

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS VIALES

CON HDM-4



Dra Ing Marta Pagola

Dr Ing Oscar Giovanon

Universidad Nacional de Rosario - Argentina

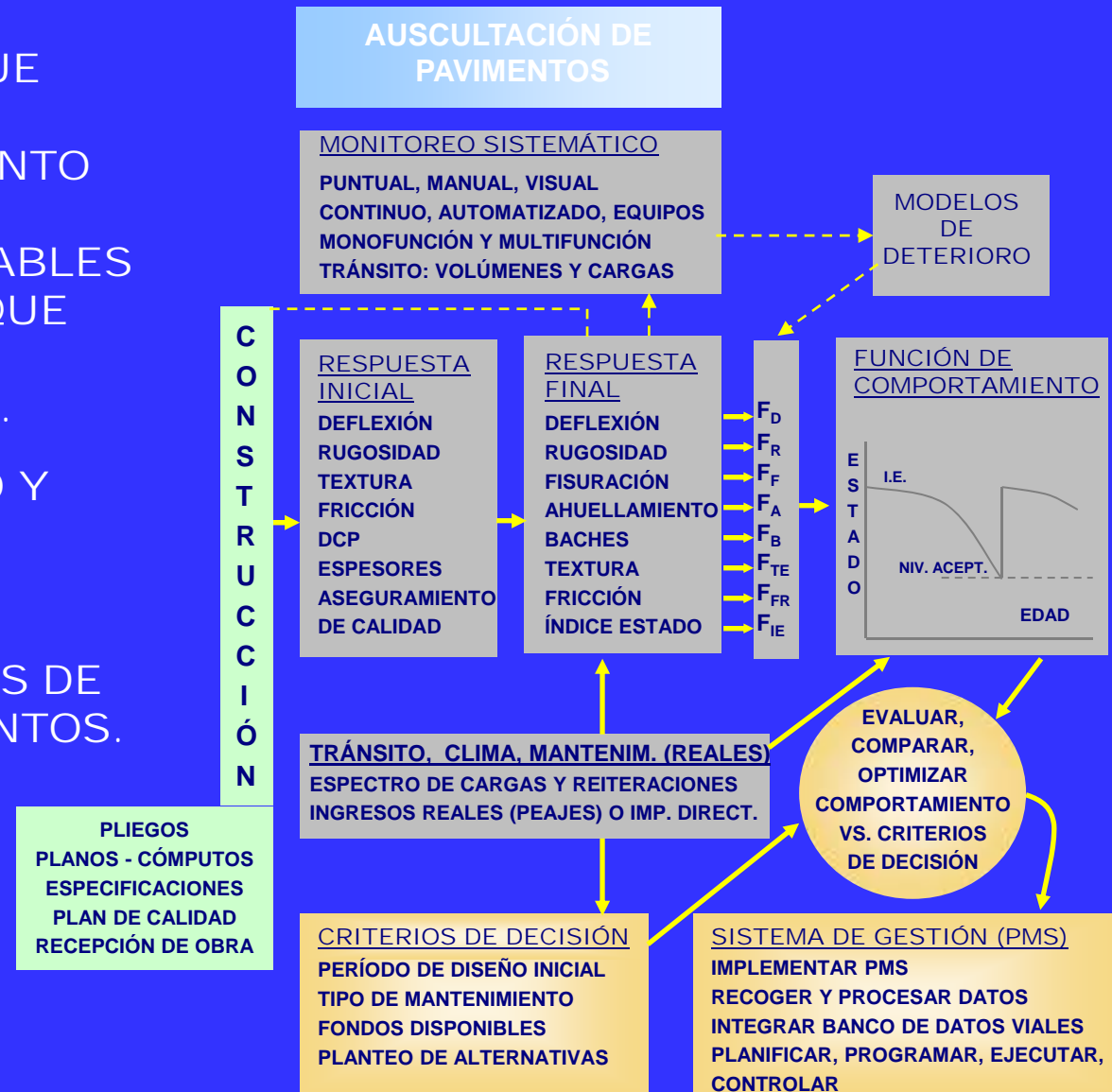


- NIVEL DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA DE PAVIMENTOS EN ALGUNAS UNIVERSIDADES, EN LA ACTUALIDAD O EN ALGÚN MOMENTO DEL SIGLO XX.
- ES COMO SI EL PROBLEMA DE LOS PAVIMENTOS FUERA SU PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN.
- ES LA IDEA DEL "PAVIMENTO ETERNO" PARA X AÑOS DE VIDA ÚTIL.
- PERO, COMO VEREMOS, EL VERDADERO PROBLEMA DE LOS PAVIMENTOS COMIENZA CON SU CONSTRUCCIÓN Y SU COMPORTAMIENTO EN SERVICIO.

INGENIERIA DE PAVIMENTOS. ESQUEMA CONCEPTUAL

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

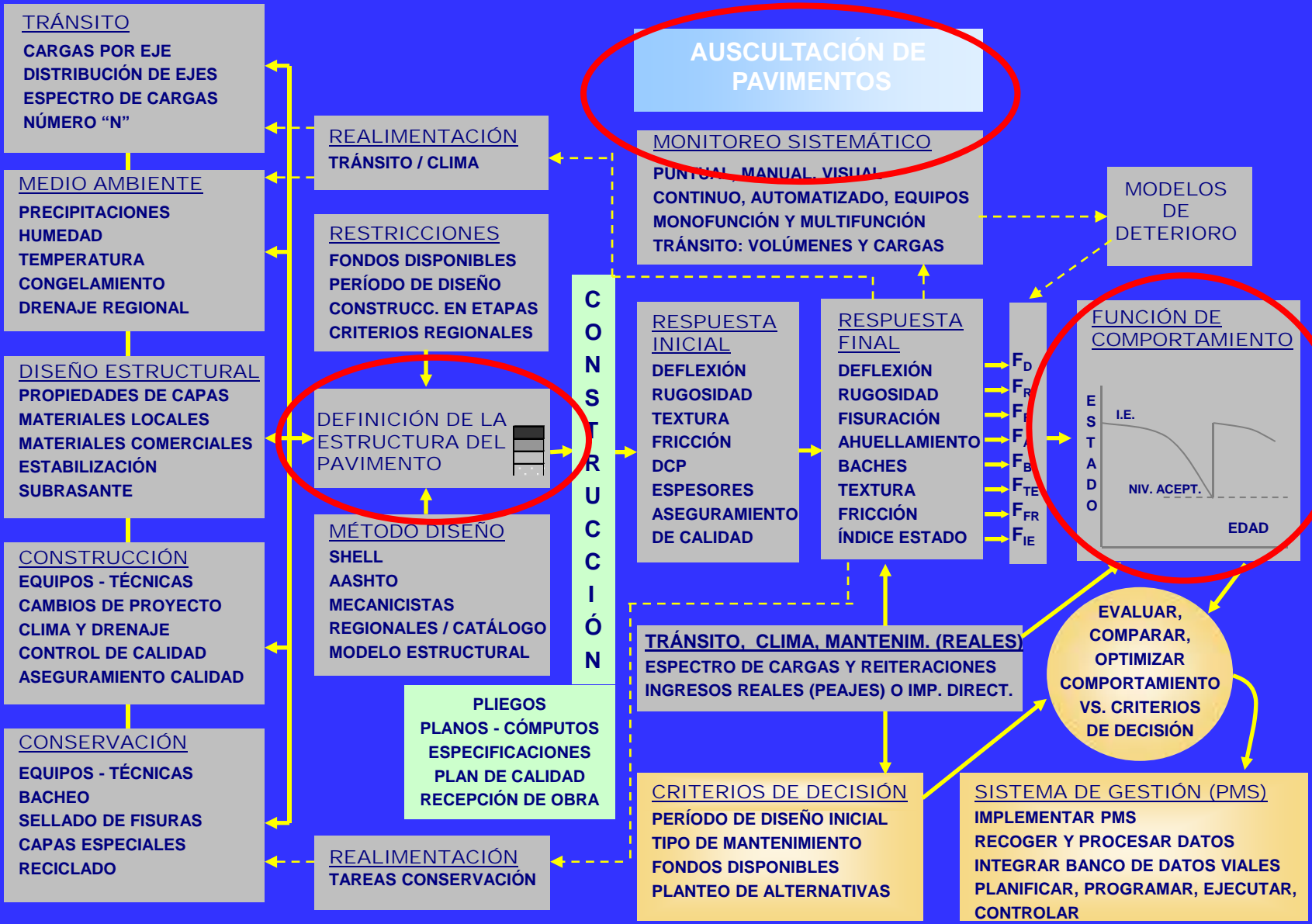
- EL PROBLEMA ES QUE UNA VEZ PUESTO EN SERVICIO EL PAVIMENTO COMIENZA A TENER RESPUESTAS FAVORABLES O DESFAVORABLES QUE DEBEN EVALUARSE PERMANENTEMENTE.
- SU MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN EN TIEMPO OPORTUNO REQUIEREN DE LAS MODERNAS TÉCNICAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.



INGENIERIA DE PAVIMENTOS. ESQUEMA CONCEPTUAL

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

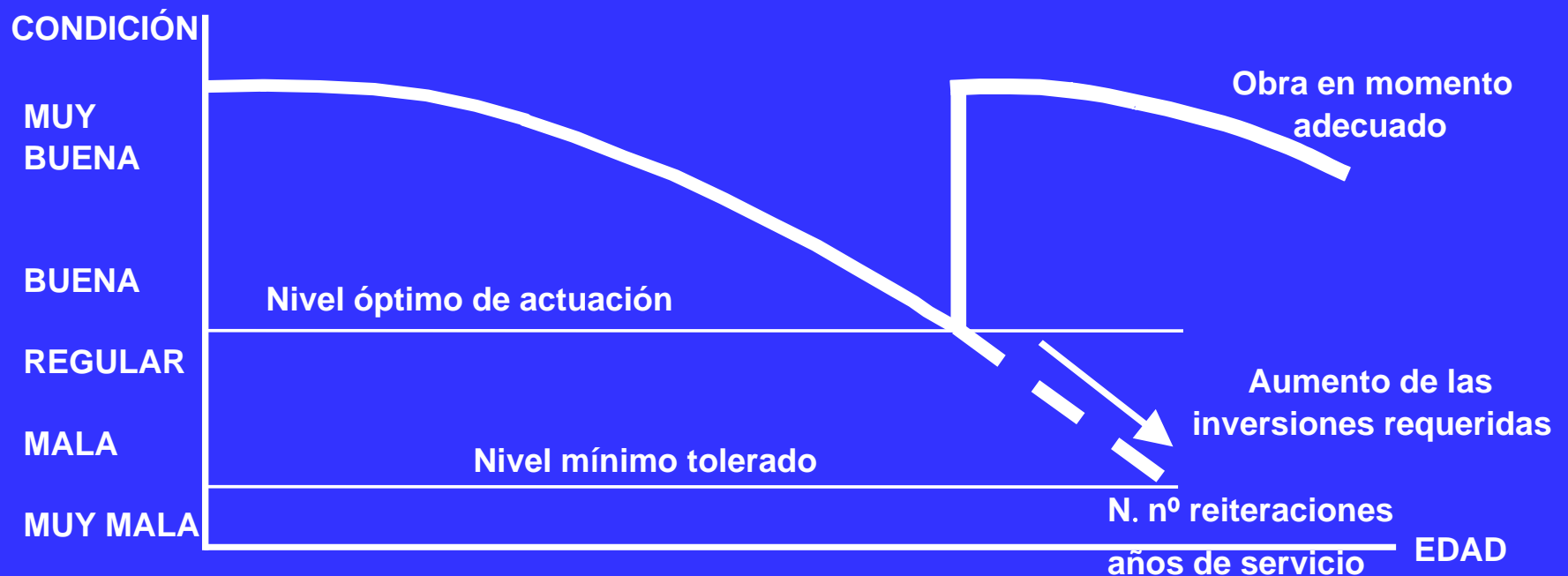
G E S T I Ó N D E P A V I M E N T O S



INGENIERIA DE PAVIMENTOS. ESQUEMA CONCEPTUAL

PERFORMANCE O CICLO DE VIDA

Mantener la calidad de servicio de la carretera durante el período planteado de diseño, resistiendo las sollicitaciones impuestas por el tránsito y el clima



CALZADA PAVIMENTADA



CALZADA NO PAVIMENTADA

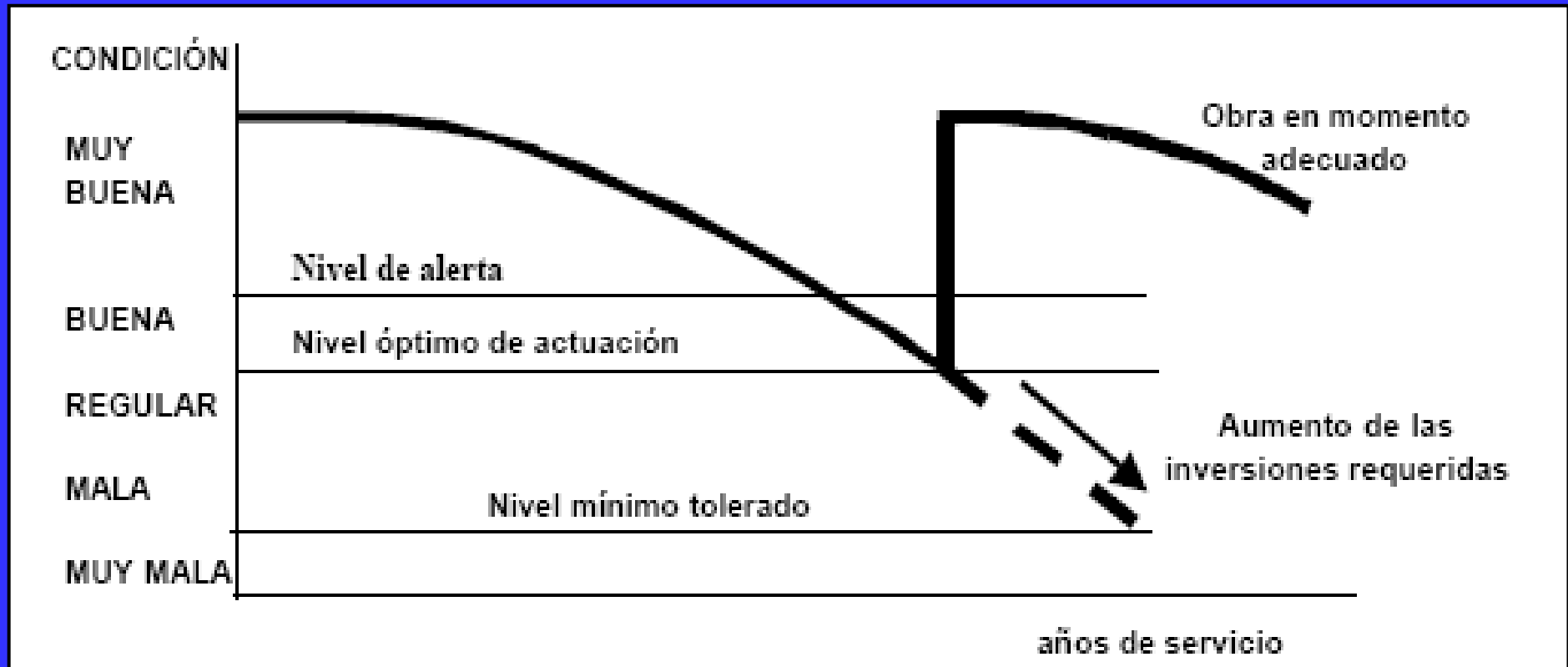


EVENTOS FISICOS – INVENTARIO

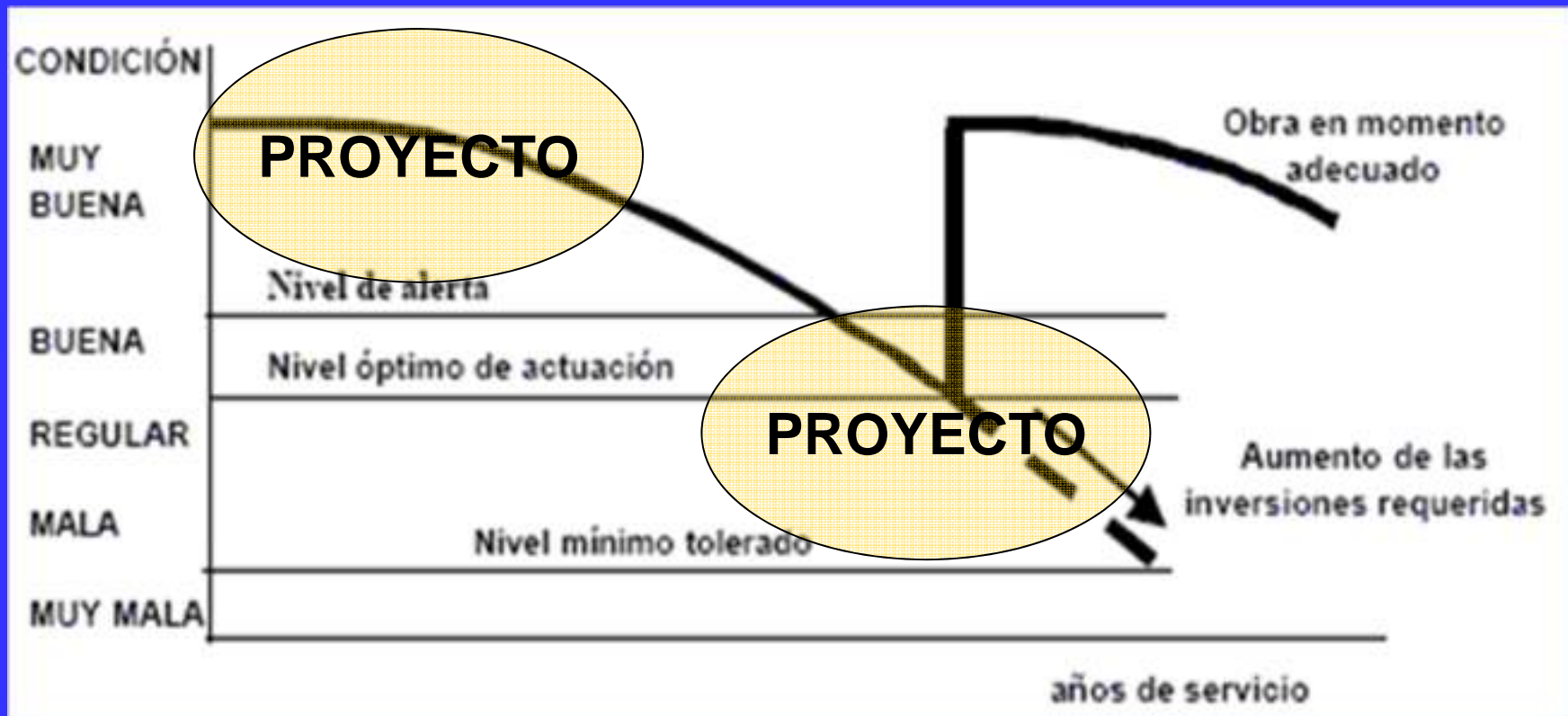
PUENTES ILUMINACIÓN



EVOLUCIÓN DEL COMPORTAMIENTO



EVOLUCIÓN DEL COMPORTAMIENTO



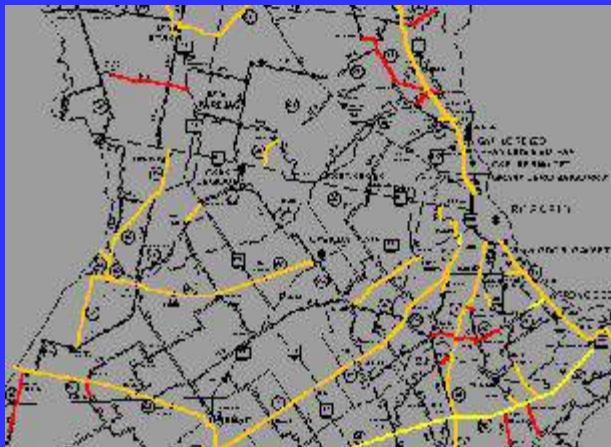
NECESARIO CUANDO ALGUNO DE LOS INDICADORES DE CALIDAD NO CUMPLE CON LOS ESTÁNDARES PREFIJADOS

NIVELES DE PROYECTOS VIALES

NIVEL RED

Objetivo: Gerenciamiento de la red.

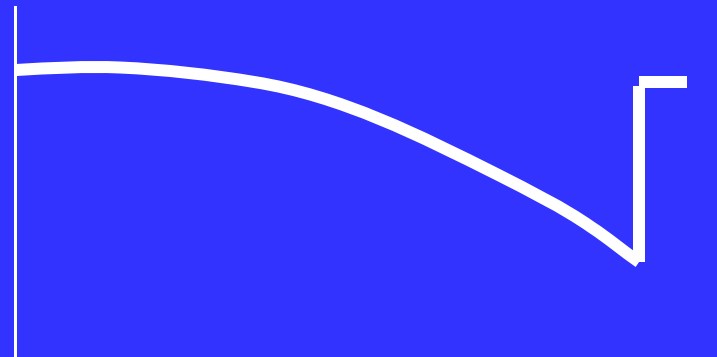
- **tramificación**
- **presupuestos anuales conservación construcción.**
- **pasar a proyecto de mejoras.**



NIVEL TRAMO

Objetivo: profundizar el estudio sobre un tramo.

- **proyecto de mejorar**
- **certificar la calidad lograda, recepción de obra.**
- **seguimiento de tramos experimentales**



SITUACIONES DE PROYECTOS

- Proyecto en una red conocida
- Proyecto en rutas sin dato
- Diseño de caminos nuevos (inexistentes)

VENTAJAS DE TENER UN SISTEMA DE GERENCIAMIENTO

- Conocer historia de los deterioros y mantenimientos
- Conocer la respuesta de las alternativas en proyectos de caminos similares
- Disponer de mayor cantidad de datos

**IMPORTANTE NO SOLO PARA LA ADMINISTRACIÓN
PÚBLICA SINO TAMBIÉN PARA LOS PRIVADOS
(CONCESIONES, ZONAS INDUSTRIALES)**

BENEFICIARIOS DE LOS PROYECTOS VIALES

USUARIOS

A través de la reducción de:

- costos de circulación y tiempo de viaje,
- desgaste de los vehículos,
- accidentes.

Del aumento de:

- calidad,
- confort y
- seguridad de circulación.



JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS VIALES

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

**LA JUSTIFICACIÓN ES REDUCIENDO LOS COSTOS
DE LOS USUARIOS**

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL INVERSOR PRIVADO

**LA JUSTIFICACIÓN ES OPTIMIZANDO LOS COSTOS
DE INVERSIONES DE CAPITAL Y DE
MANTENIMIENTO, RESPETANDO UNA CALIDAD DE
SERVICIO PREESTABLECIDA**

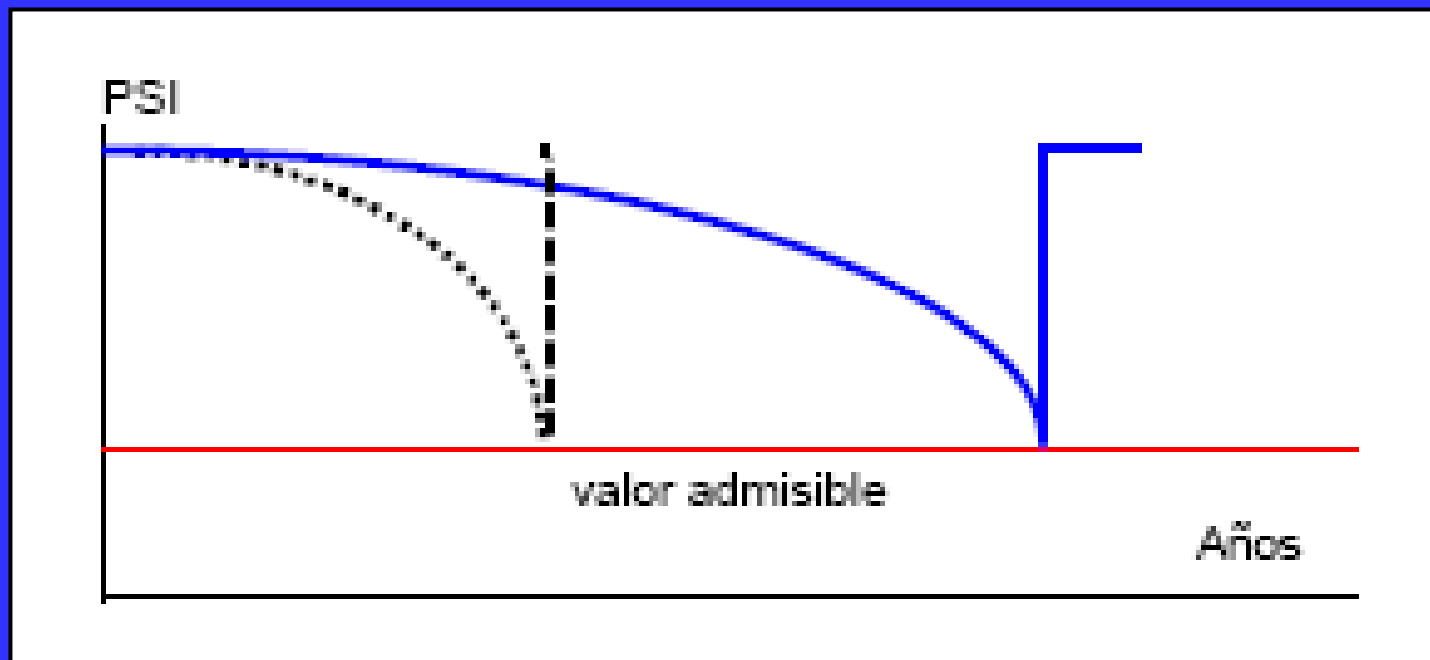
TIPOS DE PROYECTOS

INVERSIÓN (obras nuevas – ampliación existentes)

MANTENIMIENTO (durante n años para mantener calidad)

REHABILITACIÓN (mejora por deterioros mayores)

Cada uno de ellos tendrá distintas alternativas, todas ellas basadas en análisis técnicos



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

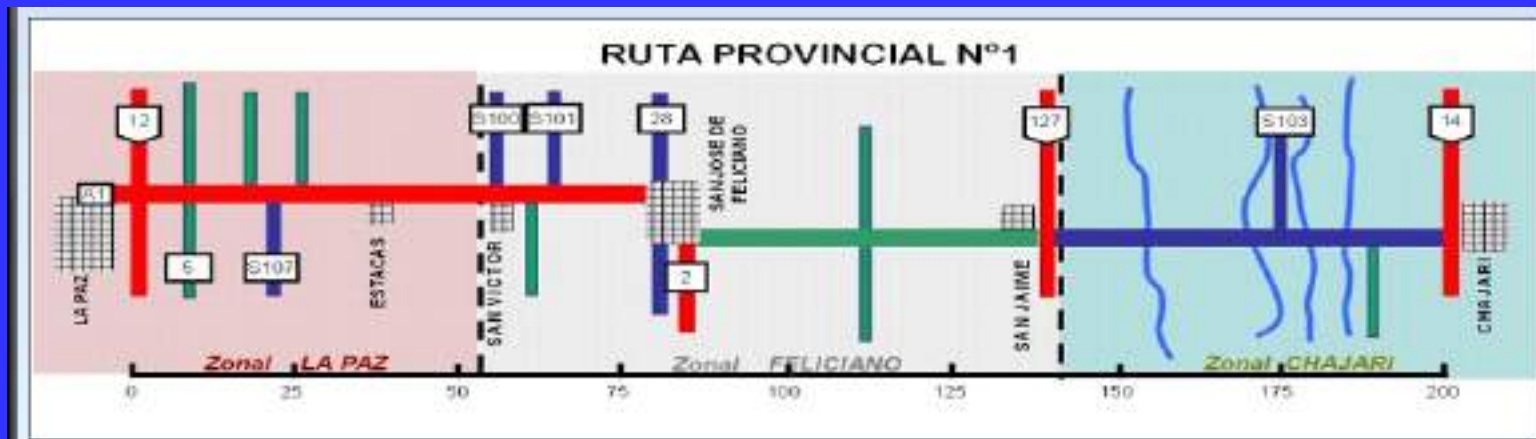
BASE DE DATOS

Los datos a incluir son seleccionados según sean los usos previstos para el Sistema, en general son:

DEFINICIÓN DE RUTAS

Comprende la asignación de un nombre a la ruta que permita su identificación y además un mapa que permita determinar su ubicación geográfica.

En el mismo pueden indicarse las principales localidades que la misma atraviesa, intersecciones, ríos y referencias kilométricas.



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

EVENTOS DE INVENTARIO

El mismo permite la vinculación de hechos físicos existentes en la ruta a un sistema de progresivas.

Posibilita el conocimiento de un variado número de eventos y su ubicación como ser:

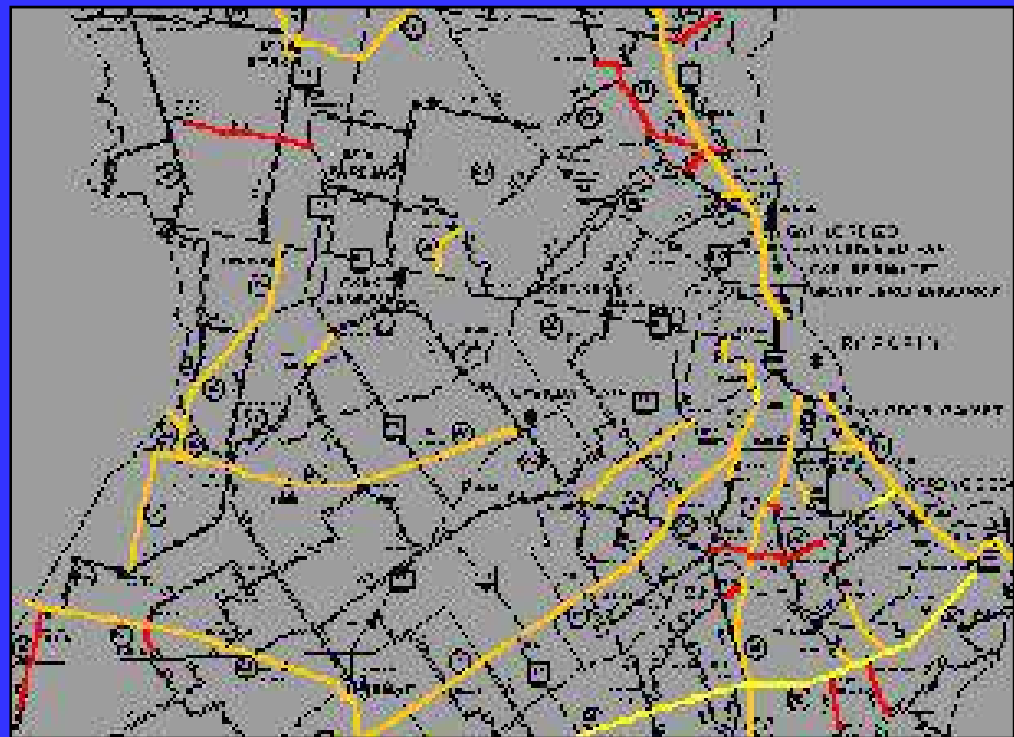
- Tipo de intersecciones
- Alcantarillas
- Señalización vertical y horizontal
- Barandas de seguridad
- Puentes
- Zonas urbanas
- Eventos especiales

DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

LOCALIZACIÓN DE POBLACIONES Y/O INDUSTRIAS

Permite la vinculación de poblaciones, industrias, escuelas, establecimientos agrícolas, establecimientos ganaderos, todos hechos físicos existentes en la ruta a un sistema de progresivas.

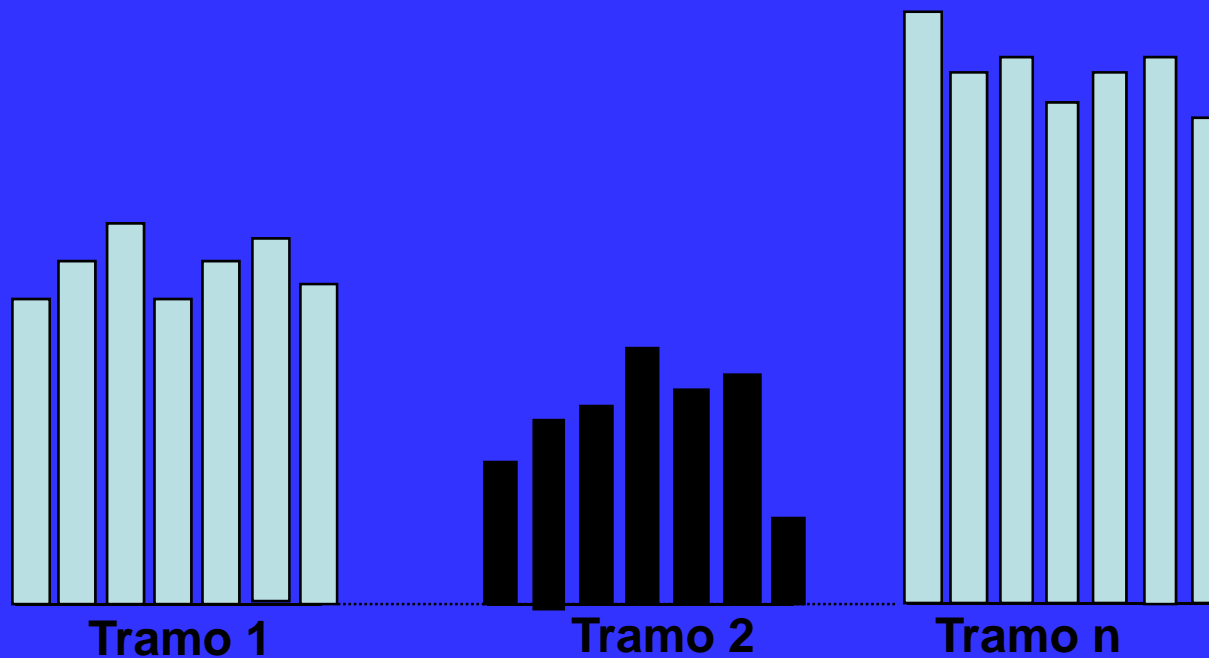
El conocimiento de su existencia posibilita su consideración al momento de analizar impactos sociales y económicos de los distintos proyectos y/o programas a aplicar sobre la red de caminos.



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

TRAMOS HOMOGÉNEOS

Consisten en la definición de sectores de rutas, de longitudes variables, a ser considerados como una entidad y que poseen, por lo tanto, a lo largo del mismo características similares de tránsito, estructuras, estado, etc.

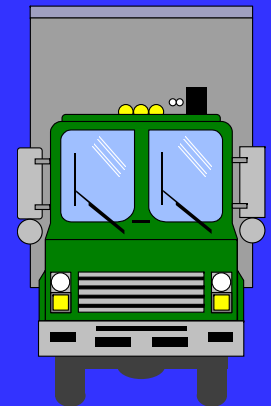
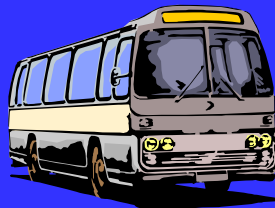
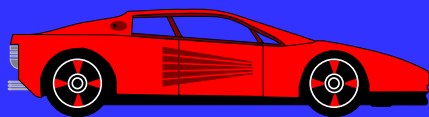


DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

TRÁNSITO

Permite el conocimiento de las solicitudes sobre la estructura y de los potenciales beneficiarios de las acciones realizadas sobre la calzada.

Los valores históricos proporcionan tendencias de crecimiento y posibilitan la acumulación de los tránsitos a lo largo de la vida de los pavimentos a administrar, dato muy importante al realizar planificaciones y análisis técnicos.



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

EVALUACIONES DE ESTADO DE LA SUPERFICIE

Permite el conocimiento del nivel de servicio ofrecido a los usuarios del camino, valorando distintos parámetros indicadores de la calidad del mismo.

Los valores puntuales posibilitan la definición o confirmación de tramos homogéneos, como así también la eventual definición de tareas específicas de mantenimiento (bacheos, sellados de fisuras, etc.).

Disponer de su evolución histórica es uno de los elementos necesarios para la realización del ajuste de los modelos de comportamiento del HDM, predecir con mayor certeza la evolución futura de los deterioros y programar las tareas de mantenimiento.

AHUELLAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

Irregularidad del perfil transversal asociada a la acción del tránsito y producida por deformaciones plásticas de los materiales, estructura y subrasante. Se mide mediante vigas rígidas de una dada longitud o mediante perfilógrafos.

- Longitud de la regla
- Aspectos estadísticos



FISURAS DE SUPERFICIE

Es importante definir claramente sus tipos y forma de cuantificación para uniformizar criterios y evitar subjetivismos. Esta tarea se denomina genéricamente como elaboración de un catálogos de falla.

Su evaluación se realiza en forma visual recorriendo la sección o mediante filmación de la superficie



TEXTURA y COEFICIENTE DE FRICCIÓN



PERMITEN

Reducir la distancia de frenado

Mantener en todo momento la trayectoria deseada del vehículo



RUGOSIDAD DE PAVIMENTOS



Desviaciones de la superficie del camino con respecto a una superficie plana que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de circulación, cargas dinámicas y drenaje.



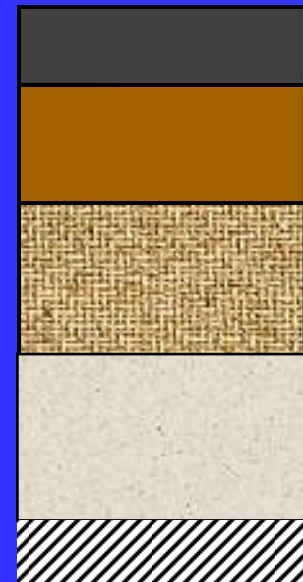
DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

ESTRUCTURAS

El conocimiento de la estructura del pavimento es un dato de fundamental importancia al momento de realizar predicciones de comportamientos futuros bajo la acción del tránsito.

Entre los datos necesarios de conocer se encuentran:

- materiales y espesores constituyentes de cada capa
- calidades de las mismas
- características constructivas y de los materiales,
- fechas constructivas.



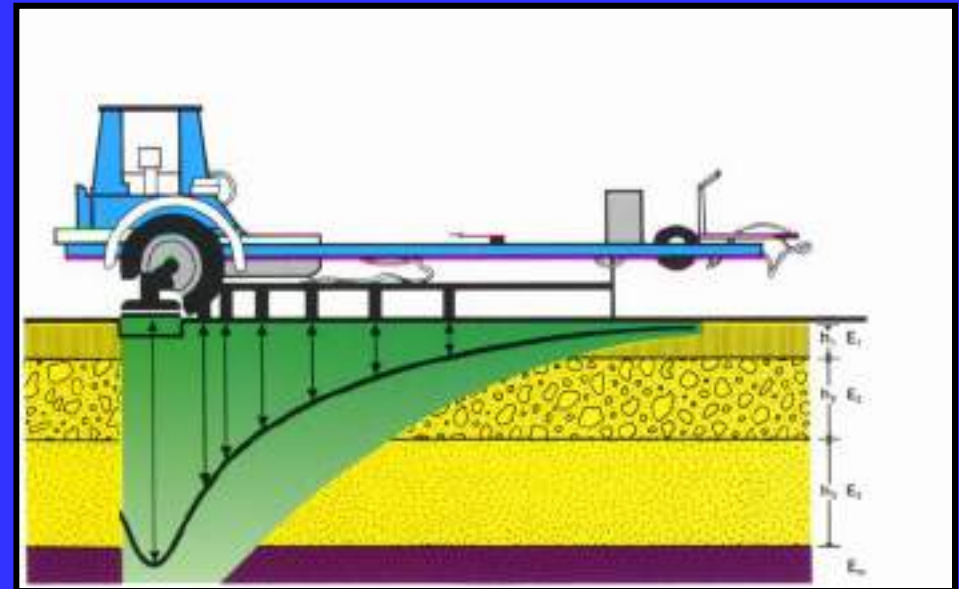
DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Permite, conjuntamente con la evaluación de estado de la superficie, el conocimiento de la aptitud de la estructura para soportar las solicitaciones del tránsito.

Los valores puntuales posibilitan la definición o confirmación de tramos homogéneos, pueden incluir:

- Evaluaciones de deflexiones
- Extracción de muestras
- Calicatas
- Penetrómetro dinámico de cono



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

MANTENIMIENTOS REALIZADOS

La documentación de las tareas realizadas permite valorar lo realmente efectivizado sobre cada uno de los tramos, corroborar la certeza de los modelos que plantearon la previsión de los mismos, como también valorar la calidad de un caso particular por comparación con el comportamiento medio esperado.



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

ALTERNATIVAS

Deben especificarse las alternativas de:

- acciones de mantenimiento
- construcción
- rehabilitación

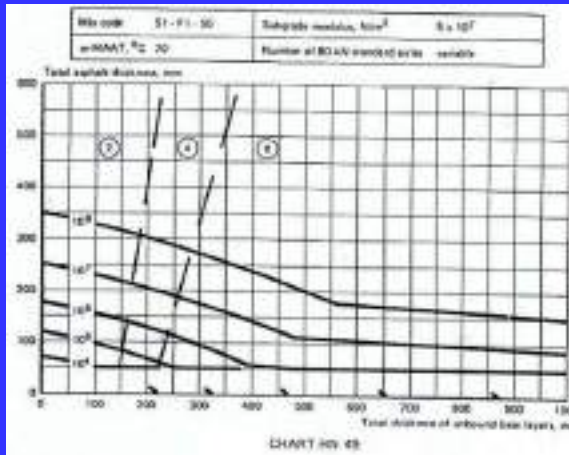


Estas alternativas serán particulares para cada tipo de pavimento. Las mismas deben posibilitar la planificación de las acciones de mejora a realizar, según sea la calidad de servicio que se pretenda brindar a los usuarios.

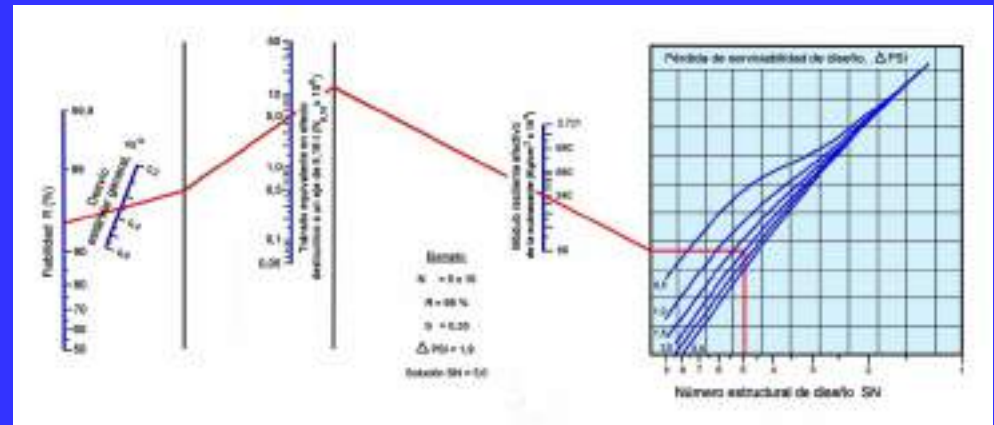
DISEÑO TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS

El diseño técnico de las posibles alternativas debe ser realizado utilizando algún método de diseño de pavimentos

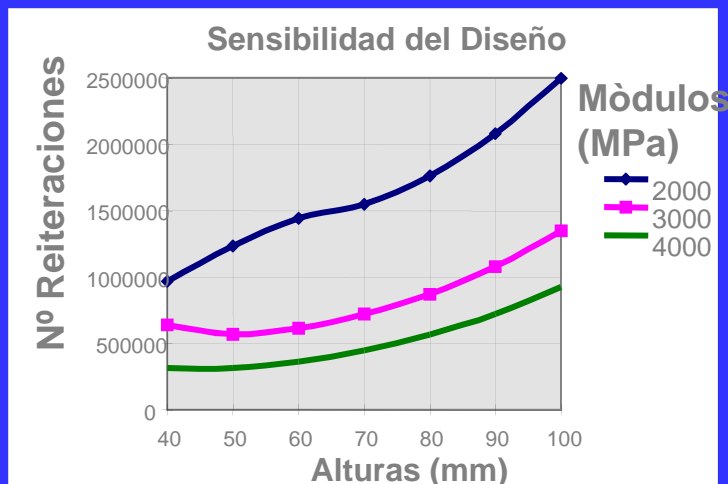
SHELL



AASHTO



SOFTWARE DE DISEÑO



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

COSTOS UNITARIOS

Deben especificarse los costos unitarios de:

- acciones de mantenimiento
- construcción
- operación de vehículos
- tiempos de viaje
- impacto ambiental
- impacto social



Una vez definidas las acciones, la clara adopción de los costos unitarios permite la elaboración del presupuesto de las inversiones a realizar.

DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

ESTÁNDARES DE CALIDAD

La definición de estándares permite el planteo de las acciones en forma equitativa para el conjunto de la red.

- no baches ó % admisible
- no fisuras ó % admisible
- ahuellamiento $< x$ (mm)
- señalización horizontal visible día y noche
- altura césped en banquetas $< x$ (mm)

Una vez definidas las acciones, la clara adopción de los costos unitarios permite la elaboración del presupuesto de las inversiones a realizar.

La aplicación de adecuadas alternativas de mantenimiento, resulta del análisis donde se incluyen los costos de los usuarios; y la disminución de estos costos justifica la rentabilidad de las inversiones.

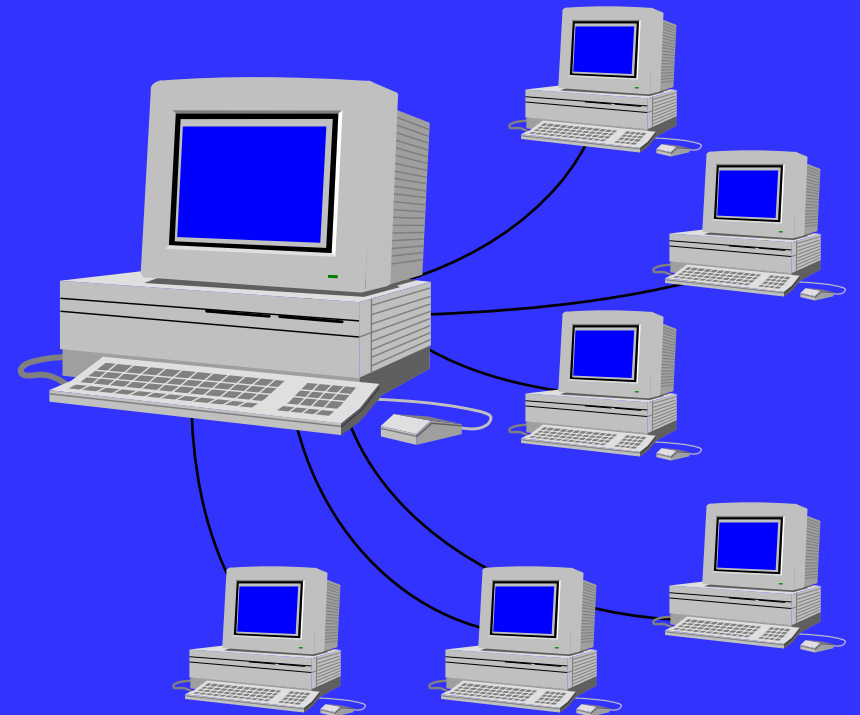
MANEJO DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA

PARA QUE DICHA INFORMACIÓN PUEDA SER UTILIZADA EN FUTUROS ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

dispersa



centralizada

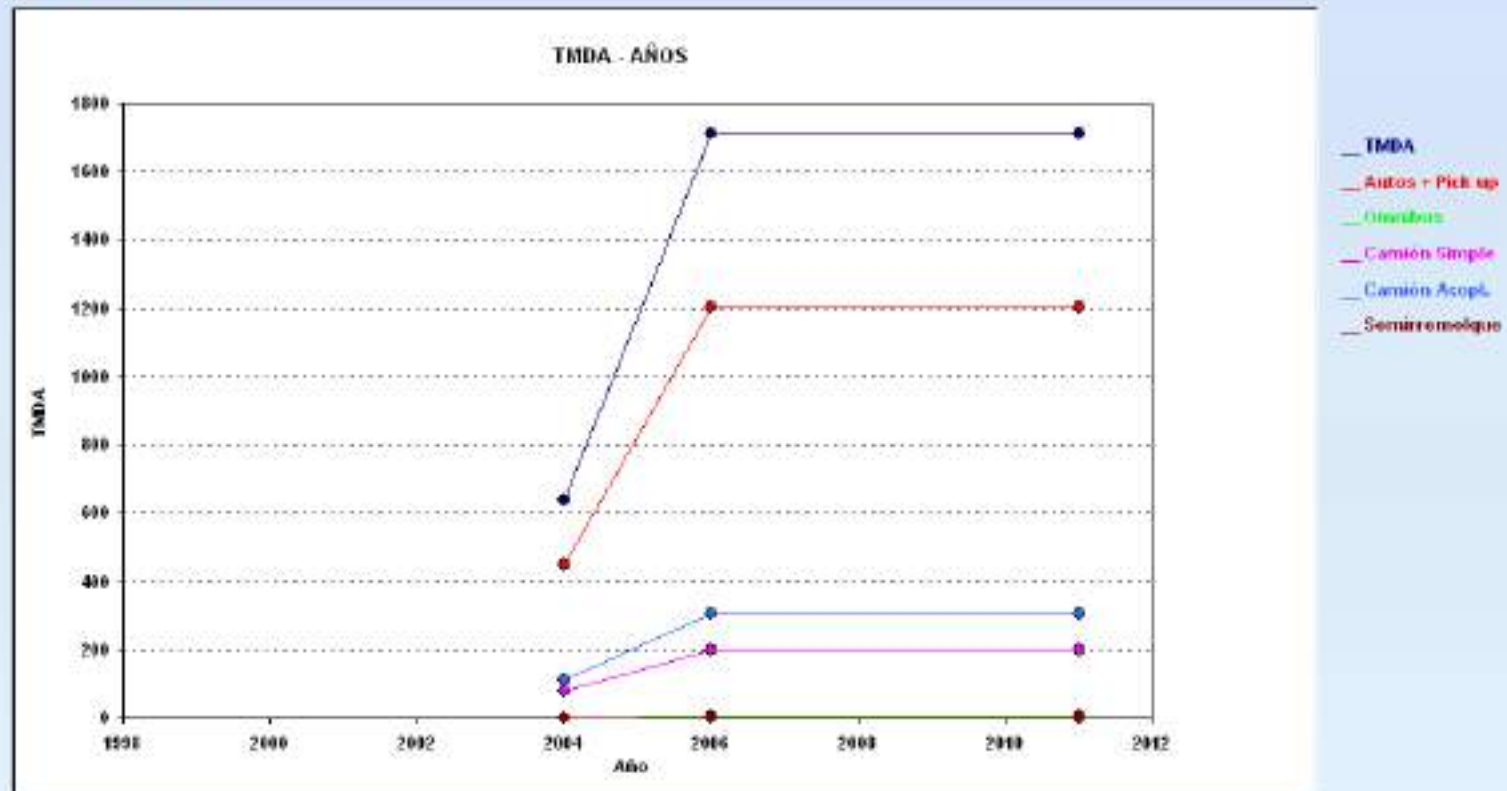


EVOLUCION DEL TRANSITO



RUTA: P002
PKC: 35,835
PKD: 75,030

TRAMO: RN 127 (Los Conquistadores) - RP 5



Salir

EVOLUCION DE DETERIOROS SUPERFICIALES DEL TRAMO



Seleccione el gráfico a visualizar:

Ruta: P001

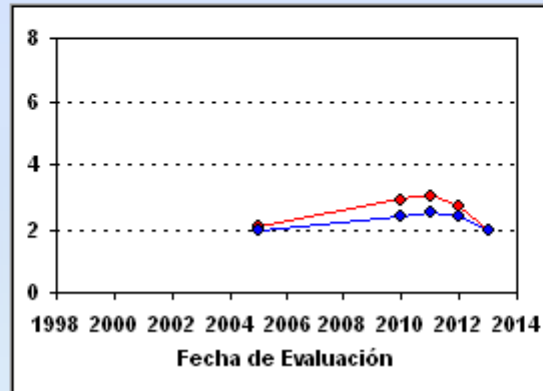
Pki: 0.000

Pkf: 15.386

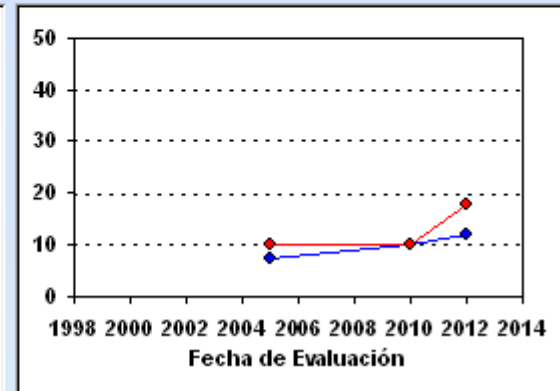
Tramo: RN 12 - San Gustavo

- Característicos al 80%
- Valor Medio

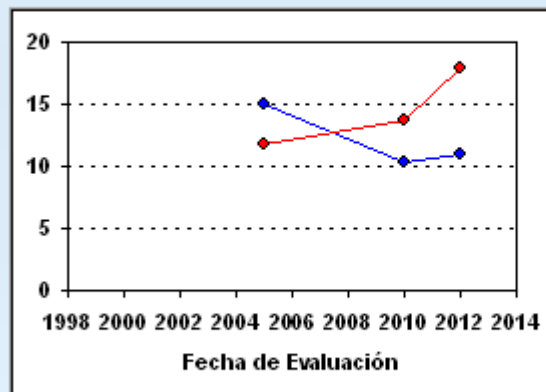
RUGOSIDAD IRI [m/km]



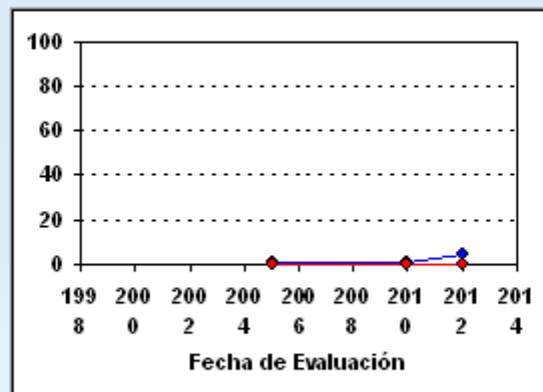
AHUELLAMIENTO [mm]



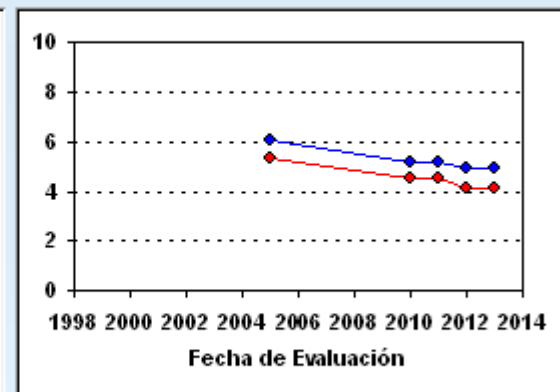
FISURAS LONG.+TRANV



FISURAS PIEL DE COCODRILO



INDICE DE ESTADO



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS)

DIGITALIZACIÓN → REFERENCIACIÓN GEOGRÁFICA

Elementos de la Base De Datos: Señales
Rugosidad
Mantenimientos
Accidentes

AGREGAR INFORMACIÓN

Elementos del propio Sistema
Instalación telefónicas subterráneos
Gasoductos
Líneas de alta tensión
Ferrocarriles





Escala 1: 3,477,939

5,311.40 ++
6,447.11 ↓

Evaluaciones superficiales

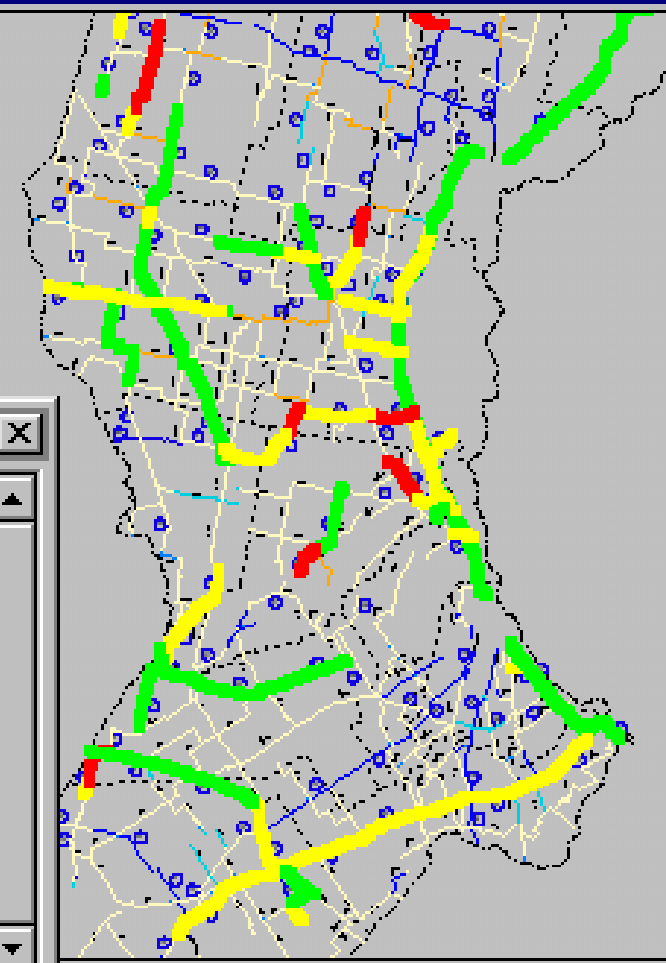
- Índice de Estado
 - 6 - 10
 - 4 - 6
 - 0 - 4
- Rugosidad [IRI m/Km]
 - 0 - 2
 - 2 - 4
 - 4 - 7
- Ahuellamiento [m]
 - 0 - 12
 - 12 - 20
 - 20 - 50
- Grado Fisuración
 - 0 - 2
 - 2 - 4
 - 4 - 6
 - 6 - 8
 - 8 - 10
- Baches
 - 0 - 0.5 %
 - 0.5 - 1 %

Identificar resultados

1: Índice de Estado - F

Ruta	P020
Tramo	Plamor
Pki	76.855
Pkf	93.110
Tipo superficie	Mezcla
Índice de Estado	6.7227
Rugosidad	2.0080
Ahuellamiento	8.2000
Baches	0.0040
Tipo Fisuras	2.0000
% Fisuras	2.4000
Año	2002.0

Borrar Borrar todo



DATOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS VIALES

ANÁLISIS ECONÓMICO

Debe tener incorporadas herramientas que permitan realizar el análisis económico del proyecto:

- adecuada valoración de costos de inversión
- cuantificar los beneficios a los usuarios
- cuantificar los beneficios sociales
- calcular los indicadores económicos VAN, TIR, B/C

El **Modelo HDM** es una herramienta muy útil en esta etapa, ya que permite valorar los costos y los beneficios que surgirán del análisis completo del ciclo de vida de los pavimentos. Teniendo incorporados modelos que predicen la variación de los mismos en función de los deterioros de los pavimentos.

HDM - 4 - World Bank - 2000

H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Versión **1.3**

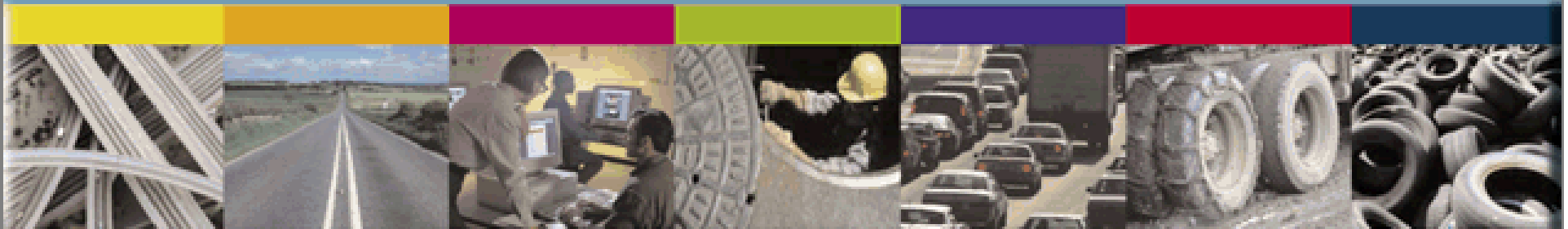
Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

Copyright © 2001 Asociación mundial de carreteras (AIPCR), Paris,
en nombre de los patrocinadores de ISOHDM. Todos los derechos reservados.

Association
mondiale
de la Route



World Road
Association



Usuario registrado: 62208:4

Tipo de Licencia: Versión completa - Actualización (4 usuarios)

Versión: 1.30

HDM - 4 - World Bank - 2005

H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Version 2

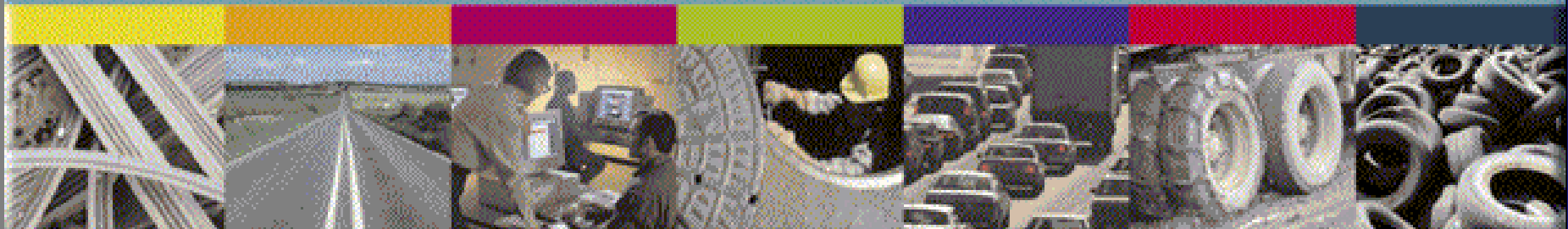
Software for investigating road investment choices

Copyright © 2005 The World Road Association (PIARC), Paris,
on behalf of the ISOHDM Sponsors. All rights reserved.

Association
mondiale
de la Route



World Road
Association



Product ID: 101120

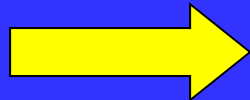
Licence type: Full - Single User Version

Version: 2.04

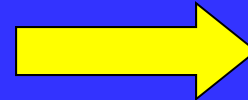
HDM - 4

ES UNA HERRAMIENTA ÚTIL PARA AYUDAR A LOS RESPONSABLES DE LA TOMA DE DECISIONES A ENCONTRAR LA ÓPTIMA DISTRIBUCIÓN DE LOS FONDOS DESTINADOS AL MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

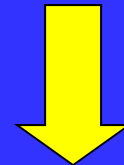
ESTADO
DE LA
RED



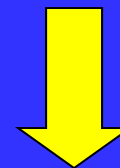
PREDICCIÓN



ESTADO
FUTURO



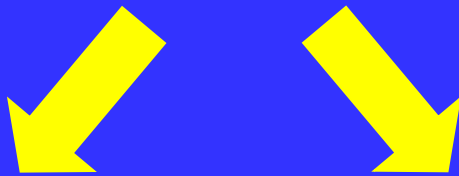
MANTENIMIENTOS - MEJORAS



COSTOS ACCIONES – BENEFICIOS USUARIOS

TIPOS DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO CONSIDERADAS EN LOS MODELOS HDM

ASFÁLTICA



MEZCLAS ASFÁLTICAS

- Concreto asfáltico
- mezcla con polímero
- mezcla con caucho
- Mezcla en frío
- mezcla drenante
- SMA

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

- tipo simple
- tipo doble
- slurry seal
- de penetración

HORMIGÓN

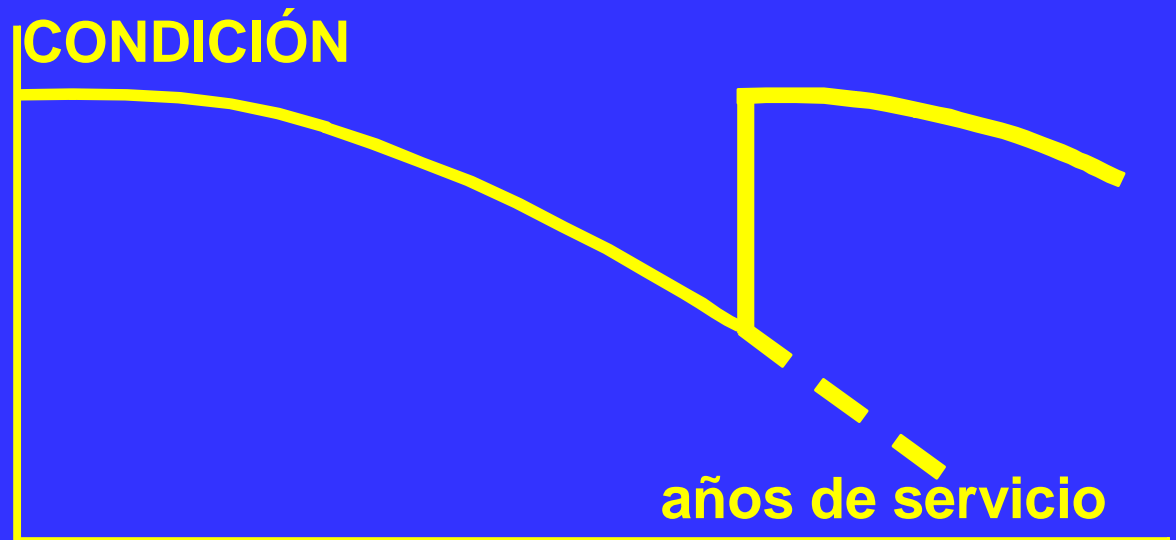
(solo en HDM – 4)

NO PAVIMENTADA

LOS PROGRAMAS HDM POSEEN GRAN CANTIDAD DE MODELOS:

- VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN
- CONSUMOS
- TRABAJOS DE MANTENIMIENTO
- **PREDICCIÓN DE DETERIOROS**

- FLUJO DE TRÁNSITO
- CONGESTIÓN
- COSTOS DE USUARIO



SUBMODELO DE TRÁNSITO

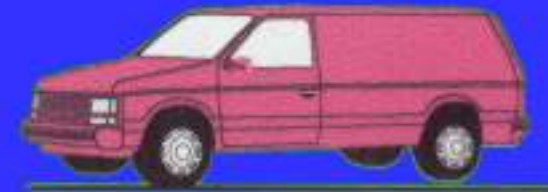
- UTILIZA DATOS SUMINISTRADOS POR EL USUARIO

- Número de vehículos por tipos
- Ejes equivalentes por vehículo



- PARA CADA TIPO DE VEHÍCULO

- Tránsito fijo por año
- Tránsito inicial e incremento anual en número
- Tránsito inicial y tasa de crecimiento anual



- CALCULA EL TRÁNSITO PARA CADA AÑO EXPRESADO EN NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 80 KN , EL TMDA Y VERIFICA LA CAPACIDAD DE SERVICIO

SUBMODELO DE DETERIORO Y MANTENIMIENTO

- La condición del pavimento es la indicada por los datos del usuario (si se trata del primer año), o calculada por el modelo en los siguientes años.

$$\text{CONDICIÓN}_{(i+1)} = \text{CONDICIÓN}_{(i)} + \text{DELTA DETERIORO}$$



SUBMODELO DE DETERIORO Y MANTENIMIENTO

TIPOS DE DETERIORO EN CAMINOS ASFALTICOS

• FISURACIÓN

FISURAS ESTRUCTURALES:

TOTALES suma de las áreas que encierran la zona con fisuras

ANCHAS fisuras interconectadas o lineales de más de 3 mm de ancho



FISURAS TÉRMICAS TRANSVERSALES

• **DESPRENDIMIENTO** pérdida del mat de superficie

• **AHUELLAMIENTO** máxima depresión del perfil transversal

• **BACHES** pozo de al menos 15 cm de diámetro y 2.5 cm de profundidad

• **RUGOSIDAD** deformaciones del perfil longitudinal

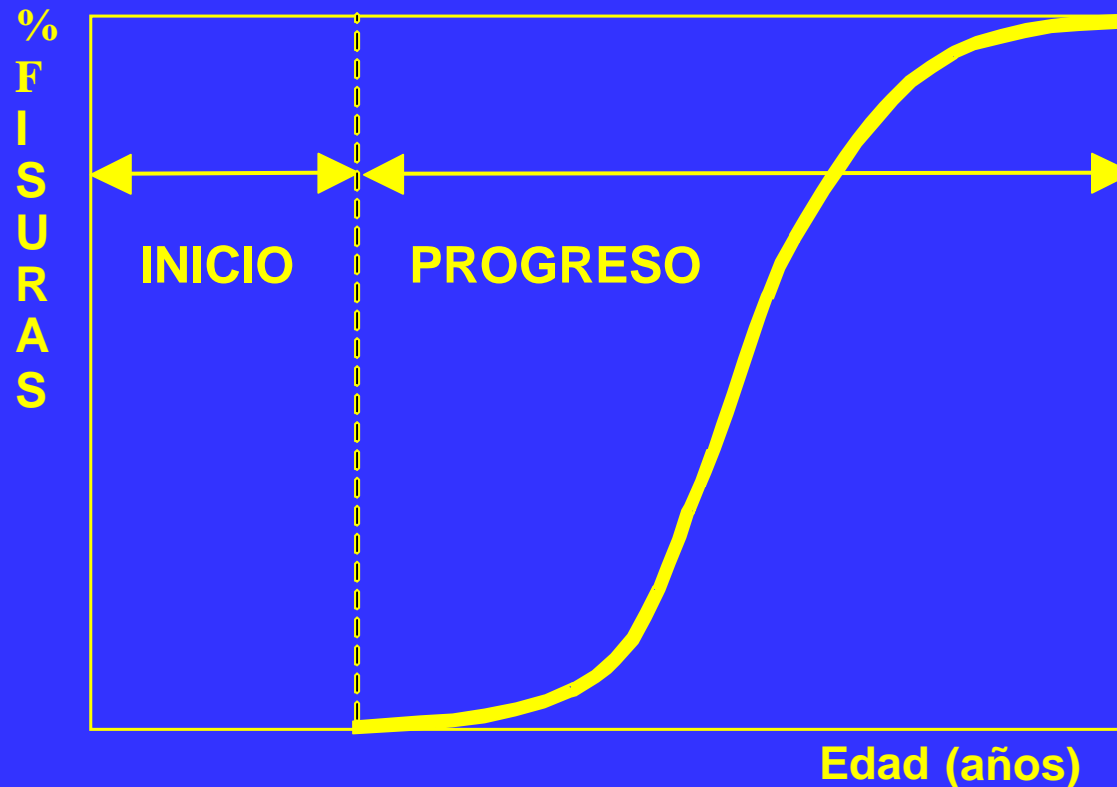
• **TEXTURA**

• **COEFICIENTE DE FRICCIÓN**

• **ROTURA DE BORDE**



CURVA TÍPICA DE EVOLUCIÓN DE LOS DETERIOROS



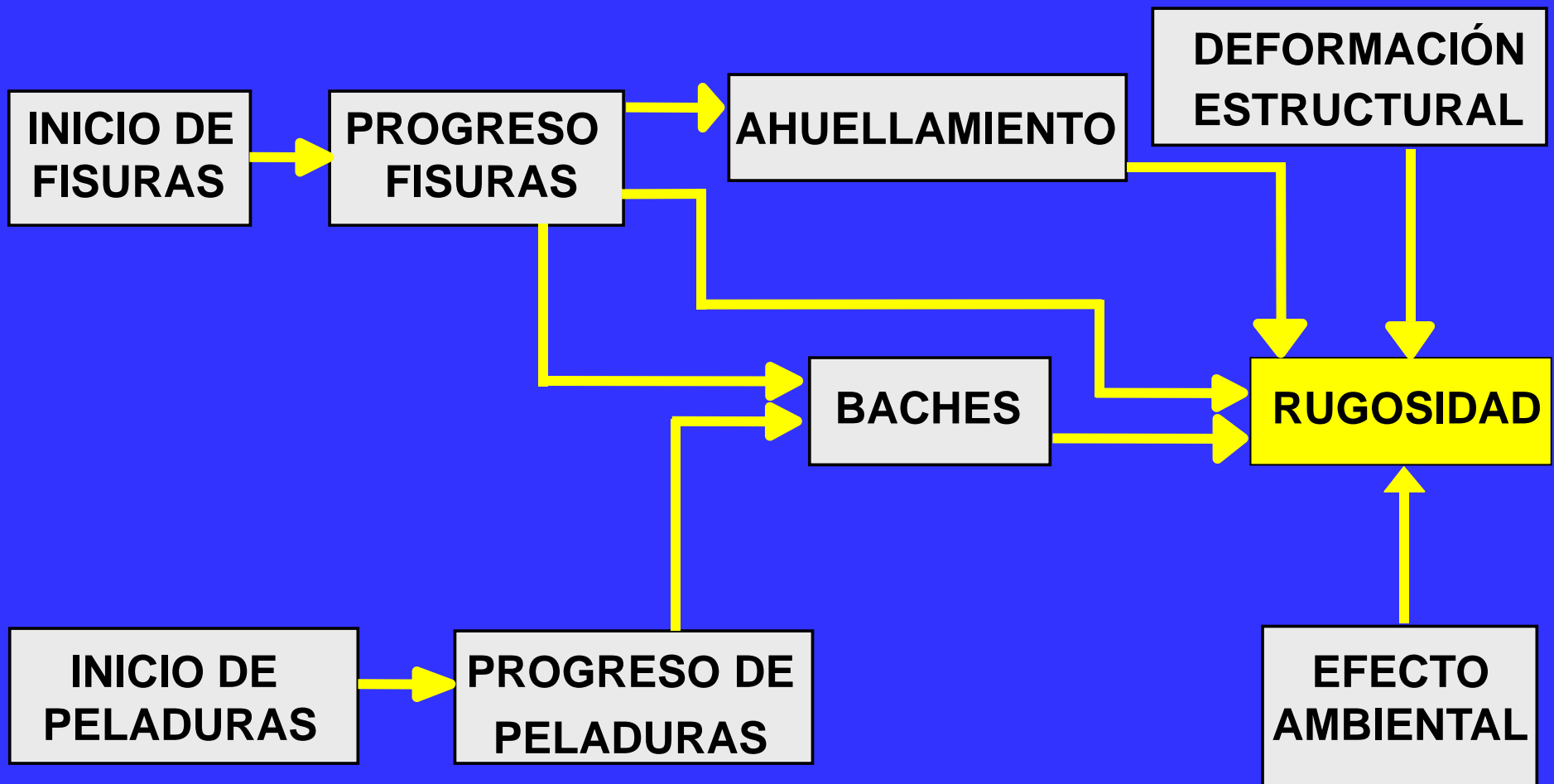
PARA LOGRAR EL AJUSTE DE LAS DOS FASES EXISTEN

COEFICIENTES DE CALIBRACIÓN "K"

PARA LA TOTALIDAD DE LOS MODELOS DE DETERIORO SON:

- 7 en HDM III
- 22 en HDM 4

INTERACCIÓN DE LOS MODELOS DE DETERIORO



SUBMODELO DE DETERIORO Y MANTENIMIENTO

ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS ASFALTICOS

- **MANTENIMIENTO DE RUTINA** limpieza de la zona de camino, de desagües, corte de malezas
- **BACHEO**
- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**
- **TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE – LECHADAS**
- **REFUERZO**
- **RECONSTRUCCIÓN**

Los mismos pueden ser FIJOS (número de años, cantidad por año), EN RESPUESTA A LA CONDICION DE SUPERFICIE

ESTRUCTURA DE LOS MODELOS HDM III y 4

ETAPAS / SUBMODELOS QUE LO FORMAN

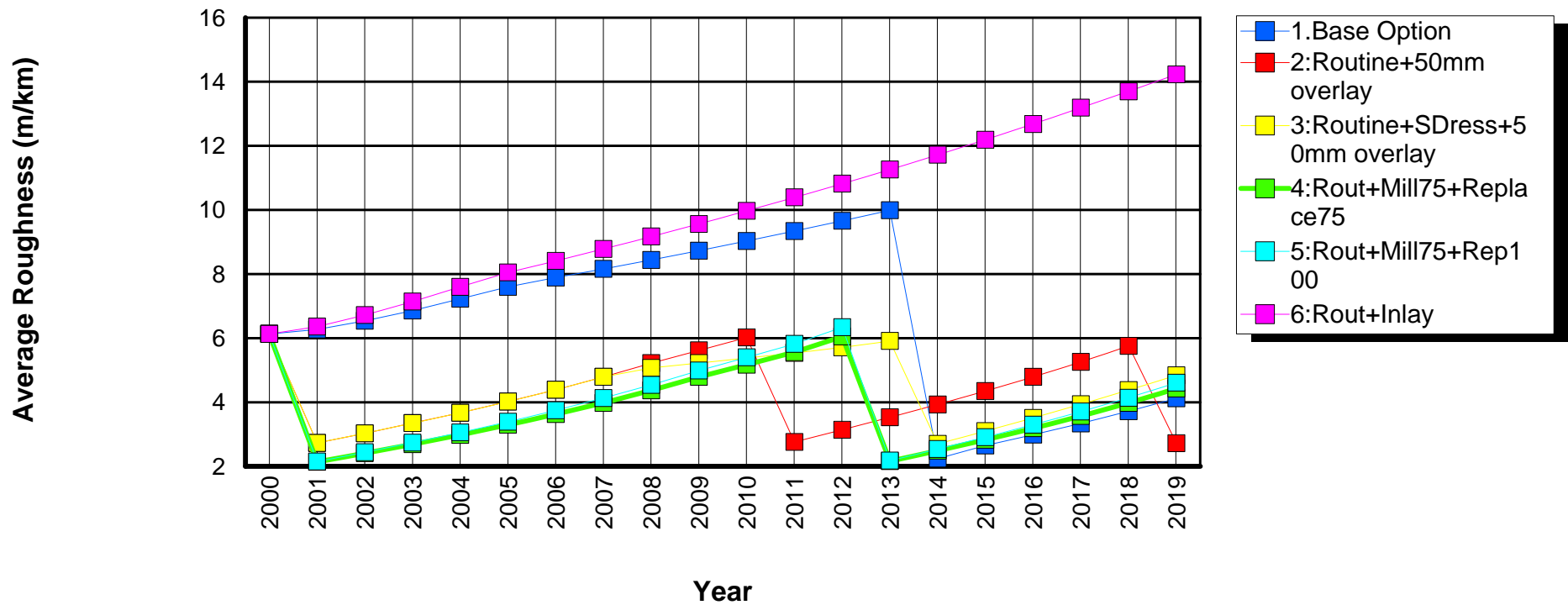
P
A
R
A

C
A
D
A

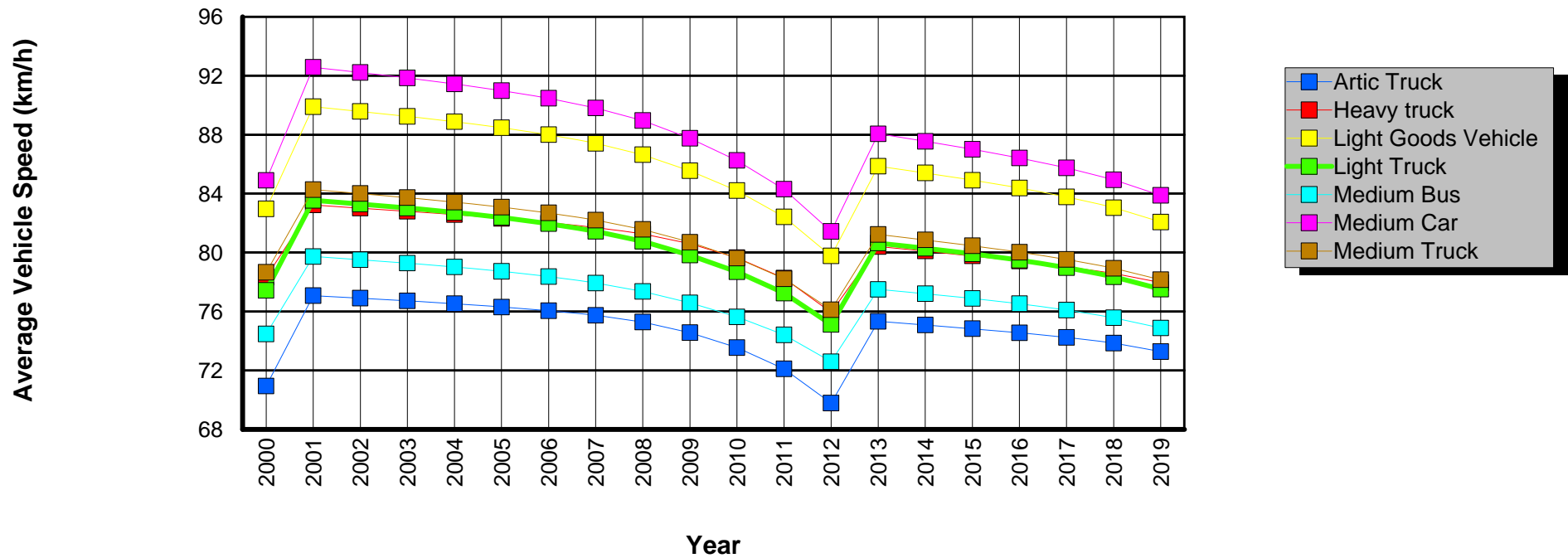
A
Ñ
O

- ❖ **TRÁNSITO** calcula el tránsito para cada año
- ❖ **CONSTRUCCIÓN** inicia la construcción del camino según el tránsito límite o el año
- ❖ **DETERIORO Y MANTENIMIENTO** Predice el deterioro de la superficie del camino, aplica los mantenimientos
- ❖ **COSTOS DE MEJORAS APLICADAS**
- ❖ **COSTOS DE OPERACIÓN** predice los costos de operación de los vehículos
- ❖ **COSTOS Y BENEFICIOS EXÓGENOS** asigna los costos y beneficios exógenos del presente año
- ❖ **INFORMES** almacena los resultados

EVOLUCION DE DETERIOROS Y APLICACIÓN DE MANTENIMIENTOS

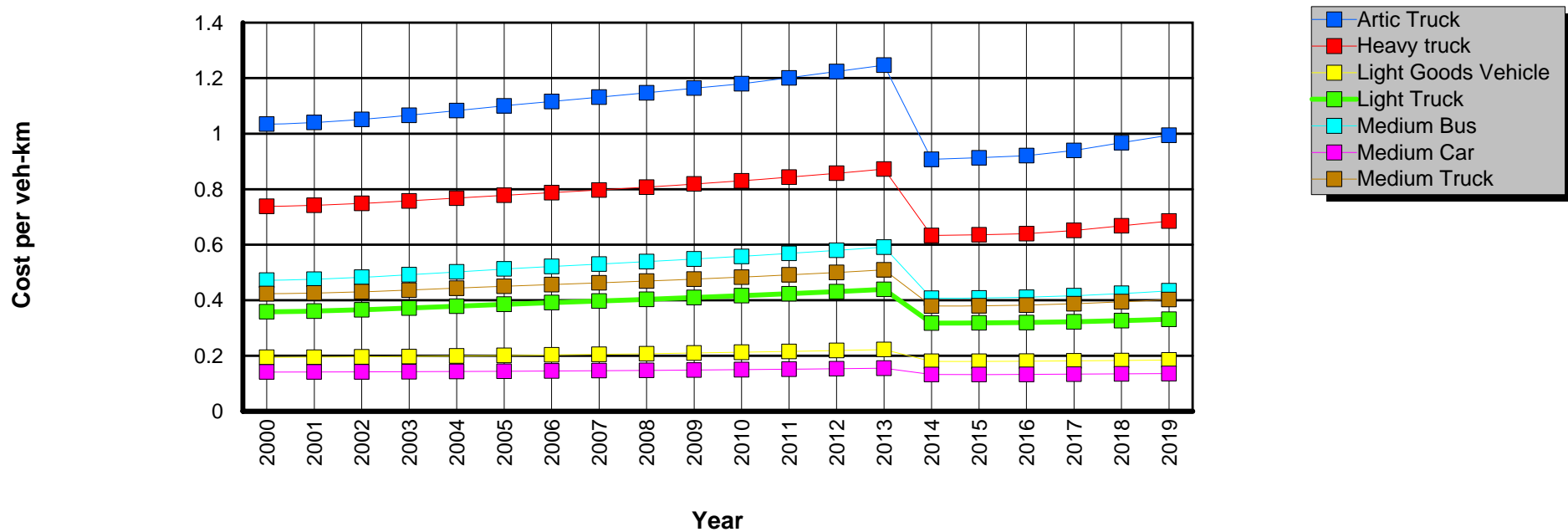


EVOLUCION DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN DE VEHICULOS



CÁLCULO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS

Annual Average Vehicle Operating Cost per veh-km



**EL HDM - 4 ES UNA BUENA HERRAMIENTA PARA
VALORAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS CALZADAS
Y A PARTIR DE ELLOS REALIZAR ANÁLISIS
ECONÓMICOS DE FACTIBILIDAD DE DISTINTAS
ALTERNATIVAS DE OBRAS Y MANTENIMIENTOS
SOBRE LA RED VIAL**

PARA QUE ESTAS HERRAMIENTAS SEAN ÚTILES Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS SEAN VÁLIDOS ES NECESARIO QUE SUS MODELOS SE ENCUENTREN AJUSTADOS A LA ZONA DE APLICACIÓN

LOS MODELOS DE DETERIORO Y LOS MODELOS DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS , SI BIEN SON UNA PARTE DE LOS MODELOS QUE EL MISMO DISPONE, TIENEN UN PESO IMPORTANTE EN LOS RESULTADOS FINALES, DE AHÍ LA IMPORTANCIA DE SU CALIBRACIÓN