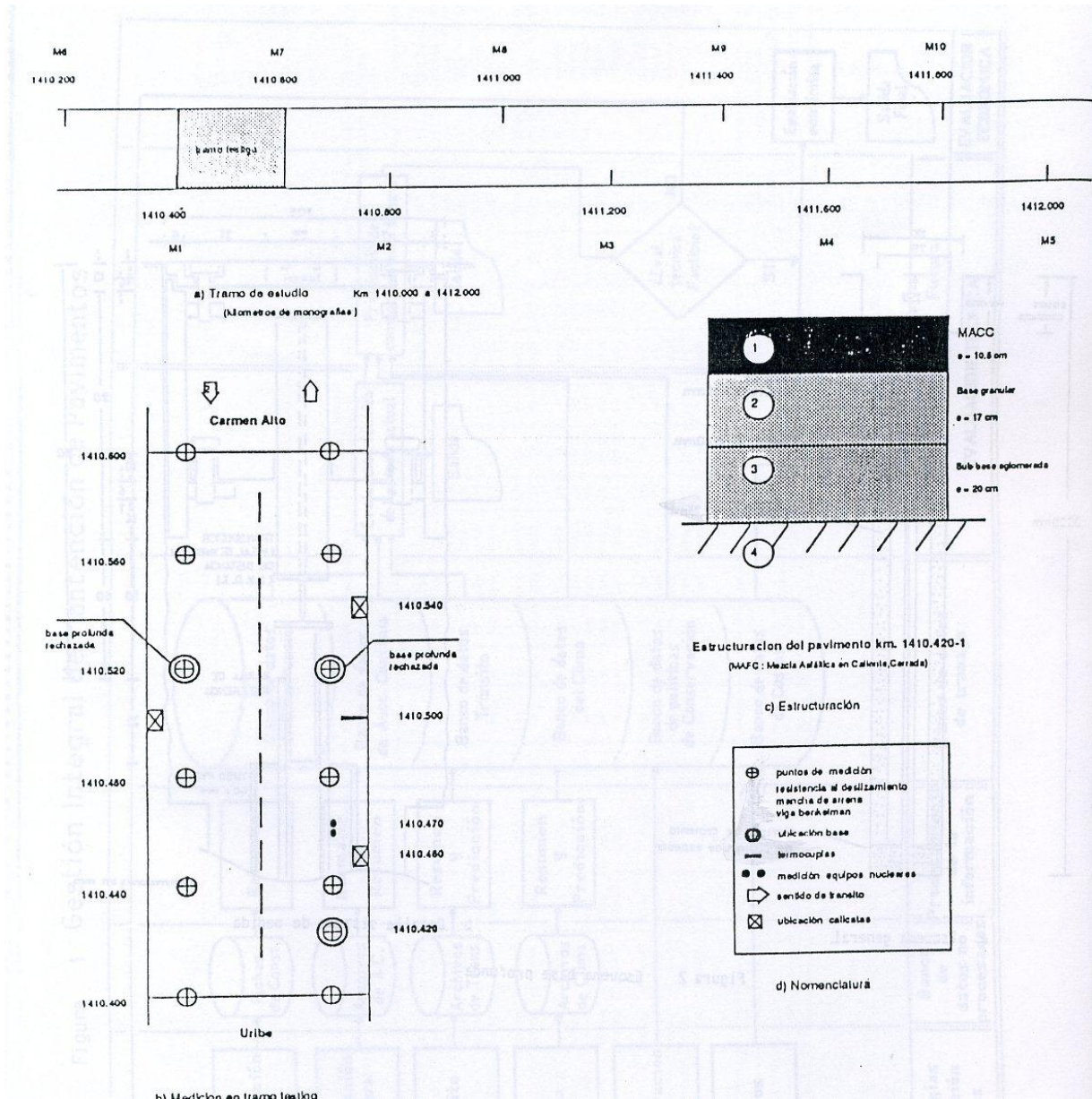


Figura 3 Ubicación de la instrumentación

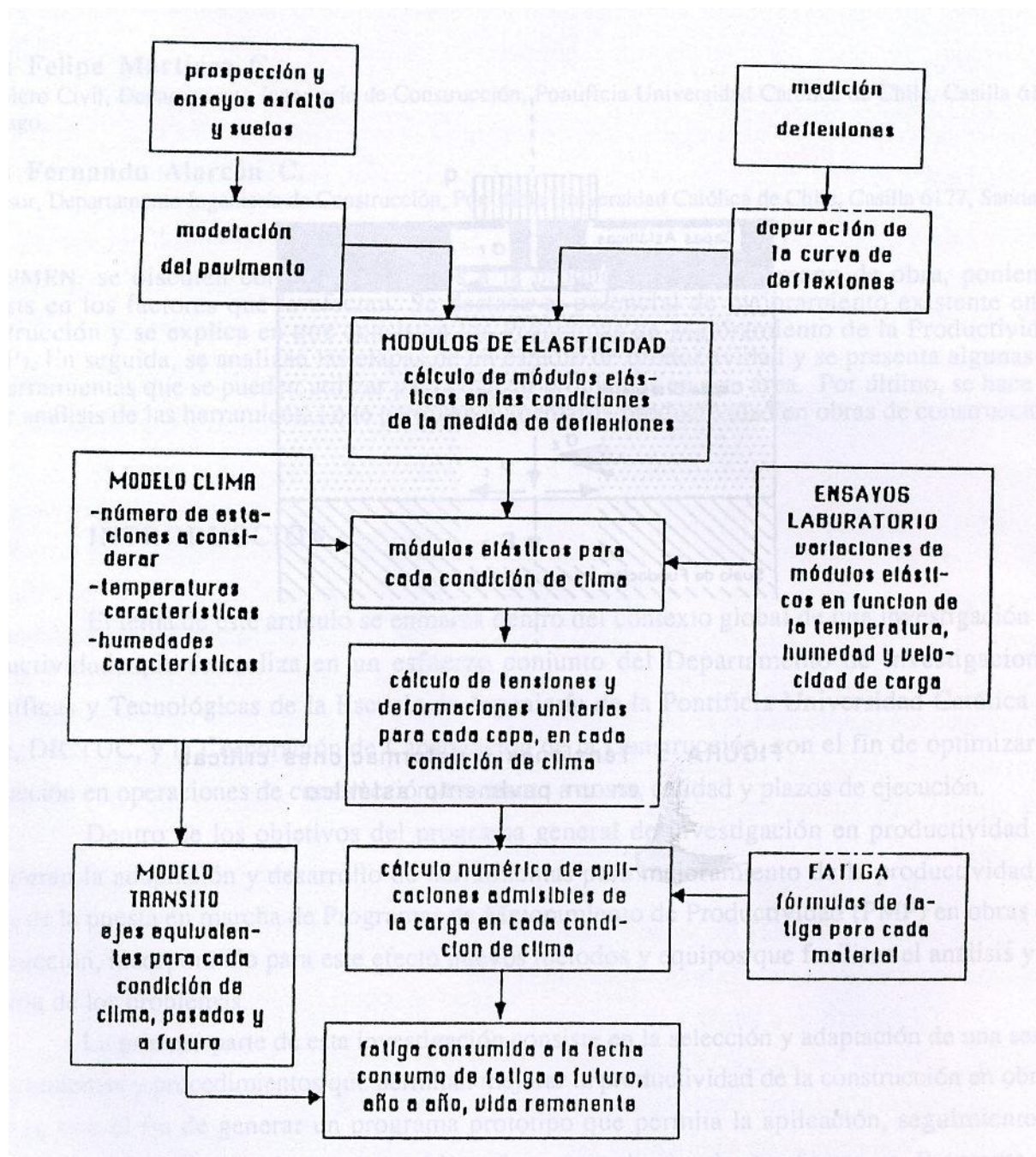


Figura 4 Modelo de deterioro estructural

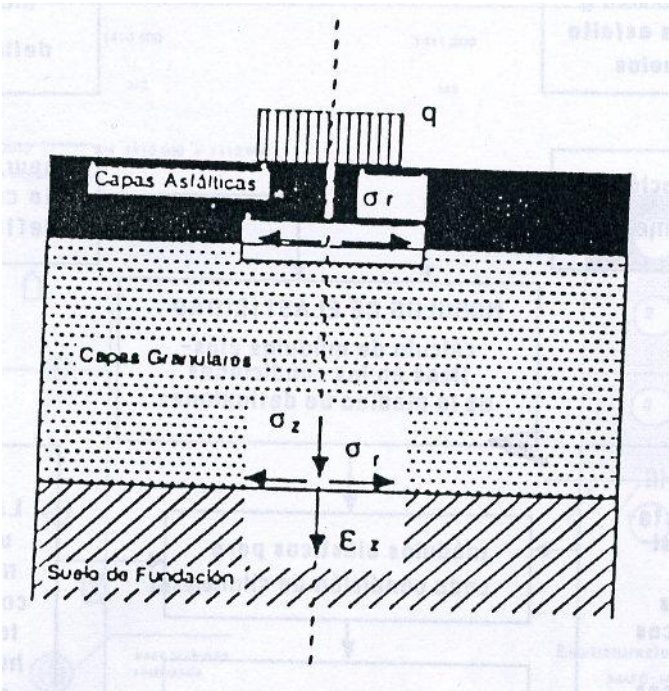


Figura 5 Tensiones y deformaciones críticas en un pavimento asfáltico