

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. SERVICIOS PROFESIONALES DE AUSCULTACIÓN

3. EQUIPOS DE AUSCULTACIÓN

3.1. EQUIPO MULTIFUNCIÓN: VÍDEO LÁSER RST

3.2. EQUIPO DE MEDIDA DE DEFLEXIONES: DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO

3.3. EQUIPO DE MEDIDA DE ROZAMIENTO: GRIP TESTER

3.4. EQUIPO DE MEDIDA DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL: LÁSER PORTABLE

## 1. INTRODUCCIÓN

**AEPO, S. A.** fundada en 1953, con sede social en la calle Bascones, 22, de Madrid desarrolla su trabajo tanto a escala nacional como internacional en proyectos de ingeniería civil y de investigación. Está inscrita en el Registro de empresas consultoras y en el del Ministerio de Industria.

**AEPO, S. A. Ingenieros Consultores** provee servicios profesionales en el ámbito de la ingeniería civil, especialmente en carreteras, presas y obra civil, tanto para entidades privadas como públicas. Cuenta con la experiencia acumulada por la participación en más de 2.000 proyectos desde su creación.

La necesidad de ofrecer el mejor servicio en todos los campos y especialmente en el de las carreteras fue el motivo de la creación en 1990 de el Área de Gestión y Auscultación de Firms. Desde el comienzo los trabajos del Área se han desarrollado empleando los equipos con la tecnología más avanzada apoyados por un grupo de técnicos cualificado.

El equipo profesional de **AEPO** preparado para la realización de todas los trabajos de auscultación está compuesto por 15 personas, con la formación profesional siguiente:

- ! Ingenieros de caminos
- ! Ingenieros técnicos de obras públicas
- ! Técnicos especialistas en auscultación de carreteras
- ! Analistas de sistemas
- ! Técnicos en mecánica y electrónica

La innovación y actualización de técnicas y conocimientos es una de las prioridades de la División de Gestión y Auscultación de Firms.

## 2. SERVICIOS PROFESIONALES

**AEPO, S.A. Ingenieros Consultores** proporciona los servicios profesionales de Gestión y Auscultación de Firms para el mantenimiento y gestión de carreteras que se enumeran a continuación:

- ! Inventarios de carreteras y sistemas de referenciación
- ! Evaluación estructural y funcional de las carreteras

- ! Organización y actualización de bases de datos de auscultación
- ! Representación en sistema de información geográfico (GIS)
- ! Desarrollo e implementación de sistemas de gestión
- ! Recomendaciones de actuación
- ! Estudios especiales

### 3. EQUIPOS DE AUSCULTACIÓN

Disponer de información actualizada sobre el estado del firme es la clave para la correcta conservación y mantenimiento de una carretera.

El proceso de obtención de información sobre el estado del firme es tan importante como su análisis posterior, por lo que la toma de datos debe ser fiable y segura. Esto supone la utilización de equipos cualificados que garanticen la fiabilidad y seguridad de sus resultados, siendo la flexibilidad de funcionamiento del equipo una característica a considerar en su elección.

La consideración de las características de fiabilidad, flexibilidad y seguridad en la selección de los equipos ha hecho posible que **AEPO** disponga de los siguientes equipos de alta tecnología:

- ! **Vídeo Láser RST**: Equipo multifunción para la medida de las características superficiales y geométricas del firme.
- ! **Deflectómetro de Impacto KUAB**: Medida de la capacidad estructural del firme.
- ! **Grip Tester**: Medida de la fricción del pavimento.
- ! **Láser Portable**: Medida de la regularidad superficial

A continuación se realiza una descripción detallada de cada uno de los equipos mencionados, contemplando características de los ensayos y parámetros medidos.

## 3.1. EQUIPO VÍDEO LÁSER RST

### 3.1.1. PRESENTACIÓN

**El ROAD SURFACE TESTER (RST)** es un equipo de auscultación de firmes de gran rendimiento, precisión y repetibilidad que permite obtener mediante la aplicación de técnicas especiales los siguientes parámetros del pavimento de una carretera o aeropuerto:

- ! **REGULARIDAD SUPERFICIAL**
- ! **TEXTURA**
- ! **RODERAS**
- ! **FISURACIÓN**

Simultáneamente se adquieren las siguientes medidas de la geometría de la carretera:

- ! **RADIO DE CURVATURA EN PLANTA**
- ! **PERFIL TRANSVERSAL**
- ! **PENDIENTE LONGITUDINAL**
- ! **PERALTE**

Todos los datos se obtienen con una frecuencia de muestreo muy intensa superior a ningún otro equipo o técnica disponible en la actualidad. Por ejemplo la frecuencia de muestreo del perfil longitudinal permite el procesado y registro de una cota o dato del perfil cada 10 centímetros. Ello permite representaciones como la del perfil adjunto donde se pueden apreciar claramente las discontinuidades debidas a las juntas entre losas, en un pavimento de hormigón.

### 3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El Láser RST dispone de un avanzado principio de medida basado en un sistema de rayos Láser (*Ligth amplification stimulated emission of radiation*), que se proyectan sobre la superficie del pavimento. Los rayos reflejados se registran, mediante un proceso de gran precisión que prácticamente elimina las partes móviles, confiriendo a la medida una gran fiabilidad.

Todo el sistema va instalado en una furgoneta de gran cilindrada y autonomía.

El sistema de Láser consta de 15 cámaras láser colocadas en una viga montada en la parte delantera del vehículo. Las dos cámaras de cada extremo de la viga están giradas un ángulo de 45 grados, de forma que el ancho de ensayo

alcanza 3.65 metros, sin que la viga frontal supere los 2.5 m de gálibo legal.

El principio de medida consiste en la emisión de señales mediante cámaras de rayos láser de alta frecuencia (16 y 32 kHz) que se reflejan en la superficie de la carretera, registrándose de forma continua la distancia entre el emisor (cámara Láser) y el pavimento.

La medida puede realizarse a elevada velocidad, gracias a la rapidez de muestreo de los sensores láser capaces de emitir 32.000 señales por segundo. La versatilidad del sistema permite ensayar en cualquier condición de tráfico, desde muy congestionado (a baja velocidad) a tráfico rápido (hasta 90 km/h) sin que la medida resulte afectada.

Se establece un sistema fijo de referencia, respecto al cual se almacenan las señales, mediante acelerómetros de gran precisión y un distanciómetro que convierte la señal temporal en espacial y permite la identificación espacial de la medida.

Asimismo un giróscopo y dos inclinómetros permiten obtener otros parámetros de interés, a través del correspondiente proceso asociado al mismo sistema de referencia.

Los datos obtenidos se procesan mediante convertidores analógicos digitales y tarjetas especiales (SPC) constituidas por circuitos integrados que realizan los cálculos en tiempo real. Toda la información se registra en un ordenador Compaq de gran capacidad y velocidad, situado en la cabina del vehículo. Las señales tratadas por el sistema permiten obtener con gran frecuencia de muestreo, parámetros e indicadores relacionados con el estado de la carretera.

Las medidas realizadas se identifican mediante un fichero especial donde se registran los datos de nombre y número de la carretera, punto de origen del ensayo, punto kilométrico, tamaño de la sección de medida, etc... La estructura de la información permite su fácil incorporación a cualquier sistema de base de datos genérico o específico.

Asimismo el operador tiene la posibilidad de introducir eventos que puedan acontecer durante el ensayo tales como: cambio de firme, tipo de firme (flexible, rígido, poroso) límite de provincia, túnel, zona de obras, etc...

Los datos de campo se procesan a través de aplicaciones desarrolladas al efecto, obteniéndose finalmente listados, resúmenes, informes, gráficos o mapas que sirven a los técnicos encargados de la conservación para conocer el estado de las carreteras o aeropuertos ensayadas con el equipo.

### 3.1.3. PARÁMETROS MEDIDOS

#### 3.1.3.1. REGULARIDAD SUPERFICIAL

La regularidad superficial, concepto que engloba el análisis de la geometría del perfil longitudinal dentro del rango de longitudes de onda comprendidas entre 0.5 metros y 50 m, es uno de los parámetros más significativos para valorar el estado del pavimento, atendiendo a: [Confort del usuario, consumo de carburante, desgaste del vehículo, efectos en las mercancías transportadas y en las cargas dinámicas transmitidas al firme por los vehículos pesados](#). Asimismo, la regularidad superficial influye en el ruido generado por el tráfico.

Como consecuencia de las irregularidades se incrementan los efectos agresivos de las cargas, en un proceso exponencial y continuo, que terminaría (si no hubiera intervenciones de conservación) con la destrucción del firme en un tiempo muy corto.

La regularidad superficial se mide en cada rodada del vehículo por un láser y un acelerómetro. La información o perfil del acelerómetro representa el movimiento del vehículo, que se resta del perfil adquirido por el Láser para lograr el perfil de la carretera.

Los datos del perfil permiten obtener cualquier indicador que represente la regularidad superficial, entre ellos el IRI ([Índice de Regularidad Internacional](#)) que se ha constituido en el standard de mayor difusión y uso.

El IRI valora la variación entre la geometría teórica del perfil longitudinal y la realmente existente; diferencia debida a irregularidades y deformaciones en la superficie del pavimento que el usuario percibe a través del vehículo.

Una de su ventajas es que puede ser calculado para cualquier longitud, estando adaptado a la normativa española que especifica cada 100 metros.

Con ello se facilita el control de recepción de obras nuevas según normativa vigente, o el cálculo de índices de estado que sirven para clasificar el estado de la red y programar la inversión en conservación según reglas objetivas.

La configuración normal proporciona resultados del valor medio del IRI y también la media cuadrática ([RMS](#)) de las amplitudes correspondiente a longitudes de ondas cortas ([0.5-3 m](#)), medias ([3-13 m](#)) y largas ([13-40 m](#)), para cada rodada, información que permite profundizar en el estudio de las características del perfil longitudinal.

### 3.1.3.2. TEXTURA

La medida de la textura tiene cada día mayor interés técnico y práctico para los estudios de diseño y funcionamiento de los pavimentos de carreteras y aeropuertos.

De la textura depende la **adherencia** entre neumático y pavimento en superficie seca y mojada, la capacidad de drenaje de la superficie, la proyección y difusión de agua sobre otros vehículos y la mayor parte del ruido generado en el contacto neumático-pavimento. Asimismo, influye en el consumo de carburante y en el desgaste de neumáticos.

Hasta hace poco tiempo la medida de la textura se realizaba de forma indirecta (e insuficiente) al no existir técnicas de medida capaces de apreciar magnitudes del orden de milímetro o fracción.

Las variaciones espaciales de la textura (de un tramo a otro) o temporales (de un año a otro) son indicadoras del desgaste de la capa de rodadura ó de insuficiente adherencia, o de riesgo de hidroplaneo, etc...

Con el RST la medida de la textura puede realizarse a elevadas velocidades, hasta 90 kilómetros por hora, sin pérdida de precisión; sin embargo es el único parámetro afectado si llueve durante el ensayo.

La textura se obtiene mediante dos cámaras láser especialmente diseñadas para este propósito.

El RST obtiene la macrotextura y la megatextura de acuerdo a la clasificación que demanda el usuario; las escalas consideradas por defecto figuran en la tabla siguiente:

PARÁMETRO	RANGOS DE LONGITUD DE ONDA
MACROTEXTURA FINA	$1 < \lambda < 10 \text{ mm}$
MACROTEXTURA GRUESA	$10 < \lambda < 100 \text{ mm}$
MEGATEXTURA	$100 < \lambda < 500 \text{ mm}$

El resultado se expresa mediante la media cuadrática (**RMS**) de las amplitudes encontradas en cada intervalo de longitud de onda indicado en la tabla anterior.

Asimismo se obtienen histogramas por intervalos de amplitudes preestablecidos.

### **3.1.3.3. RODERAS Y PERFIL TRANSVERSAL**

Las irregularidades del perfil transversal, fundamentalmente las roderas, afectan a la seguridad del tráfico ya que pueden incidir en la trayectoria de los vehículos. La acumulación de agua o hielo en los valles de estas irregularidades pueden provocar efectos no deseados como hidroplaneo, contacto defectuoso y drenaje superficial insuficiente; afectando la capacidad portante del firme si el agua penetra a través de sus distintas capas.

El equipo integra una sección transversal cada 10 cm utilizando las 15 cámaras láser. El sistema elimina automáticamente la influencia de la textura, baches y fisuras obteniendo un perfil transformado de referencia, definido por las cámaras exteriores y fijando la posición relativa de las señales obtenidas por el resto de las cámaras. Este perfil transformado permite obtener la profundidad de roderas en todo su ancho.

El sistema registra la profundidad de rodera en cada una de las rodadas, la máxima profundidad de rodera, así como la media y la desviación standard del perfil transversal.

### **3.1.3.4. FISURACIÓN**

El estado de fisuración de la capa de rodadura indica tanto una superficie en mal estado como una capacidad estructural disminuida. Las fisuras facilitan la entrada de agua en la estructura del firme, por lo que su detección conviene que se realice en el menor tiempo posible.

El sistema RST realiza un tratamiento estadístico de las fisuras del pavimento, a partir de las señales obtenidas por las cámaras 4, 6, 8 y 10, suministrando información sobre número, dimensiones, orientación y densidad de fisuras.

Debido a la influencia de la megatextura y la macrotextura gruesa en esta medición, el sistema realiza un proceso de filtrado mediante las tarjetas SPC para eliminar dicha influencia.

Los datos obtenidos se representan por intervalos de ancho y profundidad de fisura para cada una de las dos rodadas.

### **3.1.3.5. CURVATURA Y PERALTE**

Otros parámetros de la carretera recogidos por el RST son radio de

curvatura en planta y el peralte de la calzada. Mediante un inclinómetro y un giróscopo se obtienen los valores anteriores, siendo expresados cada 20 metros en tanto por ciento y en metros.

El análisis de esta información puede resultar de gran interés para varios propósitos, ya que el peralte de la carretera indica como un vehículo puede negociar una curva e influye en el drenaje del pavimento.

Asimismo la relación radio-peralte permite averiguar la existencia de posibles curvas mal peraltadas lo que implica limitaciones de velocidad, para proceder a su corrección o señalización.

Mediante un software especial e incorporando los valores de la pendiente longitudinal, es posible la reproducción del trazado de la carretera. Esta aplicación puede servir para numerosos propósitos, desde los propios de un inventario de características geométricas o de un proyecto de AS BUILT, hasta el cálculo de los parámetros de trazado necesarios para obtener los costes del usuario de vehículos. ([Modelos HDM III](#), [VETO](#), etc).

### **3.1.3.6. PENDIENTE LONGITUDINAL**

La pendiente longitudinal de la carretera influye básicamente en un mayor consumo de carburante y en un incremento del riesgo de accidentes debido a una mayor diferencia en las velocidades de los vehículos.

El sistema dispone de un inclinómetro y un transductor de distancia que permite obtener la pendiente longitudinal cada 10 cm.

### **3.1.4. FICHEROS DE DATOS**

El sistema, en su configuración normal suministra los resultados en dos formatos.

El primero, llamado MEAN, ([extensión MEA](#)) contiene la información del pavimento para longitudes del firme entre 20 y 100 m, longitud seleccionable según las necesidades. Su generación es automática en función de la distancia recorrida.

El segundo, llamado OBJECT, ([extensión OBJ](#)) es un fichero con información referente a tramos más largos, generalmente 500 ó 1000 m, o entre dos nudos consecutivos si la medida se prepara para su integración en una base de datos de gestión de firmes. Su finalidad es la de obtener información para secciones concretas del firme, normalmente entre puntos kilométricos.

El tamaño de estos informes puede ser programado con anterioridad a la toma de datos (planificación del trabajo) o bien solicitarse manualmente durante el proceso de medida. Siendo recomendable la primera opción.

## 3.2. EQUIPO DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO KUAB-FWD

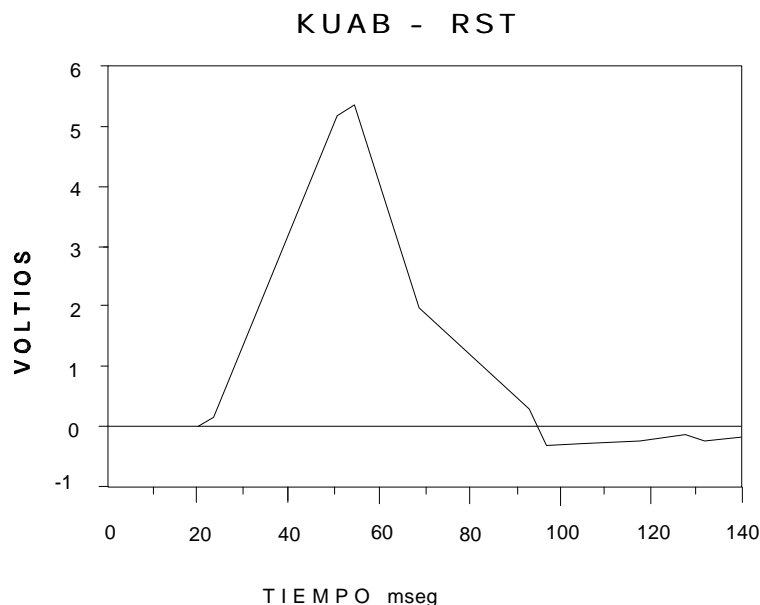
### 3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo de auscultación estructural de firmes denominado **FWD KUAB** responde al concepto genérico de **DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO**.

El sistema mide la deflexión producida en la superficie del pavimento al aplicarle una carga perpendicular preestablecida.

Una placa circular se apoya sobre el pavimento. La fuerza dinámica se aplica mediante un sistema generador compuesto de dos masas. Una masa pesante se deja caer desde una altura determinada (falling weight) produciendo un impacto de muy breve duración cuyo valor de pico define la magnitud de la fuerza; el valor se establece con anterioridad y se mide durante la ejecución del ensayo.

La figura adjunta permite ver la forma y duración de la carga.



El equipo de medida registra el pico o valor máximo de la deflexión en el punto de aplicación de la carga y en una serie de puntos separados secuencialmente para obtener el cuenco de deflexiones.

### 3.2.2. COMPONENTES DEL EQUIPO

El equipo consta de un vehículo tractor, donde está instalado el sistema de control y el remolque, donde van instalados los sistemas de aplicación de carga, medida de deflexiones y toma de testigos, cubierto por una carcasa metálica que le protege del agua, aceite, polvo, etc...

El sistema de medida y el sistema hidráulico están controlados por un PC portátil, instalado en el vehículo de arrastre, desde donde el operador organiza la ejecución y la recogida de la información.

La placa de ensayo es de forma circular de 30 cm de diámetro, recubierta de caucho para adaptarse a la superficie del pavimento, el sistema de dos masas tiene la ventaja que la transmisión se realiza de forma suave (semejante a la forma en que los vehículos inciden sobre el firme). El sistema está diseñado para ser insensible a las fuerzas laterales que se pueden crear por desniveles del pavimento.

El **FWD KUAB** mide la deflexión mediante transductores de deflexión denominados sismómetros, que usan un sistema de masa y muelle como referencia y un transformador diferencial **LVDT** como sensor. El rango de medida es de 0 a 5 mm. Dispone de 7 sismómetros que se colocan a voluntad del operador y según el tipo de estudio que se vaya a realizar. Una disposición frecuente para firmes flexibles es la secuencia siguiente 0-20-30-45-60-90-120 cm, aunque se puede llegar a alcanzar un máximo de 250 cm. Para firmes rígidos la secuencia viene determinada por el tipo de ensayo, de centro de losa, de borde, de medida de la transferencia de carga, etc...

Al mismo tiempo que son recogidos los valores máximos de las deflexiones en los puntos de medida, se almacenan otros tipos de informaciones tales como: la fuerza aplicada, fecha y hora de ejecución, temperatura del aire y del pavimento y la posición del punto de ensayo. Previamente queda registrado en el mismo archivo un conjunto de datos de identificación: carretera, carril, tipo de pavimento.

El equipo dispone además de:

- ! Sensores de temperatura (para la superficie del firme y el aire).
- ! Sistema hidráulico de obtención de testigos del firme (5 cm. de diámetro).
- ! Distanciómetro digital.

El conjunto lleva su propio sistema de alimentación mediante baterías.

En la tabla adjunta se resumen algunas de las características citadas:

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

RANGO DE CARGA		13.0 - 66.5 kN
CARGA TRANSMITIDA POR		PLACA CIRCULAR $\phi$ 30 cm
SENSORES	TIPO	SISMÓMETROS
	NÚMERO	7
	SEPARACIÓN	0 - 120 cm

### 3.2.3. REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Durante el transporte el equipo avanza mediante un eje dotado de dos ruedas. Al llegar al punto de ensayo, el operador arranca el sistema, mediante la pulsación de una tecla del ordenador. El cuerpo del equipo desciende hasta apoyarse en la superficie y se produce la aplicación de la carga normalizada, correspondiente a la carga de cálculo del firme. (Eje de 8.2-10-11-13 t).

Las deflexiones medidas en los diferentes puntos son recogidas por el ordenador y referenciadas al punto de ensayo, así como las temperaturas del aire y de la superficie del pavimento. Terminada la medida, la placa y el cuerpo del FWD-KUAB se levantan y el equipo queda preparado para trasladarse al próximo punto de ensayo.

La realización del ensayo consume por lo general menos de un minuto de tiempo. Un solo hombre, conductor del vehículo y operador del sistema, puede llegar a realizar alrededor de 10 km de ensayo al día (realizando 200 puntos de ensayo cada 50 metros). La ejecución del ensayo requiere medidas adicionales de control de tráfico.

### 3.2.4. CAMPOS DE APLICACIÓN

El equipo **KUAB** tiene aplicación en campos de actividad como:

- ! Análisis estructural.
- ! Dimensionamiento de refuerzos.
- ! Control de compactación.

- ! Detección de huecos bajo firmes de hormigón.
- ! Análisis de tramos de ensayo, nuevos materiales, etc...
- ! Control de calidad.
- ! Incorporación a Sistemas de Gestión de Firmes.

### 3.3. GRIP TESTER MEDIDA DEL ROZAMIENTO

#### 3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El Grip Tester es un equipo de alto rendimiento, que se utiliza para la obtención del coeficiente de resistencia al deslizamiento de pavimentos.

El funcionamiento del Grip Tester está basado en el principio de rueda parcialmente frenada (15%). La carga y la resistencia al avance se miden continuamente y su cociente, el coeficiente de rozamiento, se procesa, guarda y visualiza en un ordenador portátil ubicado en el interior del vehículo remolcador. Al mismo tiempo se recoge la velocidad de circulación, permitiendo la introducción manual de eventos por el operador.

Los ensayos pueden realizarse remolcando el equipo con un vehículo, circulando a una velocidad de hasta 130 km/h de modo que el proceso de medición se puede realizar sin interferir en el tráfico rodado, o empujándolo manualmente, para estudios específicos o ensayos en zonas de difícil acceso.

El GRIP TESTER además de gran facilidad de funcionamiento, presenta una alta fiabilidad y compatibilidad con otros equipos de medición de similares características, como el SCRIM con el cual se han obtenido muy buenas correlaciones ([AIPCR - "Experimento Internacional para la armonización de las medidas de textura y rozamiento" 1.992](#) ).

También el TRL ([Transportation Research Laboratory](#)) de Inglaterra ha realizado diversos ensayos de contraste con los equipos de medida del coeficiente de rozamiento, péndulo TRRL y SCRIM, obteniendo muy buenas correlaciones en ambos casos.

En la actualidad existen más de un centenar de unidades de Grip Tester, siendo utilizados en países como Reino Unido, Francia, Canadá, etc...

#### 3.3.2. COMPONENTES DEL EQUIPO

El equipo de medida está formado por un vehículo tractor conteniendo los elementos auxiliares y un pequeño remolque con las siguientes características:

##### - Dimensiones

! Longitud	940 mm
! Anchura	770 mm
! Altura	490 mm

- **Peso aproximado**                      90 kg

### **- Neumáticos**

- Ruedas Principales :  
Dunlop 10 x 3.60-5.  
Diámetro nominal 250 mm.  
Diámetro de la llanta 125 mm.
- Rueda de medición:  
Neumático normalizado AIPCR  
Caucho natural compuesto en la banda de rodamiento  
Diámetro Nominal 250 mm.  
Diámetro de la llanta 125 mm.  
Dibujo: sin dibujo Goma Lisa.
- Presión de los neumáticos  
140 ± 15 kPa

### **- Tanque de agua**

- Capacidad 500 - 1000 l
- Caudal: de 11 a 80 litros/min en función de la profundidad de lámina de agua y la velocidad de ensayo.

**- Suministro de Potencia** Batería recargable 12 Voltios 15 AH

**- Ordenador portátil** PC - sistema operativo MS-DOS

### **3.3.3. REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS**

Las reducidas dimensiones y peso del equipo permiten su transporte al lugar del ensayo en el interior del vehículo remolcador.

Una vez en el lugar de inicio de la medición se procede a su calibración. Este proceso es fácil y rápido, consistiendo básicamente en comprobar el estado de las cadenas, batería, neumáticos y caudal aportado para obtener la altura de lámina de agua requerida.

La preparación y realización de los ensayos se controla desde el ordenador del vehículo tractor.

Durante el proceso de medición se incorporan, por el operario, los eventos previstos en el plan de medición, como: hitos kilométricos, cambios de pavimento, poblaciones, etc... Los datos pueden visualizarse durante la ejecución del ensayo.

En carreteras, el ensayo con el Grip Tester se realiza normalmente a velocidad de 50 km/h (igual que el SCRIM), utilizando un vehículo tractor que transporta un depósito de 500 l y suministra un caudal de 11 litros por minuto a la rueda de medición.

Una vez finalizado el ensayo puede verse, mediante la utilización de una pequeña aplicación informática, el coeficiente de rozamiento obtenido. La información es almacenada en soporte informático para su posterior análisis en oficina.

Dadas las características del equipo es posible su aplicación en tramos cortos de ensayo, marcas viales o zonas peatonales, sin necesidad del vehículo remolcador procediendo a su empuje de forma manual. Por ello el equipo admite la incorporación de un pequeño depósito en el remolque.

### **3.3.4. SALIDA DE RESULTADOS**

Los datos recogidos por el equipo y almacenados en el ordenador de campo incluyen la información siguiente:

- ! Identificación del ensayo: carretera, sentido de circulación, carril, fecha y hora de su realización, climatología, etc.

- ! Coeficiente de rozamiento o Grip Number medio para cada intervalo de integración (por defecto 10 m). La medida se realiza en continuo y el dato continuo se integra y promedia para el intervalo predefinido.

- ! Velocidad media del intervalo de integración.

- ! Eventos introducidos por el operador, referentes a información complementaria del ensayo, como hitos kilométricos, poblaciones, cambios de pavimento, estructuras, etc...

- ! Temperatura exterior durante la realización del ensayo.

- ! Resumen por kilómetro de los valores medios de coeficiente de rozamiento y velocidad.

Mediante la utilización de una aplicación puede realizarse, en el mismo lugar del ensayo, una visualización de los resultados obtenidos, sirviendo al mismo tiempo de comprobación de la medición.

Posteriormente en oficina se procede al análisis de los datos y a la elaboración, mediante programas preparados para cada caso particular, de las salidas gráficas que facilitan la rápida interpretación de la información. En los informes realizados por AEPO se adjunta la correlación del Grip Number con el Coeficiente de Rozamiento Transversal de SCRIM.

### 3.3.5. CAMPOS DE APLICACIÓN

Las características singulares de este equipo en cuanto a facilidad de manejo, le confieren la posibilidad de competir ventajosamente con otros sistemas clásicos, al permitir además la realización de ensayos mediante empuje manual del equipo.

Los principales campos de aplicación son:

- ! Obtención del coeficiente de rozamiento de carreteras.
- ! Análisis particularizado del coeficiente de rozamiento en tramos con accidentes.
- ! Homologación de marcas viales mediante el método de empuje.
- ! Estado del coeficiente de rozamiento de las marcas viales.
- ! Rozamiento del pavimento en aeropuertos, helipuertos y pistas de vuelo.
- ! Ensayos en medio urbano: señalización horizontal, zonas de frenado y arranque de semáforos, áreas peatonales, paradas de autobuses, etc.
- ! Glorietas
- ! Pasarelas peatonales
- ! Plataformas de peatones en ferrocarriles

## 3.4. EQUIPO LÁSER PORTABLE RST

### 3.4.1. PRESENTACIÓN

El **Láser Portable RST** es un equipo portátil de alto rendimiento de auscultación de firmes de gran precisión y repetibilidad, para la medida de la Regularidad Superficial Longitudinal de una carretera que permite obtener el Índice de Regularidad Internacional (IRI).

Los datos se obtienen con una frecuencia de muestreo muy alta ya que procesa y registra una cota del perfil longitudinal cada 10 cm., posibilitando la reproducción gráfica y numérica del perfil longitudinal en la banda comprendida entre 0,10 m y 100 m de longitudes de onda.

### 3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo Láser Portable dispone de un principio de medida basado en un sistema de rayos láser, montado sobre un vehículo comercial, que se proyectan sobre la superficie del pavimento y que por aplicación de técnicas DSP (**Digital Signal Processing**) permite medir la **Regularidad Superficial** de una carretera.

El sistema de láser se compone de dos cámaras colocadas en los extremos de una viga, que se adaptan a la parte trasera del vehículo. Las cámaras son de alta frecuencia (**32 kHz**) y el principio de medida consiste en la emisión de señales analógicas que se reflejan en la superficie de la carretera, registrándose de forma continua la distancia entre el emisor y el pavimento, y convirtiendo mediante un ADC (**Convertor Analógico Digital**) la señal luminosa en un registro digital.

Las medidas se referencian a un plano único mediante la utilización de dos acelerómetros de gran precisión, y se sitúan en el espacio con un distanciómetro que convierte la señal temporal en espacial.

Los datos obtenidos son procesados mediante un convertidor analógico digital (**DAC**), que lleva incorporado una tarjeta especial configurada mediante "firmware" para realizar los cálculos en tiempo real, quedando toda la información almacenada en un ordenador, con la capacidad y velocidad de proceso adecuada, situado en el interior del vehículo.

Las medidas realizadas se identifican mediante un fichero especial donde se registran los datos de nombre y número de la carretera, punto de origen del ensayo, punto kilométrico, tamaño de la sección de medida, etc... La estructura de la información permite su fácil incorporación a cualquier sistema de base de datos alfanumérico o gráfico.

Asimismo el operador tiene la posibilidad de introducir eventos que puedan acontecer durante el ensayo tales como: [cambio de firme](#), [tipo de firme \(flexible, rígido, poroso\)](#) [límite de provincia](#), [túnel](#), [zona de obras](#), etc...

Los datos de campo se procesan a través de aplicaciones desarrolladas al efecto, obteniéndose [listados](#), [resúmenes](#), [informes](#), [gráficos](#) o [mapas](#) que sirven a los técnicos encargados de la conservación para conocer el estado de las carreteras ensayadas con el equipo.

### 3.4.3. COMPONENTES DEL EQUIPO

El Láser Portable RST está formado por los siguientes elementos:

- ! Dos cámaras de rayos láser con una frecuencia de emisión de 32.000 Hz.
- ! Unidad inercial formada por dos acelerómetros.
- ! Distanciómetro.
- ! Viga soporte.
- ! Panel de control de las mediciones.
- ! Convertidor analógico digital.
- ! Disco óptico de almacenamiento de información.
- ! Batería
- ! Sistema de alimentación ininterrumpida.

### 3.4.4. REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

Los ensayos se realizan circulando sin interferir en el tráfico, siendo posible realizar las medidas desde velocidades reducidas hasta condiciones de tráfico rápido (90 km/h) sin que los resultados queden afectados.

### 3.4.5. FICHEROS DE DATOS

El sistema suministra los resultados obtenidos en dos formatos:

- ! MEAN
- ! OBJECT

El formato Mean, ([extensión MEA](#)) contiene la información del pavimento para valores de 20 metros en adelante, longitud variable según se requiera. Éste se genera automáticamente en función de la distancia recorrida.

El formato Object, ([extensión OBJ](#)) es un fichero con información correspondiente a tramos más largos, de 500 ó 1.000 metros, o entre dos nodos

consecutivos, si la medida se prepara para su integración en una base de datos de gestión de firmes. Su objetivo es obtener información de secciones concretas del firme, normalmente entre puntos kilométricos.

### **3.4.6. CAMPOS DE APLICACIÓN**

Los principales campos de aplicación del equipo son:

- ! Obtención del Índice de Regularidad Internacional.
- ! Control de calidad de terminación de las capas del firme en construcción.
- ! Elaboración de índices de estado para clasificar el estado de la red y planificar su conservación.
- ! Análisis especiales de Regularidad Superficial.
- ! Estudio de la densidad espectral (PSD) de perfiles de carretera.