

EVALUACIÓN DE ESTADO DE PAVIMENTOS

1. CLASIFICACIONES Y OBJETIVOS

Clasificación según el objeto a evaluar, la red o el tramo.

- nivel red
Con el objetivo del Gerenciamiento de la red.
 - Definición de tramos homogéneos
 - Elaboración de presupuestos anuales de conservación y construcción.
 - Confirmación de secciones críticas en las que se profundizará el análisis para definir el proyecto de mejoras.
- nivel tramo
Con el objetivo de profundizar el estudio sobre un tramo específico.
 - Elaborar un proyecto de acciones que permitan mejorar la calidad del servicio ofrecido al usuario.
 - Certificar la calidad lograda en la construcción, recepción de obra.
 - Seguimiento de tramos experimentales.

Calificación de acuerdo al punto de vista.

- calidad para el usuario, estado superficial que determina el confort y seguridad de circulación.
- aptitud estructural, determinada caracterizando los materiales integrantes y la estructura en su conjunto en lo referente a su aptitud para soportar las cargas.

2. CALIDAD DE CONFORT Y SEGURIDAD (punto de vista del usuario)

Se nombran los diferentes aspectos a evaluar y se comentan los parámetros utilizados para caracterizarlos. A nivel mundial existe la tendencia de realizar encuentros de armonización de cada uno de los diferentes aspectos, donde se evalúan los posibles parámetros con el objetivo de plantear la normalización internacional dentro de cada aspecto.

2.a. Adherencia neumático calzada

Valora la aptitud de la calzada para: acotar el riesgo de derrapes laterales y lograr una adecuada distancia de frenado.



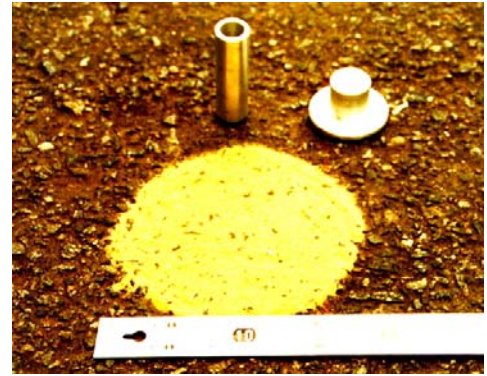
Fig.1 Capa drenante



Fig.2 Carpeta exudada

- la textura: valora la irregularidad media en milímetros respecto a una pequeña base de referencia (de orden inferior al de una impronta).
Se valora puntualmente con el ensayo del parche de arena y en forma continua con equipos basados en tecnología láser.

Fig.3 Parche de arena



- la resistencia al deslizamiento es el coeficiente de fricción valorada por un equipo en dadas condiciones, depende de ambos materiales, velocidad, impronta, tipo de dibujo, textura de la calzada, ...
Se mide con equipos específicos que circulan con un ángulo de derrape (MuMeter, Scrim, ...) o con su rueda bloqueada (los equipos más recientes miden con diferentes grados de bloqueo por ej. Norse-meter) Estos calculan el coeficiente de fricción a partir de la medición de la fuerza necesaria para el arrastre. Puntualmente, en el camino o en el laboratorio, puede medirse con un péndulo de fricción.

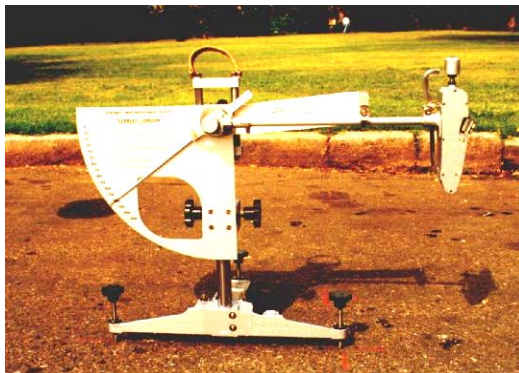


Fig.4 Péndulo de fricción



Fig.5 Equipo Mu-Meter

Podríamos resumir pecando de simplista que existe un coeficiente de adherencia en condiciones secas y estático que disminuye a medida que aumenta la velocidad o la cantidad de agua presente entre las superficies.

Es poco trascendente indicar un valor del coeficiente de fricción sin acompañarlo de las condiciones de medición y el equipo utilizado.

Para resolver este tema es que se planteó una experiencia internacional de armonización de equipos, de donde surgió el IFI.

IFI (Sp ; F60) índice de fricción internacional esta compuesto por dos números donde Sp es función sólo de la textura y F60 representa una medición de resistencia al deslizamiento realizada a 60 Km/h. Los equipos se calibran de manera de obtener estos parámetros.

2.b. Lisura

Medición del perfil longitudinal o de sus irregularidades con alguna base de referencia física.

Equipos llamados genéricamente dispositivos con ruedas múltiples, contacto que operan a la velocidad del tránsito. Los equipos sin contacto, vigas láser (o ultrasonido) aproximan el perfil longitudinal relevando las distancias respecto al vehículo en el que circulan y recomponiendo los movimientos verticales del vehículo con acelerómetros.

En este aspecto también se están desarrollando encuentros internacionales de armonización.

perfilógrafos, que evolucionaron desde los de arrastre manual, hasta las unidades sin



Fig.6 Viga láser

2.c. Rugosidad

Valora la respuesta dinámica de un vehículo al circular sobre la calzada mediante la sumatoria de los movimientos relativos entre chasis y rueda por unidad de longitud.

Implica un cierto filtrado de las irregularidades de acuerdo a la función de respuesta y velocidad.

Por lo tanto distintos equipos miden distintos valores de rugosidad aunque circulen a igual velocidad (se calibran respecto a un patrón IRI)

IRI Índice de rugosidad Internacional, planteado para disponer de una valor de referencia se calcula mediante una simulación matemática de un rugosímetro estándar que circula sobre una digitalización del perfil longitudinal del camino.



Fig.7 Rugosímetro BPR

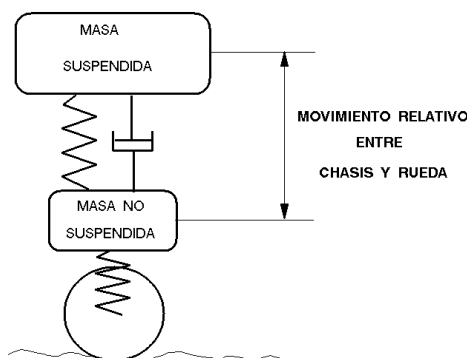


Fig.8 Esquema dinámico



Fig.9 Rugosímetro tipo respuesta-MAYS



Figura 10. Equipo MRM DNV con cuatro sensores láser por huella y equipo K.J.Law con un sensor láser y acelerómetro

2.d. Ahuellamiento

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.



Fig.11 Regla de 1,20 m

2.e. Ruido

Se evalúa el nivel sonoro en decibeles A, desde un punto fijo al costado de la calzada o en forma próxima desde el vehículo en movimiento.



Fig. 12 medidor de ruido Close Proximity (CPX) ISO/DIS-11819-2

2.f. Permeabilidad

Parámetro de importancia en las mezclas drenantes, se valora mediante permeámetros midiendo el tiempo necesario para que un volumen de agua penetre en la calzada.

Fig. 13 Permeámetro

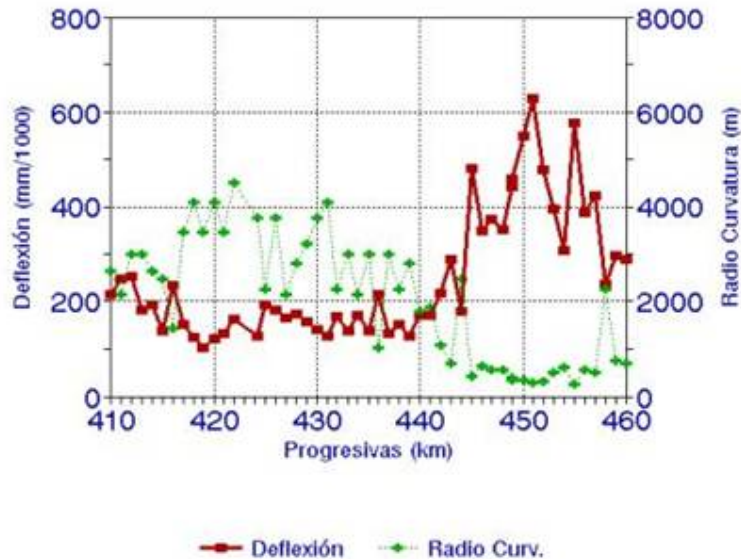


3. CALIDAD ESTRUCTURAL

La calidad de la estructural esta dada por su aptitud frente a las acciones del tránsito. Se evalúa en detalle mediante los espesores y calidades de cada material y en forma global mediante la deformación que le produce una dada carga (Deflexión).

3.a. Deflexión

Deformabilidad evaluada desde la superficie, históricamente utilizada como un indicador global de la calidad estructural (menor deformabilidad implica una mayor potencialidad).



Entre los equipos de medición podemos citar:

• **REGLA BENKELMAN**

Es un equipo de muy bajo costo pero también de bajo rendimiento operativo.

El método de medición está establecido por la técnica canadiense según la cuál se obtiene la deformación elástica (instantánea más retardada), es una prueba estática debajo de una carga de 80 KN por eje, igualmente repartida en las ruedas duales de un camión, provisto de neumáticos standard (10" x 20") y una presión de inflado de 5,6 bar (80 lib/pulg²).



Fig. 16 Medición con Regla Benkelman

DEFLEXIONES BENKELMAN

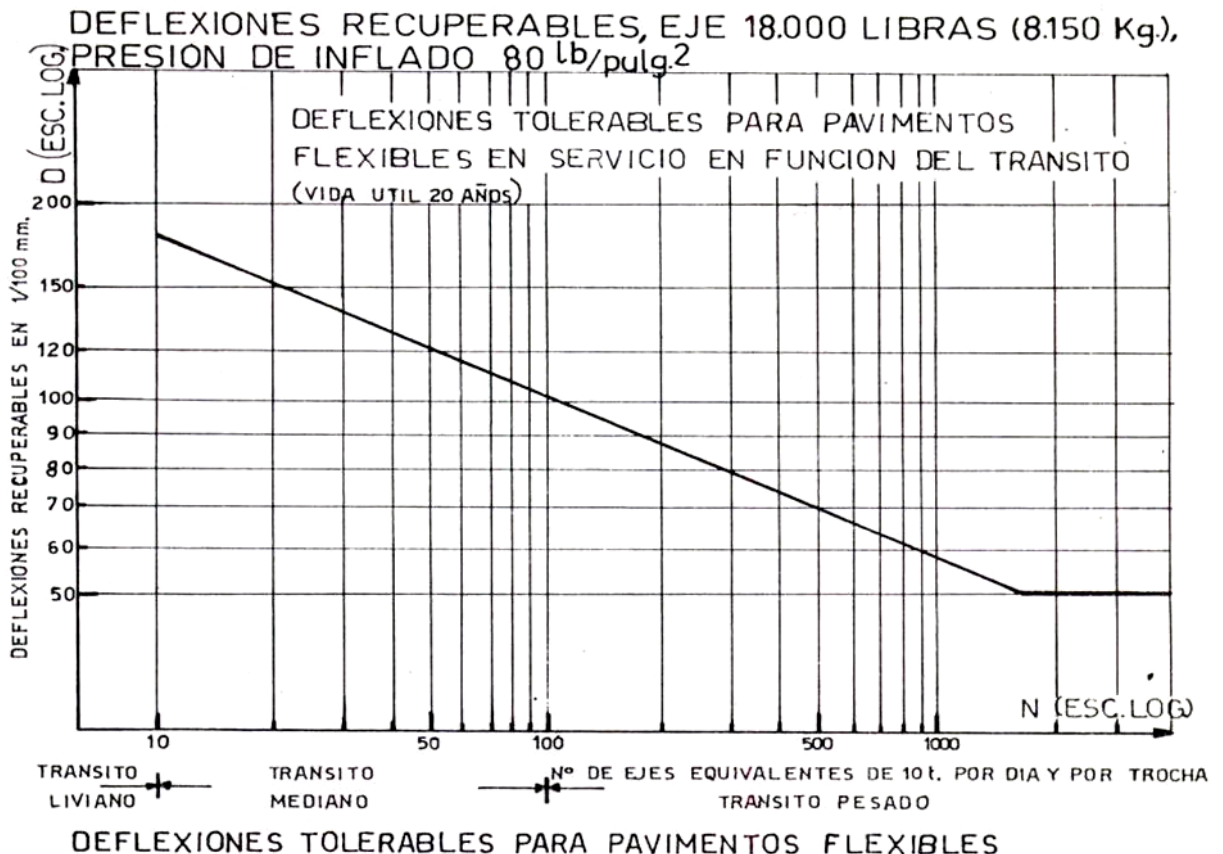


Fig. 17 Antiguo método de diseño basado en una deflexión admisible función del tránsito. El refuerzo resultaba como función de la diferencia entre la deflexión requerida y la medida

- **DEFLECTÓGRAFO LACROIX**

Constituye un equipo de gran rendimiento operativo ya que posibilita efectuar simultáneamente una medición en ambas trochas cada 6m, mientras el equipo se desplaza en forma continua a una velocidad de 3 Km/h registrando automáticamente los resultados

En Argentina la carga por eje de medición de 10600 Kg, ruedas duales y neumáticos de (12"×20"), una presión de inflado de 8,05 bar (115 lib/pulg²).

Las dos técnicas convencionales como las antes descritas disponen de mucha experiencia pero las mismas no fueron concebidas con el espíritu del ajuste modular como es el caso de las técnicas dinámicas por impacto (Falling weight deflectometer).



*Fig. 18
Deflectógrafo
Lacroix*

- **DEFLECTÓGRAFO DINÁMICO POR IMPACTO**

Se trata del equipo actualmente más difundido en el mundo; debido en gran medida a que combina mediante la regulación de la fuerza efectiva aplicada y la disposición de sus sensores de deflexión (geófonos, sismógrafos) la posibilidad de usarlo en todo tipo de pavimentos, desde los flexibles clásicos hasta los de hormigón, comprendiendo lógicamente los semi-rígidos con capas fuertemente cementadas, y tanto para pavimentos de bajo tránsito, como para los de autopistas y aeropuertos.

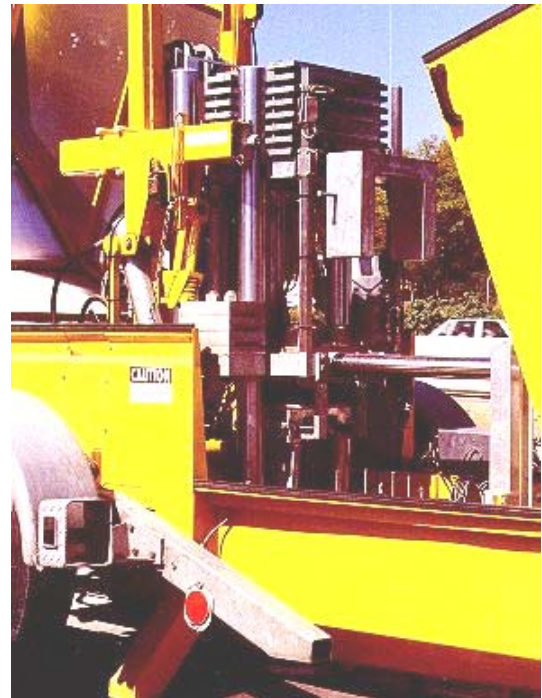


Fig. 19 Deflectógrafo FWD - KUAB

MEDICIONES DE DEFLEXIÓN

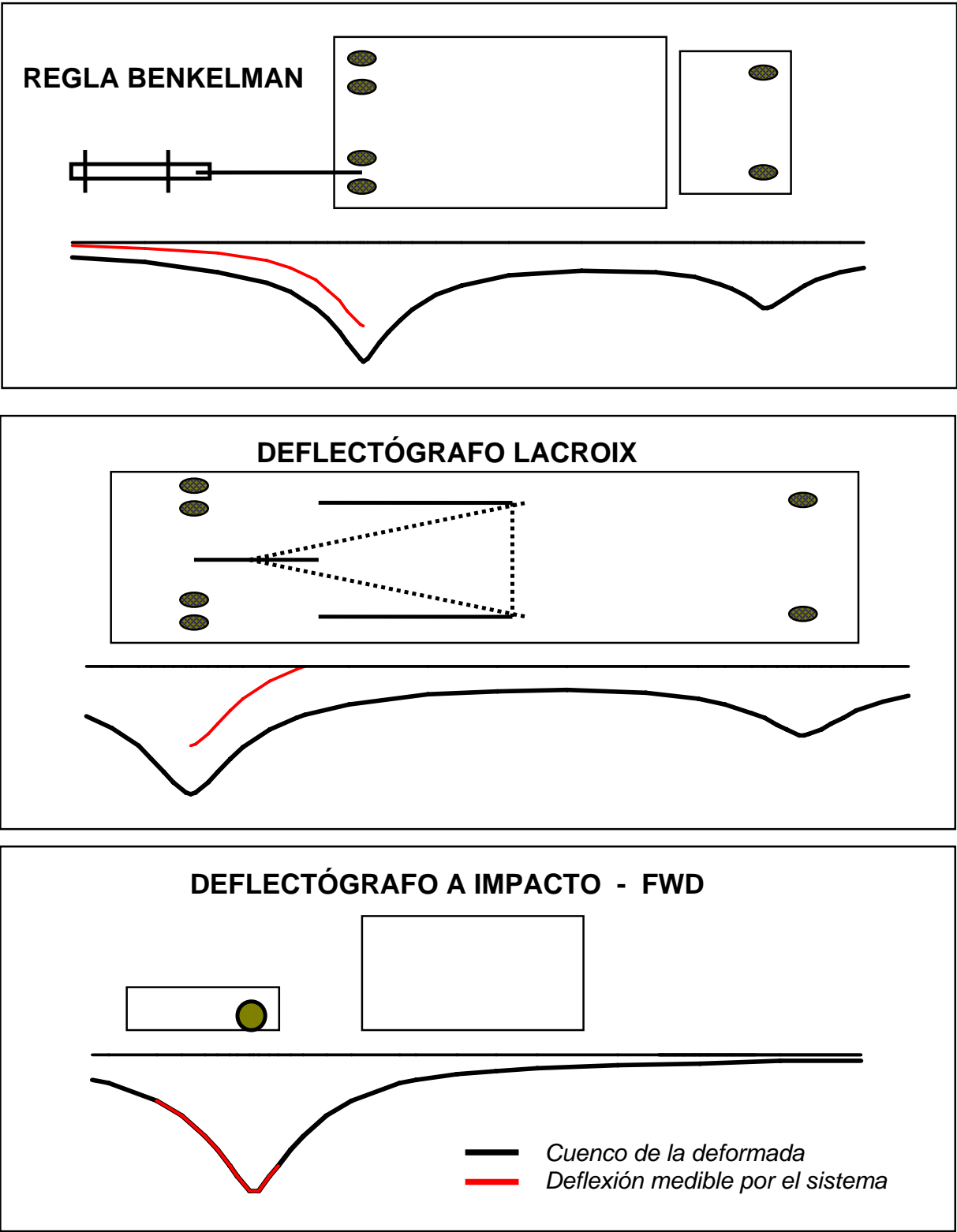


Fig. 20 Esquemas de mediciones de deformabilidad

Retroajuste modular

Estas técnicas deflectométricas son actualmente utilizadas para **retroajuste modular** (ajuste de los módulos elásticos de los materiales integrantes de la estructura por aplicación de modelos matemáticos de la mecánica del continuo).

La figura 20 muestra, para una estructura tomada como ejemplo y en la que se aplica una carga de 40 KN con un FWD, la distinta forma en que las capas condicionan la deformada en superficie. En esta figura se grafica la variación producida en el cuenco de la deformada para la estructura de referencia, cuando se duplica el módulo de cada una de las capas integrantes de la estructura en forma individual.

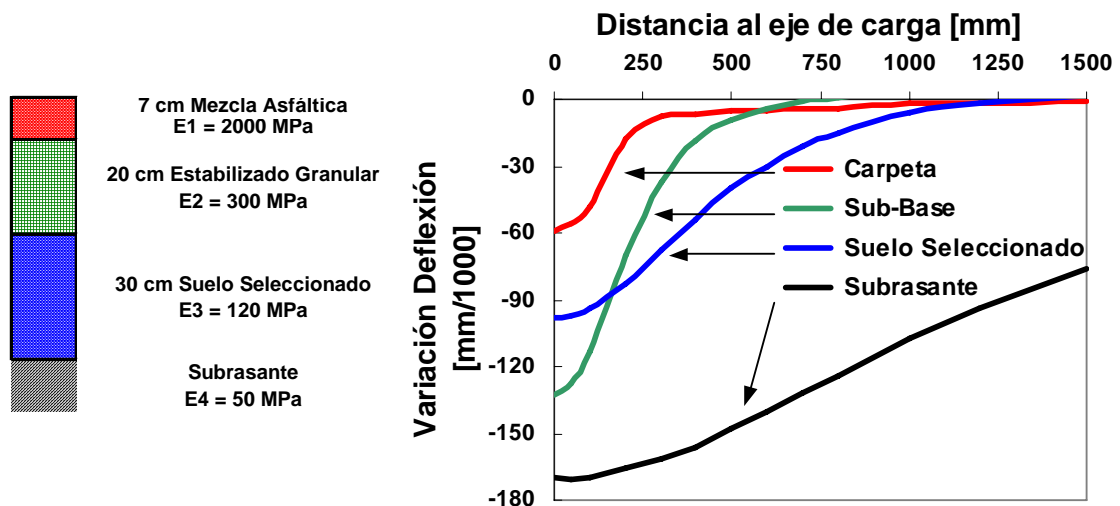


Figura 21. Variaciones teóricas de la deflexión bajo una carga de 40 KN con FWD

3.b. Fisuración

Estado de fallas en 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.



Fig.22 Equipo de filmación

Ejemplos de Instructivos de diferente complejidad:

Definición de fisuras en HDM

En Argentina Instructivo de evaluación de Estado de la DNV

Catálogo de fisuras SHRP

3.c. Espesores y Calidades de cada capa

Conviven en la actualidad las tradicionales técnicas destructivas (realización de Calicatas y calados de probetas) con las modernas no destructivas y de alto rendimiento (Radar de penetración), incluyendo opciones intermedias como ser el Penetrómetro Dinámico de Cono DCP.

La tendencia actual es realizar en lo posible un aprovechamiento de las técnicas no destructivas, minimizando la realización de las destructivas. Las destructivas brindan la posibilidad de extraer material para su posterior análisis en laboratorio, permitiendo un análisis más exhaustivo como así también la calibración de las mediciones realizadas con los equipos no destructivos, ya que estos valoran las propiedades en forma indirecta.



Fig. 23 Calado de probeta

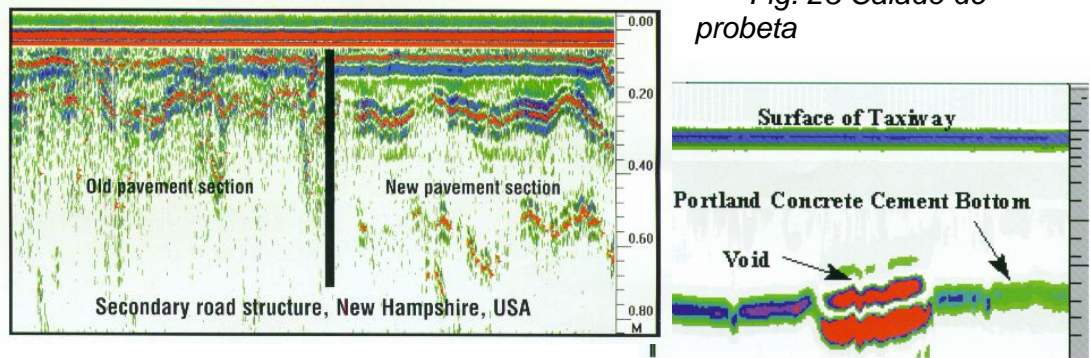


Fig. 24 Perfiles obtenidos con Geo-radar, general y detalle de huecos bajo losa.

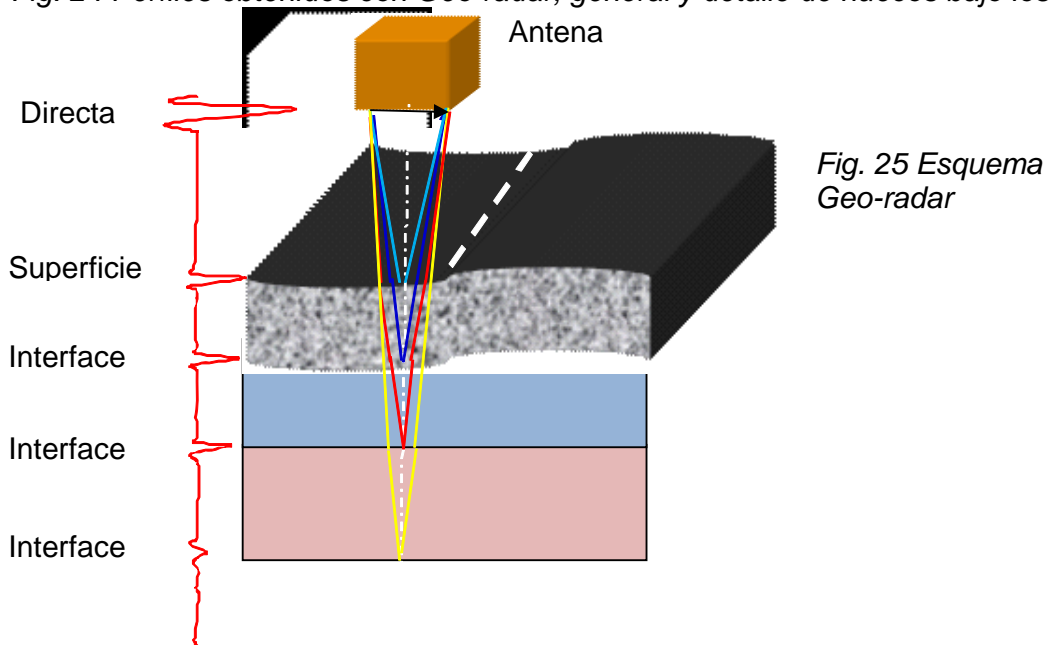


Fig. 25 Esquema Geo-radar

4. ÍNDICES COMBINADOS

Finalmente para facilitar la comparación de distintos tramos a nivel red y permitir englobar en un indicador el estado, se definen índices combinados. Estos atribuyen pesos relativos a las distintas fallas de manera de ponderarlos dentro de un único valor.

Este concepto tiene su origen en el AASHO Road Test donde la calificación genérica del panel de evaluadores PSR se correlacionó con las mediciones efectuadas por diferentes equipos en el PSI, Índice de Serviciabilidad Presente.

Estos conceptos se adaptan localmente de acuerdo a la idiosincrasia y a la posibilidad de equipamiento disponible en diferentes indicadores. Sólo a título de ejemplo en Argentina se definieron:

ÍNDICE DE ESTADO

Indicador global del estado de la superficie del pavimento que considera rugosidad, ahuellamiento, fisuración y desprendimientos con distintos pesos ponderados de acuerdo al tipo de superficie considerada, en una formula del tipo:

$$IE = 10 e^{-\sum a_i D_i}$$

Donde: a_i coeficientes de peso
 D_i coeficiente de 0 a 10(muy malo)

Genéricamente se cita la escala
10 a 7 bueno 7 a 5 regular <5 malo

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

PSI obtenido a partir de un ranking local:

$$ISP = 5.03 - (1.91 \log (1 + 2.47 BPR^2) + AH^2 / 480 + D4^2 / 71)$$

Donde: BPR rugosidad BPR en m/Km
AH ahuellamiento con regla 1,2m en mm
D4 valoración de los desprendimientos según catálogo

5 a 4 Muy Bueno 4 a 3 Bueno 3 a 2 Regular
2 a 1 malo 1 a 0 muy malo