

# SISTEMA DE PESAJE DINAMICO PARA EL ESTUDIO DEL TRAFICO DE VEHICULOS PESADOS

RAMON CRESPO DEL RIO (\*)  
JORGE GOMEZ FERNANDEZ (\*\*)  
ANTONIO ISIDORO CRUZ (\*\*\*)

**RESUMEN.** Generalmente se acepta que los vehículos pesados condicionan el dimensionamiento y la duración de los firmes de carreteras, tienen un efecto importante en el desgaste del pavimento y en la evolución de su nivel de servicio y asimismo en el comportamiento y vida útil de los puentes.

La evaluación ajustada de este tipo de tráfico permite definir y aplicar los criterios técnicamente más adecuados y rentables para proyectar, construir y mantener el firme con el nivel de servicio correspondiente a la creciente demanda social de mejores carreteras.

**ABSTRACT.** Generally, it is accepted that heavy vehicles have a great influence on the dimensioning and duration of the highways pavements. They have an important effect on the wear of the road surface and on the evolution of the level of service and on the performance of the bridges. The evaluation of this kind of traffic makes possible the definition and application of the most adequate criteria in order to design, construct and maintain the road surface with the level of service corresponding to the growing social demand of better highways.

## 1. INTRODUCCION

El conocimiento del tráfico de vehículos pesados constituye una necesidad esencial para proyectar, construir y gestionar cualquier red de carreteras. De la intensidad y características de los vehículos pesados depende tanto el comportamiento y duración de la estructura del firme, como la evolución del estado superficial del pavimento (regularidad superficial y resistencia al deslizamiento).

La forma en que dicho tráfico afecta al firme depende de una serie de variables, unas propias del vehículo y su forma de circular (peso total, pesos por ejes, tipo de suspensión, velocidad, etc.) y otras de la naturaleza y composición del firme y su estado físico (geometría superficial, espesor y tipo de las capas, temperatura, etc.).

Simplificadamente se puede considerar EL PESO como el factor más importante para cuantificar las solicitaciones y valorar su incidencia en la duración del firme.

Se desprende, por tanto, la conveniencia de disponer de las técnicas de evaluación (fundamentalmente del peso del vehículo) que permitan un mejor conocimiento de las características de este tipo de tráfico.

## 2. TECNICAS DE EVALUACION

Para la medida del peso de un vehículo, la técnica proporciona hoy en día medios que permiten su evaluación de forma representativa para los objetivos que un técnico vial requiere.

El peso de un vehículo puede ser determinado de dos formas, estática y dinámicamente.

La determinación del peso estático, implica la medida simultánea de todas las fuerzas gravitacionales ejercidas por todas las ruedas de un vehículo totalmente parado. Resultados muy precisos, sólo pueden ser obtenidos si las ruedas de un vehículo se mantienen en un plano horizontal perfecto y no existe redistribución del peso durante el proceso de pesado.

Hasta hace pocos años no existían técnicas alternativas y la estimación de las cargas se realizaba mediante encuestas, que implicaban la detención de los vehículos y su pesaje en estaciones instaladas junto a la carretera, empleando procedimientos costosos, lentos y complejos de montar.

Finalmente el peso estático no refleja directamente las fuerzas que actúan sobre la carretera que, como es evidente, son fuerzas dinámicas.

Como ventajas del pesaje estático se pueden citar, una mayor precisión en la determinación del peso, la posibilidad de obtener datos adicionales, que los sistemas dinámicos no logran diferenciar, tales como tipos de ruedas (sencillas o gemelas) en el eje, tipo y tamaño de los neumáticos y también otros parámetros de interés como tipo de mercancía transportada, origen y des-

(\*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe del Sector de Tecnología y Estudios del Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX (MOPU).

(\*\*) Ingeniero de Caminos. Jefe de División de Tráfico y Seguridad Vial.

(\*\*\*) Ingeniero Técnico de Obras Públicas. División de Tráfico y Seguridad Vial.

tino del vehículo, edad y kilómetros recorridos, matrícula completa, marca y modelo, etc.

La técnica de pesaje en movimiento, denominada en lenguaje técnico inglés Weight In Motion (WIM), tiene como característica fundamental la no alteración del flujo del tráfico durante el pesaje; se pesan todos los vehículos, realizándose la medida a la velocidad de circulación, es decir, casi instantáneamente (para un vehículo circulando a 80 km/h, el sistema tarda menos de 20 milisegundos en determinar el peso de cada eje).

Como se indicaba anteriormente el peso de un vehículo no varía, pero las fuerzas dinámicas aplicadas sobre el pavimento pueden variar considerablemente. Los factores más importantes que influyen en las fuerzas que actúan pueden verse resumidos en la tabla siguiente (tabla 1).

Se deduce que la técnica de pesaje en movimiento tiene sus limitaciones, tanto por cuestiones inherentes al sistema de medida, como porque el centro de oscilación de la masa cambia constantemente cuando el vehículo está en movimiento. Así pues, algún sacrificio en la precisión de la pesada es inevitable, pero en ningún caso las imperfecciones de la técnica de pesaje en movimiento son muy diferentes de las de otras técnicas relacionadas con la estimación de parámetros que implique la utilización de medios mecánicos y electrónicos.

Existen dos tipos de técnicas de pesaje en movimiento, o mejor expresado, dos tipos de básculas:

- Básculas dinámicas portátiles.
- Básculas dinámicas permanentes.

La denominación de ambas definen claramente sus campos de aplicación.

Las técnicas de medida, desarrolladas hasta hoy en día, están basadas en algunos de los siguientes principios:

- Células de carga (hidráulicas o neumáticas).
- Células de carga (bandas extensométricas).
- Placas o vigas de flexión.

- Sistemas capacitivos.
- Cables piezoeléctricos.

### 3. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BASCULAS DINAMICAS PORTATILES EMPLEADO EN ESPAÑA

#### 3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema BDP es un equipo de pesaje dinámico de vehículos que consta de una serie de componentes fundamentales.

**Sensor de peso.** Consiste en una especie de manta, esterilla o alfombra, de goma y acero, de dimensiones: 1.800 mm (ancho) × 510 mm (largo) × 9,5 mm (espesor).

Está constituido por tres láminas de acero (separadas y recubiertas por neopreno, lo que le confiere el aspecto de estera), que actúan como elemento capacitor (condensador de capacidad fija). La compresión de la manta bajo una carga, produce una disminución en la separación entre las láminas de acero y, por tanto, un incremento en la capacitancia (capacidad eléctrica), que es interpretada como un peso por el microprocesador incorporado al elemento de registro de datos del sistema.

La manta se clava sobre el pavimento a través de los orificios dispuestos al efecto y se recubre y protege con una cinta adhesiva bituminosa.

El sensor de peso se coloca en la carretera de forma que, dentro de las condiciones normales del tráfico, incida sobre él la o las ruedas de un semieje.

El sensor forma parte, actuando de capacidad variable de un circuito oscilador. La frecuencia de dicho circuito variará respecto a su nivel de referencia en función de la variación de su elemento capacitivo (sensor) y éste a su vez cambiará su capacitancia (capacidad eléctrica) en función de la distancia entre sus placas de acero, distancia que depende del peso del eje cuyas ruedas circulen sobre la «manta».

| FACTORES DE LA CARRETERA | FACTORES DEL VEHICULO                                                       | FACTORES AMBIENTALES |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| PERFIL LONGITUDINAL      | VELOCIDAD                                                                   | VIENTO               |
| PERFIL TRANSVERSAL       | ACELERACION                                                                 | TEMPERATURA          |
| PENDIENTE                | CONFIGURACION DE LOS EJES                                                   | LLUVIA, HIELO        |
| PERALTE                  | SISTEMA DE SUSPENSION                                                       |                      |
| CURVATURA                | CARGA                                                                       |                      |
| REGULARIDAD SUPERFICIAL  | CENTRO DE GRAVEDAD                                                          |                      |
|                          | CARACTERISTICAS AERODINAMICAS                                               |                      |
|                          | CARACTERISTICAS DE LOS NEUMATICOS, TAMAÑO, TIPO, DIBUJO, PRESION DE INFLADO |                      |

**TABLA 1.** Factores que afectan a la medida del peso de un vehículo en movimiento.



FOTO 1.

**Sensores de presencia (lazos de inducción).**

Los lazos de inducción magnética activan el sistema y detectan la presencia de los vehículos. Estos lazos, también denominados bucles, son bobinas eléctricas formadas por cables dispuestos geométricamente en cuadrados de  $2 \times 2$  m, que se colocan centrados en el carril y simétricos a uno y otro lado del sensor de peso, que queda a una distancia de 1,5 m de cada lazo.

El funcionamiento de los lazos está basado en el campo magnético que se crea al conectarlos a una fuente de alimentación. El campo magnético se altera al paso de la masa metálica de un vehículo emitiendo una

señal, que unida a las provocadas por el mismo vehículo al pasar sobre el sensor de peso y sobre el otro lazo, permite obtener los datos de velocidad, distancia entre ejes consecutivos y longitud total del vehículo.

Los lazos de inducción pueden realizarse de forma permanente, mediante serrado del pavimento en una profundidad de 30-40 mm, permitiendo que dicha instalación puede ser reutilizada en una evaluación posterior, o bien simplemente adheridos mediante kits de sujeción (cuya duración puede llegar a varias semanas).

**Transductor de señales.** Las señales de los lazos entran directamente al clasificador, pero las del sensor

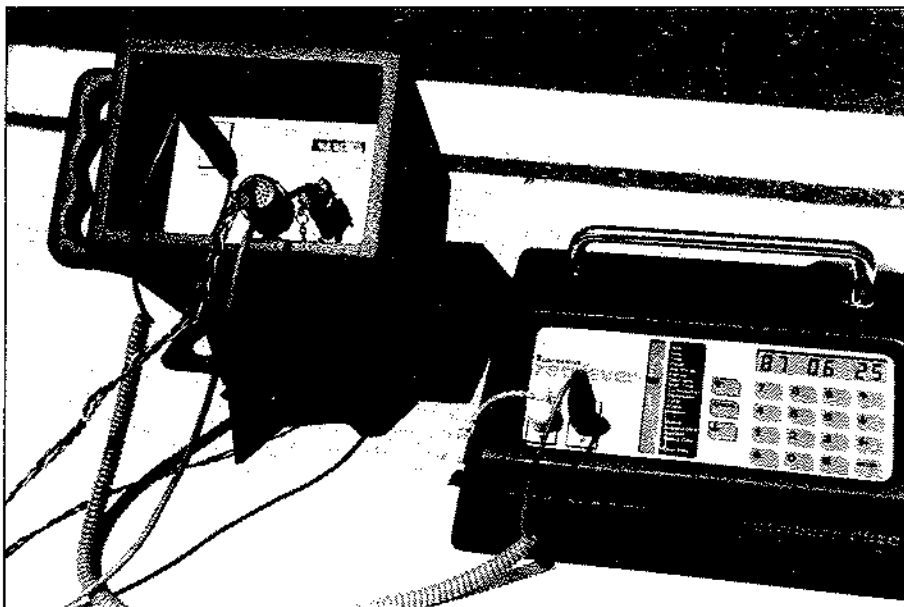


FOTO 2.

de peso, han de hacerlo a través de un cable cuya conexión al sensor es parte de un circuito oscilador. Este cable oscilador utiliza al sensor de peso como capacidad variable dentro de su circuito.

**Contador/clasificador.** Constituye el cerebro del sistema; las señales transmitidas por los sensores son recogidas, analizadas (convertidas) y registradas en la memoria del clasificador, en la forma que el modo de actuación (elegido e introducido por el operador) interno le indica.

Los datos pueden ser volcados directamente a una impresora para dar un registro permanente de cada vehículo, transmitidos por vía modem a un ordenador, o recogidos a través de otro elemento del sistema denominado recuperador o recogedor.

**Recogedor.** Es un elemento portátil que manejado por el operador, a través de un teclado y pantalla, sirve para inicializar y verificar el funcionamiento del clasificador y de los demás componentes del sistema. También se utiliza para recoger los datos almacenados en la memoria del clasificador y transmitirlos a un ordenador portátil.

### 3.2. DATOS RECOGIDOS POR EL SISTEMA

El equipo recoge y graba automáticamente los siguientes datos de cada vehículo que incide sobre él:

- Número de orden, respecto al instante en que se ha inicializado el sistema.
- Fecha (día, mes y año).
- Hora de paso en tiempo real (hora, minuto, segundo y décima).
- Velocidad en km/h.
- Tipo de vehículo de acuerdo a un sistema de clasificación dado.
- Peso total del vehículo en kilogramos.

- Peso de cada eje del vehículo en kilogramos.
- Longitud total del vehículo en metros.
- Distancia entre cada dos ejes consecutivos en metros.

Independientemente de los datos anteriores, recogidos de forma automática por el equipo, se realiza una muestra de 6 a 8 horas de duración durante las cuales un equipo humano, mediante inspección visual, toma y anota los siguientes datos de los vehículos pesados:

- Hora de paso (para identificar el vehículo).
- Matrícula del vehículo (o al menos su inicial).
- Marca del vehículo.
- Tipo de los ejes del vehículo (anotando si llevan rueda sencilla o gemela).
- Tara y peso máximo autorizado (mediante lectura de la tablilla correspondiente).
- Anotación si el vehículo lleva algún eje levantado.

El gráfico 1 esquematiza el proceso seguido por la información registrada por el sistema y cuya descripción figura en la tabla 2.

### 3.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA BDP

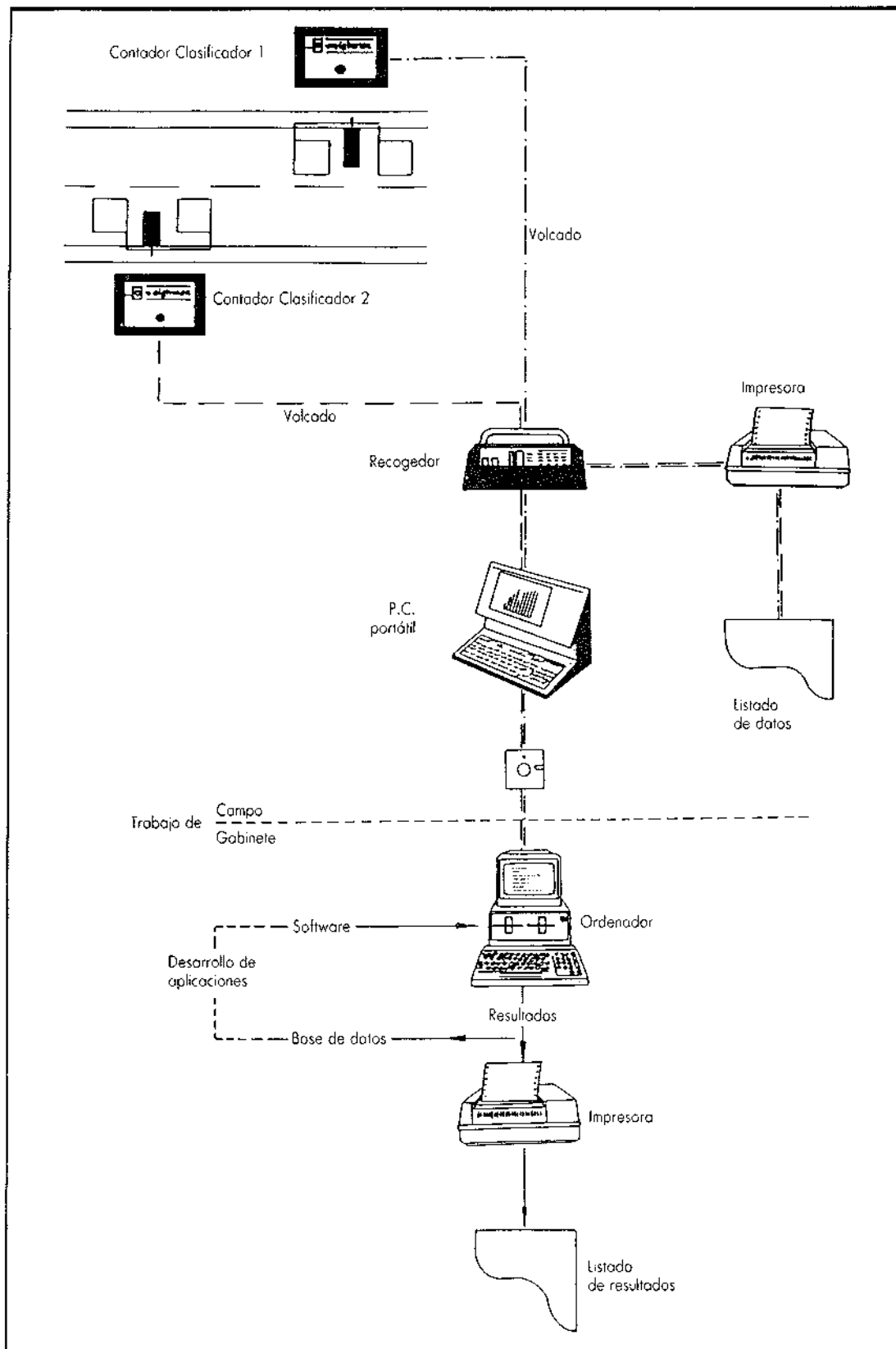
A modo de resumen se reflejan a continuación las ventajas y los inconvenientes de este sistema de pesaje:

#### Ventajas

- Portátil.
- Fácil y rápido montaje y desmontaje.
- No se detecta o evita por el tráfico.
- No requiere atención permanente.
- Diseño moderno y robusto.
- No deteriora el pavimento.



FOTO 3.



**GRAFICO 1.**  
Proceso  
informático  
en el sistema  
BDP.

# CARRETERAS Y AEROPUERTOS

| a: Configuración<br>b: Número de archivo<br>c: Lugar de emplazamiento<br>d: Intervalo<br>e: Voltaje de la batería                                             |                    |            |     |    |   |       |         |                 |       | f: Clave del tipo de unidades<br>g: Factor de calibración del sensor<br>h: Factor de temperatura<br>i: Clave interna                                                        |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|-----|----|---|-------|---------|-----------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|
| a b c d e f g h i<br>*BEGIN 47 01 11004241 I 6.4 I 0244 037 0                                                                                                 |                    |            |     |    |   |       |         |                 |       |                                                                                                                                                                             |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| *SEQ<br>*AXLE                                                                                                                                                 | DATE<br>SEPARATION | TIME       | SPD | CL | C | LENG  | VEH. TY | TOT<br>TOTAL    | AXLE1 | AXLE2<br>1-2                                                                                                                                                                | AXLE3<br>2-3   | AXLE4<br>3-4   | AXLE5<br>4-5   | AXLE6<br>5-6 | AXLE7<br>6-7 | AXLE8<br>7-8 | AXLE9<br>8-9 | AXLE10<br>9-10 | AXLE11<br>10-11 |
| 01061<br>01061                                                                                                                                                | 87/11/25           | 19:30:11.2 | 069 | 01 | D | 00487 |         | 001771<br>00250 | 00996 | 00775<br>00250                                                                                                                                                              |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| 01062<br>01062                                                                                                                                                | 87/11/25           | 19:30:16.0 | 078 | 12 | D | 01054 |         | 011178<br>00512 | 03210 | 07969<br>00512                                                                                                                                                              |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| 01063<br>01063                                                                                                                                                | 87/11/25           | 19:30:17.6 | 073 | 12 | D | 01230 |         | 023353<br>00568 | 07747 | 15605<br>00568                                                                                                                                                              |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| 01064<br>01064                                                                                                                                                | 87/11/25           | 19:30:25.9 | 078 | 09 | D | 01648 |         | 023463<br>01206 | 07637 | 08301<br>00359                                                                                                                                                              | 01992<br>00598 | 02214<br>00129 | 03320<br>00120 |              |              |              |              |                |                 |
| 01065<br>01065                                                                                                                                                | 87/11/25           | 19:30:49.0 | 071 | 03 | D | 01055 |         | 015163<br>00636 | 05091 | 07194<br>00467                                                                                                                                                              | 02878<br>00169 |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| 01066<br>01066                                                                                                                                                | 87/11/25           | 19:30:51.7 | 071 | 08 | D | 01292 |         | 030436<br>00923 | 07083 | 10293<br>00332                                                                                                                                                              | 07637<br>00457 | 05423<br>00134 |                |              |              |              |              |                |                 |
| j k l m n o p q r<br>01067 87/11/25 19:30:55.2 077 08 D 01252 034642 07415 10957 07194 09075<br>01067 00919 00332 00461 00126                                 |                    |            |     |    |   |       |         |                 |       |                                                                                                                                                                             |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| s t u v<br>01068 87/11/25 19:31:15.1 062 02 D 00507 001992 00996 00996 00275 00275<br>01069 87/11/25 19:31:23.0 073 12 D 01009 033092 10514 22578 00515 00515 |                    |            |     |    |   |       |         |                 |       |                                                                                                                                                                             |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |
| j: Número del vehículo<br>k: Fecha<br>l: Hora de paso<br>m: Clasificación del vehículo                                                                        |                    |            |     |    |   |       |         |                 |       | n: Longitud total en cm<br>o: Peso total en kg<br>p-q-r: Peso de cada eje en kg<br>s: Distancia entre ejes extremos en cm<br>t-u-v: Distancia entre ejes consecutivos en cm |                |                |                |              |              |              |              |                |                 |

**TABLA 2.** Descripción de los datos registrados por el sistema BDP.

- Preparada para el tratamiento informático de los datos.
- Proporciona información muy completa sobre los vehículos.

## Inconvenientes y/o limitaciones

- Requiere determinadas condiciones de implantación.
- Menor precisión que los sistemas estáticos.
- Riesgo de vandalismo.
- Mantenimiento especializado.
- Alto costo inicial.
- Requiere personal cualificado.
- No adecuado para zonas con retenciones de tráfico.

## 4. ESTUDIOS REALIZADOS

### 4.1. CAMPAÑAS DE PESAJE EN LAS CARRETERAS DE LA RED DE INTERES GENERAL DEL ESTADO

Desde hace unos años se vienen realizando campañas de aforos de tráfico pesado en diversos puntos de la red de carreteras del Estado. En el mapa adjunto se puede ver la ubicación de las estaciones durante los años 1987 a 1989.

El plan de trabajo llevado a cabo está basado en la realización de 20 estaciones al año.

Este número de estaciones ha sido dimensionado en función de los recursos económicos asignados y en función asimismo del equipamiento técnico disponible.

# REGENERACION DE PLAYAS

## BEACHES REGENERATION



REGENERACION DE  
LA PLAYA DE EL PALO  
(Málaga)

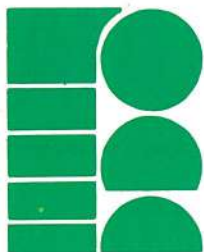
REGENERATION  
OF THE PALO BEACH  
(Málaga)

REGENERACION DE  
LA PLAYA DE ALMAZORA  
(Castellón)

REGENERATION  
OF ALMAZORA BEACH  
(Castellón)



**DRAGADOS**  
Y CONSTRUCCIONES, S.A.



# SAINCO TRAFICO

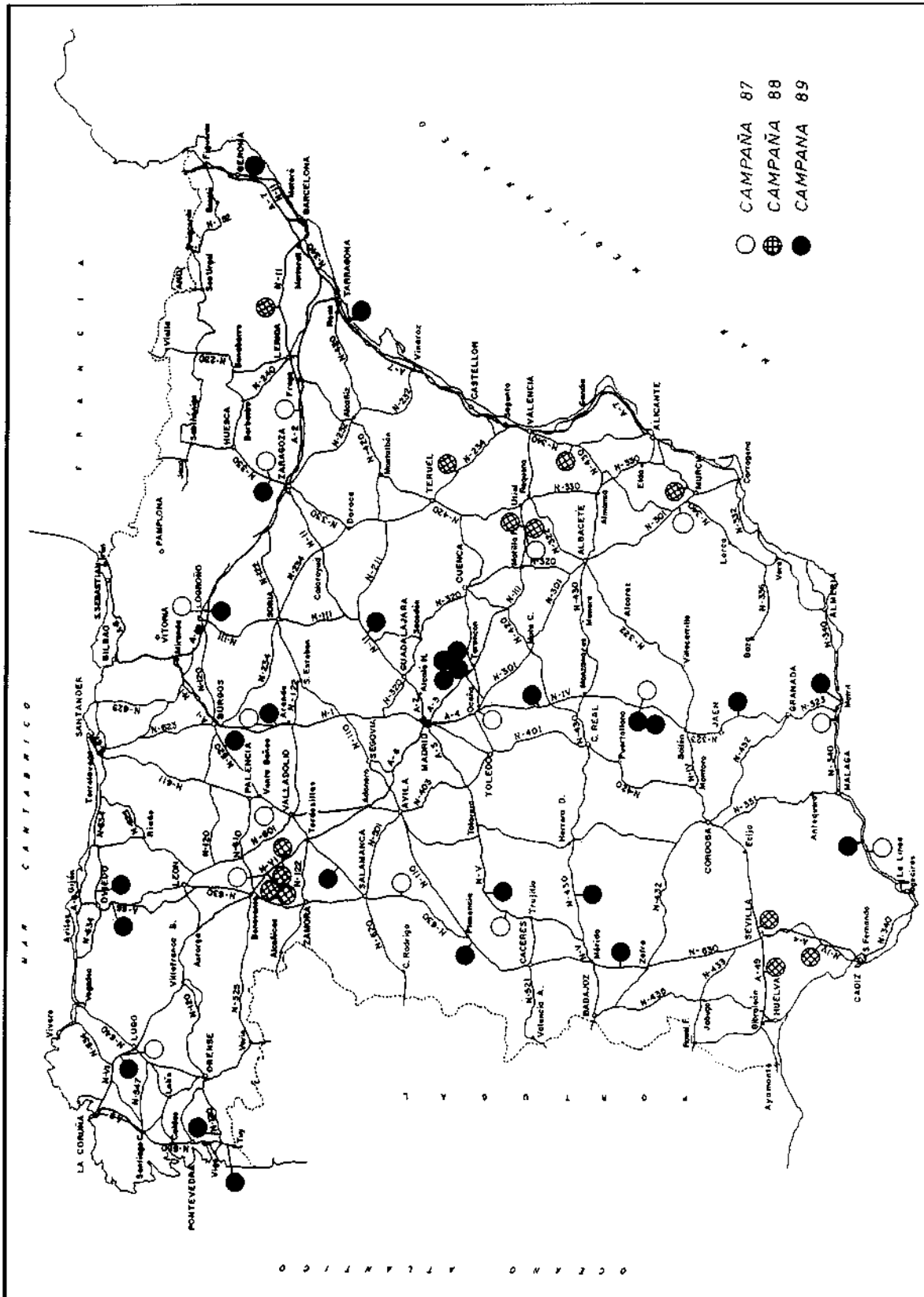


- ▶ Instalaciones de señalización.
- ▶ Ingeniería de tráfico.
- ▶ Productos (aforadores-clasificadores).
- ▶ Estaciones meteorológicas y ambientales.
- ▶ Equipos de pesaje dinámico.



- ▶ Centros de control de tráfico.
- ▶ Sistemas de información.
- ▶ Instalaciones de alumbrado.
- ▶ Mobiliario urbano.
- ▶ Ayudas a transporte.

OFICINA CENTRAL:  
Santiago Rusiñol, 12  
Teléfono: (91) 253 66 00  
28040 Madrid



UBICACION DE LAS ESTACIONES DE PESAJE. Red de interés general del Estado (RIGE).

Es un número pequeño, pero razonable para obtener una primera perspectiva y análisis del tráfico pesado en dicha red.

La ubicación de las estaciones se ha establecido atendiendo a los siguientes criterios:

- Conocer las características en las principales carreteras nacionales y rutas o itinerarios de tráfico pesado de carácter nacional e internacional.
  - Carreteras Nacionales N-I a N-VI.
  - Carretera Nacional N-620. Ruta de los Portugueses.
  - Carretera Nacional N-340. Ruta del Mediterráneo.
  - Carretera Nacional N-232. Ruta del Ebro.
  - Carretera Nacional N-630. Ruta de la Plata.
  - Carretera Nacional N-634. Ruta del Cantábrico.
- Repartir las estaciones de aforo por todas las Demarcaciones de Carreteras en que administrativamente se divide la Península.
- Repetir alguna de las estaciones, con el fin de obtener informaciones homogéneas en el espacio y variables en el tiempo para estimar:

- Variaciones anuales.
- Variaciones estacionales.
- Variaciones mensuales.
- Variaciones semanales.

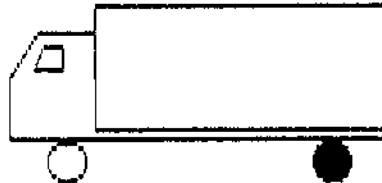
La duración de cada aforo se decidió fuera de 24 horas consecutivas, salvo en los estudios semanales en los que el sistema está funcionando 120 horas (los 5 días laborables de una semana).

Se decidió asimismo realizar los aforos en tramos de carreteras de dos carriles, implantando simultáneamente una báscula en cada carril, para valorar las diferencias de tráfico en uno y otro sentido.

Como objetivos fundamentales de las campañas se establecieron en su día los siguientes:

- Determinación del factor de equivalencia (FE) de vehículo pesado en ejes equivalentes de 13 t.
- Determinación de las características del vehículo pesado medio español (VPM).
- Determinación de la velocidad media del tráfico pesado.
- Obtención de la silueta del tráfico pesado.
- Estimación de sobrecargas.

Tipo 1212000



Número de vehículos: 1.588

Porcentaje sobre total: 30,3 %

|               | Eje 1 | Eje 2 |
|---------------|-------|-------|
| Peso medio    | 4,2   | 7,3   |
| Sobrecargados | 0     | 151   |

Peso medio del vehículo: 11,5

Veh. sobrecar. (peso total/PMA): 266

Porcent. sobre tipo: 16,8 %

|                        | $\alpha = 4,00$ | $\alpha = 8,00$ |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| Factor de equivalencia | 0,36            | 0,55            |

GRAFICO 2.

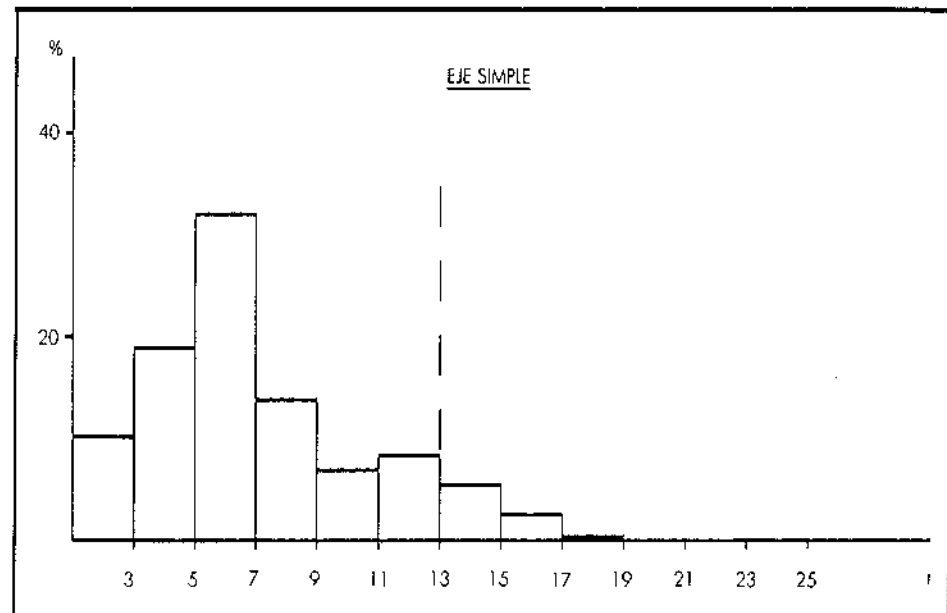


GRAFICO 3. Distribución de ejes por intervalos de carga.

Los gráficos 2, 3 y 4 muestran algunos resultados del análisis informático llevado a cabo con los datos disponibles.

Por su parte la tabla 3 refleja la evolución de las características del tráfico pesado en los tres últimos años.

#### 4.2. OTROS TRABAJOS Y COLABORACIONES

**4.2.1. Cargas de tráfico en puentes.** La información recogida por el sistema BDP en estos últimos años ha permitido a los representantes españoles en el grupo de trabajo n.º 2 del Eurocode 9-12 la respuesta del cuestionario «TRAFFIC DATA OF THE EUROPEAN COUNTRIES».

Este grupo de trabajo tiene entre sus finalidades el establecimiento de un modelo de simulación simplificado de cargas en puentes que pueda ser válido para los distintos países miembros.

Como primer paso en su realización se decidió la elaboración de un cuestionario con el fin de obtener una visión inicial de las características del tráfico en las carreteras de los diferentes países.

Los datos aportados en dicho cuestionario hacen referencia básicamente a:

- Flujo y composición del tráfico.
- Silueta de vehículos pesados.
- Longitud de los vehículos.
- Peso total.
- Separación entre ejes.
- Cargas por eje.
- Tipos de ejes.

Todo ello ha permitido la publicación de un primer documento de trabajo que refleja de forma comparativa

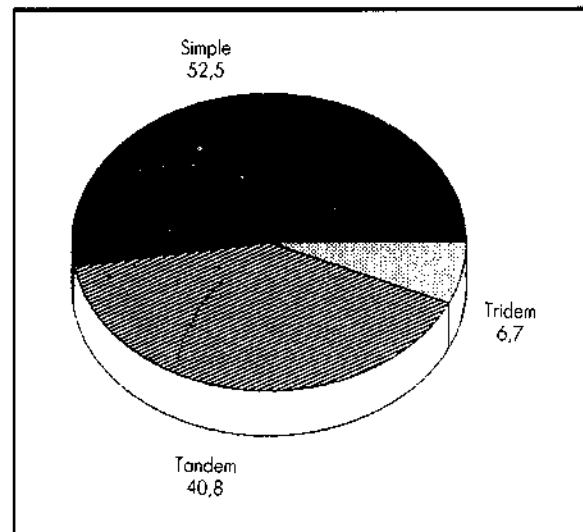


GRAFICO 4. Ejes de vehículos pesados. Distribución de ejes sobrecargados. (Datos de población.)

las características del tráfico en los distintos países miembros que respondieron al cuestionario. De dicho documento se han extraído los gráficos 5 y 6.

Este documento ha supuesto un primer paso, básico por otro lado, en el desarrollo del modelo simplificado de cargas para el diseño y análisis estructural de puentes de carretera.

**4.2.2. Estudio del tráfico de vehículos pesados en el Puerto de Barazar.** Como una aplicación especial de la utilización del sistema BDP, complementado con otros equipos (Traficomp III, Archer) y técnicas de análisis de tráfico, se está realizando un estudio para

# CARRETERAS Y AEROPUERTOS

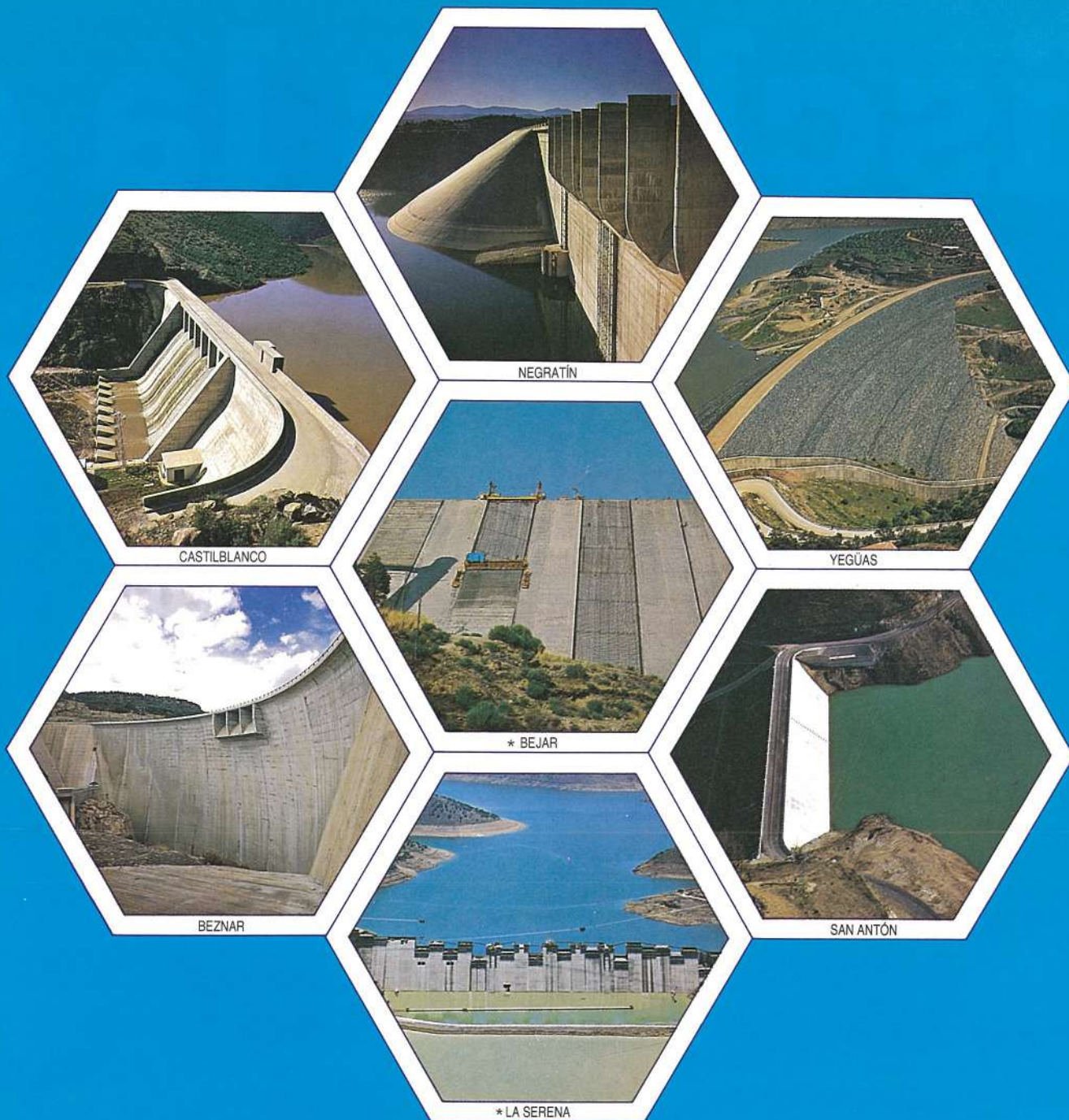
## 1. DATOS DE POBLACION

| EQUIPO | CARACTERISTICA                                            | UNIDAD | AÑO   |         |        |      |
|--------|-----------------------------------------------------------|--------|-------|---------|--------|------|
|        |                                                           |        | 1986  | 1987    | 1988   | 1989 |
| T-III  | IMD                                                       | —      | 7.844 | —       | 9.451  | —    |
|        | IMD de vehículos pesados                                  | —      | 2.495 | —       | 3.200  | —    |
|        | IMD de vehículos pesados                                  | %      | 31,8  | —       | 34     | —    |
|        | VEHICULOS PESADOS AFORADOS EN EL TOTAL DE ESTACIONES      | —      | —     | 42.866  | 31.586 | —    |
|        | Vehículos pesados sobrecargados                           | %      | —     | 24,7    | 24,0   | —    |
|        | Peso del vehículo medio                                   | kN     | —     | 212     | 227    | —    |
|        | Longitud del vehículo medio                               | m      | —     | 11,7    | 12,4   | —    |
|        | Número de ejes individuales del vehículo medio            | —      | —     | 3,2     | 3,3    | —    |
|        | Número de ejes completos del vehículo medio               | —      | —     | 2,4     | 2,5    | —    |
|        | Velocidad del vehículo pesado medio                       | km/h   | —     | 77,1    | 77,0   | —    |
| BDP    | EJES COMPLETOS AFORADOS EN EL TOTAL DE ESTACIONES         | —      | —     | 104.077 | 78.341 | —    |
|        | Ejes simples                                              | %      | —     | 74,8    | 72,7   | —    |
|        | Ejes tándem                                               | %      | —     | 20,4    | 21,3   | —    |
|        | Ejes tridem                                               | %      | —     | 4,8     | 6,0    | —    |
|        | EJES COMPLETOS SOBRECARGADOS EN EL TOTAL DE ESTACIONES    | —      | —     | 13.917  | 9.587  | —    |
|        | Ejes simples                                              | %      | —     | 13,4    | 12,2   | —    |
|        | Ejes tándem                                               | %      | —     | 53,2    | 52,5   | —    |
|        | Ejes tridem                                               | %      | —     | 40,3    | 40,8   | —    |
|        | Ejes tridem                                               | %      | —     | 6,5     | 6,7    | —    |
|        | FACTOR DE EQUIVALENCIA EN EJES DE 130 kN ( $\alpha = 4$ ) | —      | 0,89  | 0,76    | 0,73   | —    |
|        | FACTOR DE EQUIVALENCIA EN EJES DE 130 kN ( $\alpha = 8$ ) | —      | 1,19  | 1,19    | 0,97   | —    |
|        |                                                           |        |       |         |        |      |
|        |                                                           |        |       |         |        |      |
|        |                                                           |        |       |         |        |      |
|        |                                                           |        |       |         |        |      |
|        |                                                           |        |       |         |        |      |

## 2. DATOS DE MUESTRA

| EQUIPO | CARACTERISTICA                                            | UNIDAD | AÑO    |        |        |      |
|--------|-----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|
|        |                                                           |        | 1986   | 1987   | 1988   | 1989 |
| BDP    | VEHICULOS PESADOS MUESTREADOS EN EL TOTAL DE ESTACIONES   | —      | 8.183  | 5.328  | 5.244  | —    |
|        |                                                           | %      | —      | 12,4   | 16,6   | —    |
|        | VEHICULOS PESADOS SOBRECARGADOS                           | —      | 2.095  | 1.632  | 1.251  | —    |
|        |                                                           | %      | 25,6   | 30,6   | 23,9   | —    |
|        | Peso del vehículo medio                                   | kN     | 235    | 237    | 230    | —    |
|        | Longitud del vehículo medio                               | m      | —      | 12,1   | 12,4   | —    |
|        | Número de ejes individuales del vehículo medio            | —      | 3,3    | 3,4    | 3,4    | —    |
|        | Número de ejes completos del vehículo medio               | —      | 2,4    | 2,4    | 2,4    | —    |
|        | Velocidad del vehículo pesado medio                       | km/h   | —      | 75,0   | 76,6   | —    |
|        | DISTRIBUCION DE CLASES DE VEHICULOS                       |        |        |        |        |      |
|        | Clase 1: Camión                                           | %      | 62,2   | 61,4   | 57,0   | —    |
|        | Clase 2: Semirremolque                                    | %      | 36,6   | 38,2   | 42,4   | —    |
|        | Clase 3: Camión + Remolque                                | %      | 1,2    | 0,4    | 0,6    | —    |
|        | Clase 4: Semirremolque + Remolque                         | %      | 0,0    | 0,0    | 0,0    | —    |
|        | VEHICULOS MAS FRECUENTES EN LA MUESTRA                    |        |        |        |        |      |
|        | Camión de dos ejes (S-G)                                  | %      | 32,8   | 31,4   | 30,3   | —    |
|        | Semirremolque de cuatro ejes (S-G-TG)                     | %      | 28,3   | 26,5   | 26,0   | —    |
|        | EJES COMPLETOS AFORADOS EN EL TOTAL DE ESTACIONES         | —      | 19.510 | 12.727 | 12.772 | —    |
|        | Ejes simples                                              | %      | 65     | 64     | 65     | —    |
|        | Ejes tándem                                               | %      | 32     | 31     | 28     | —    |
|        | Ejes tridem                                               | %      | 3      | 5      | 7      | —    |
|        | EJES COMPLETOS SOBRECARGADOS EN EL TOTAL DE ESTACIONES    | —      | 2.018  | 1.914  | 1.480  | —    |
|        | Ejes simples                                              | %      | 10,3   | 15,0   | 11,6   | —    |
|        | Ejes tándem                                               | %      | 36,9   | 64,0   | 65,3   | —    |
|        | Ejes tridem                                               | %      | 61,3   | 31,5   | 28,1   | —    |
|        | Ejes tridem                                               | %      | 1,8    | 4,6    | 6,6    | —    |
|        | FACTOR DE EQUIVALENCIA EN EJES DE 130 kN ( $\alpha = 4$ ) | —      | 0,78   | 0,81   | 0,66   | —    |
|        | FACTOR DE EQUIVALENCIA EN EJES DE 130 kN ( $\alpha = 8$ ) | —      | 1,10   | 1,30   | 0,77   | —    |

**TABLA 3.** Características medias del tráfico pesado y su evolución, obtenidas del total de estaciones aforadas anualmente con BDP y T-III.



# OCISA

OBRAS Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES, S.A.

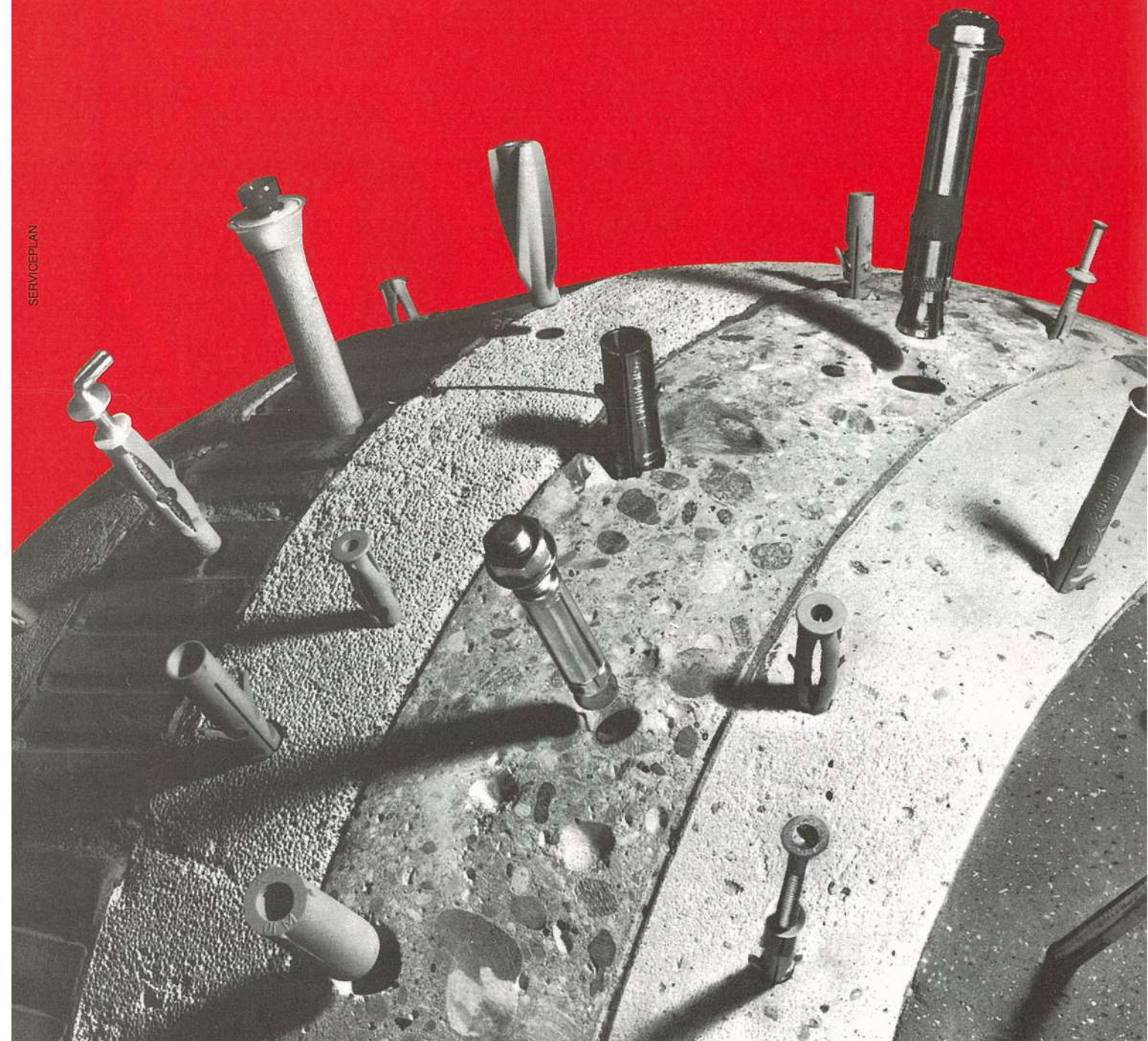
\* AGRUPACION

## CONSTRUCCION Y SERVICIOS

Oficinas Centrales: Princesa, n.º 3 - 28008 Madrid - Télex 42211 - OBYC-E - Tel. (91) 542 40 00 - Fax (91) 248 83 92

# fischer: la e sin frontera

SERVICEPLAN



# xperiencia s.



Los elementos de fijación fischer sujetan seguro en todo el mundo. Porque desde hace ya mucho tiempo contactamos con el mundo entero y creamos sucursales internacionales. Actualmente suministramos nuestros productos a 120 países. Nuestros técnicos y asesores trabajan a lo largo y ancho del planeta con cualquier material conocido, lo que hace posible una intensiva transferencia de "know-how" y una gran flexibilidad técnica. Para adaptarse a las condiciones continuamente cambiantes. Para reaccionar con fiabilidad en otras condiciones climáticas y técnicas, con normas y formas de construir diferentes. Usted puede beneficiarse de esta experiencia siempre que lo desee, pues fischer es el emblema de la seguridad en todo el mundo.

**tacosfischer®**



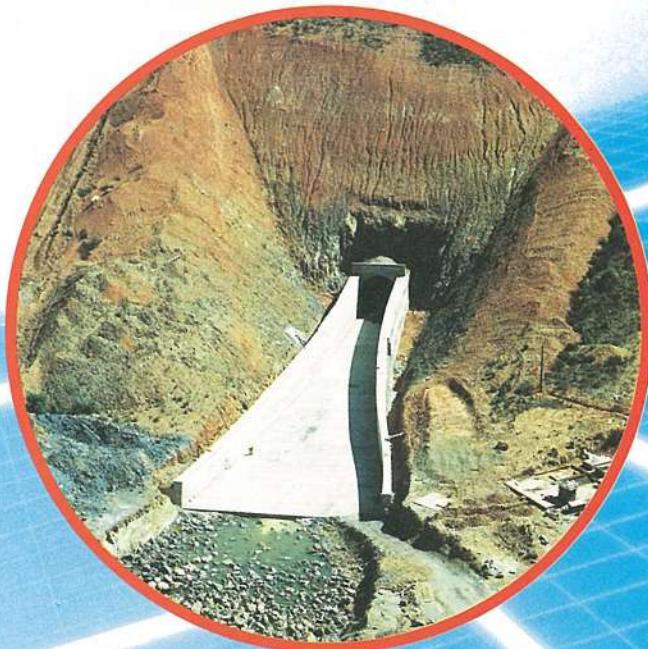
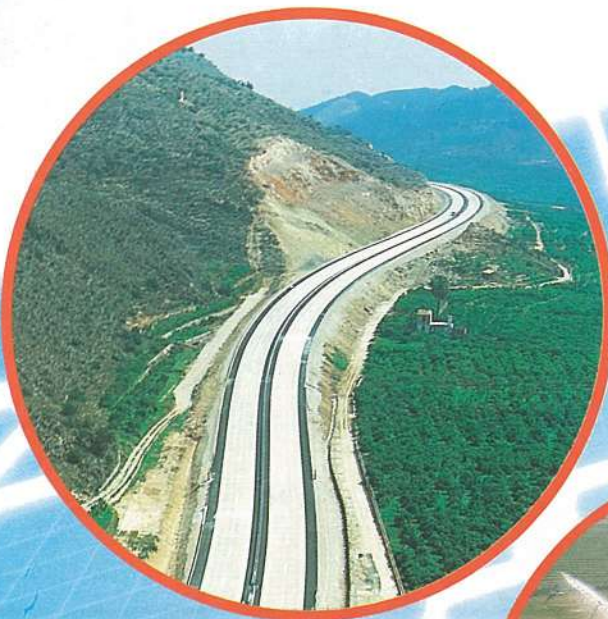
**Técnica de fijación made by fischer**

Solicite información más detallada o díganos cuál es su problema de fijación. fischer iberica S.A., Avenida de Roma 1 al 9, Apartado de Correos No. 9, Teléfono: 93-692 0416, Telefax: 93-691 1912, Télex: 50 961 fies e.

Nombre:

Dirección:

FEG



CENTRALES ELECTRICAS • AGRONOMIA • OBRAS HIDRAULICAS  
 • CARRETERAS • PUERTOS Y COSTAS • ARQUITECTURA Y URBANISMO •  
 GEOLOGIA Y GEOTECNIA • MEDIO AMBIENTE • PLANTAS INDUSTRIALES



# inypsa

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.

## INGENIEROS CONSULTORES

### MADRID

General Diaz Porlier, 49  
 Teléfono: (91) 402 45 92\*  
 Télex: 42496 inyp E  
 28001 MADRID

### BARCELONA

Gran Via de Carlos III, 124  
 Teléfono: (93) 205 08 62  
 Télex: 97809 inyp E  
 08034 BARCELONA

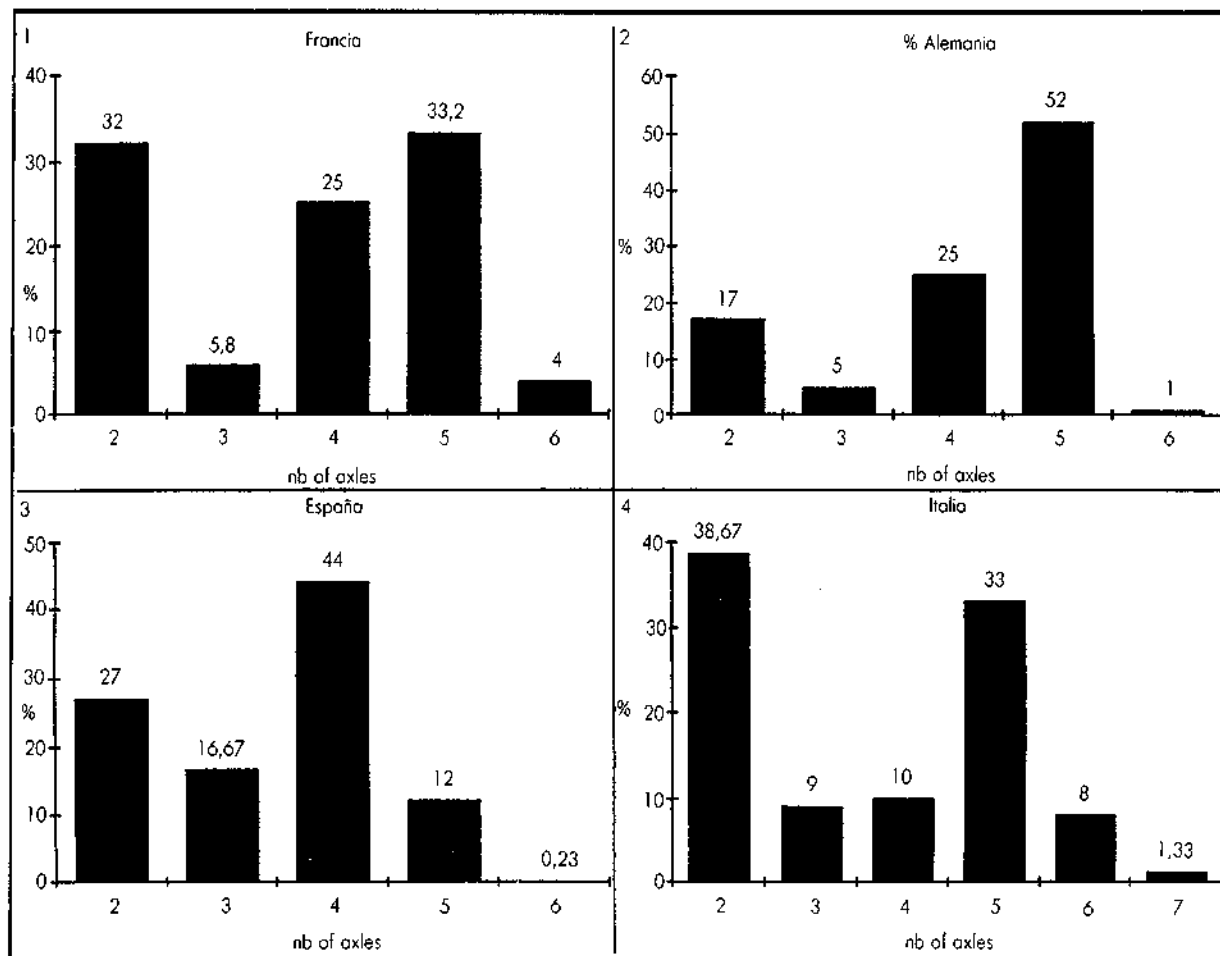


GRAFICO 5.

evaluar la eficacia de la ejecución de un carril para vehículos lentos en la rampa de subida al Puerto de Barazar situado en la carretera N-240 dependiente de la Exema. Diputación Foral de Vizcaya.

Se trata de comparar las condiciones del tráfico pesado entre el «antes» y el «después» de la construcción de dicho carril.

Una vez definido el tramo a analizar, los trabajos consisten en la toma de datos, durante una semana completa, con sistema de pesaje dinámico BDP y los equipos de aforo citados, así como del control del tiempo de recorrido entre el origen y el final de la subida.

Esto permite la obtención de parámetros representativos tales como:

- Distribución de tiempos de recorrido.
- Velocidades medias de recorrido.
- Pérdidas medias de velocidad.
- Velocidad media de vehículos pesados en coronación.
- Relación peso total de vehículos/tiempo de recorrido.

- Silueta de vehículos pesados.
- Características del vehículo pesado medio.
- Distribución de sobrecargas.
- Factor de equivalencia de vehículos pesados.

En la actualidad se ha realizado la primera fase del estudio («antes» de la mejora), quedando condicionado el desarrollo de la segunda fase a la ejecución del tercer carril.

## 5. CONCLUSIONES

Cualquier actuación o decisión sobre una carretera debe estar basada en el conocimiento y análisis del tráfico pesado que circula sobre ella.

En este artículo se ha pretendido dar a conocer a los lectores un resumen de la práctica española en la evaluación del tráfico pesado, mediante la técnica conocida con el nombre de pesaje dinámico de vehículos que permite, con un nivel de fiabilidad suficiente, determinar los parámetros más importantes del tráfico que condicionan la duración y la evolución del estado de los firmes y estructuras de las carreteras.

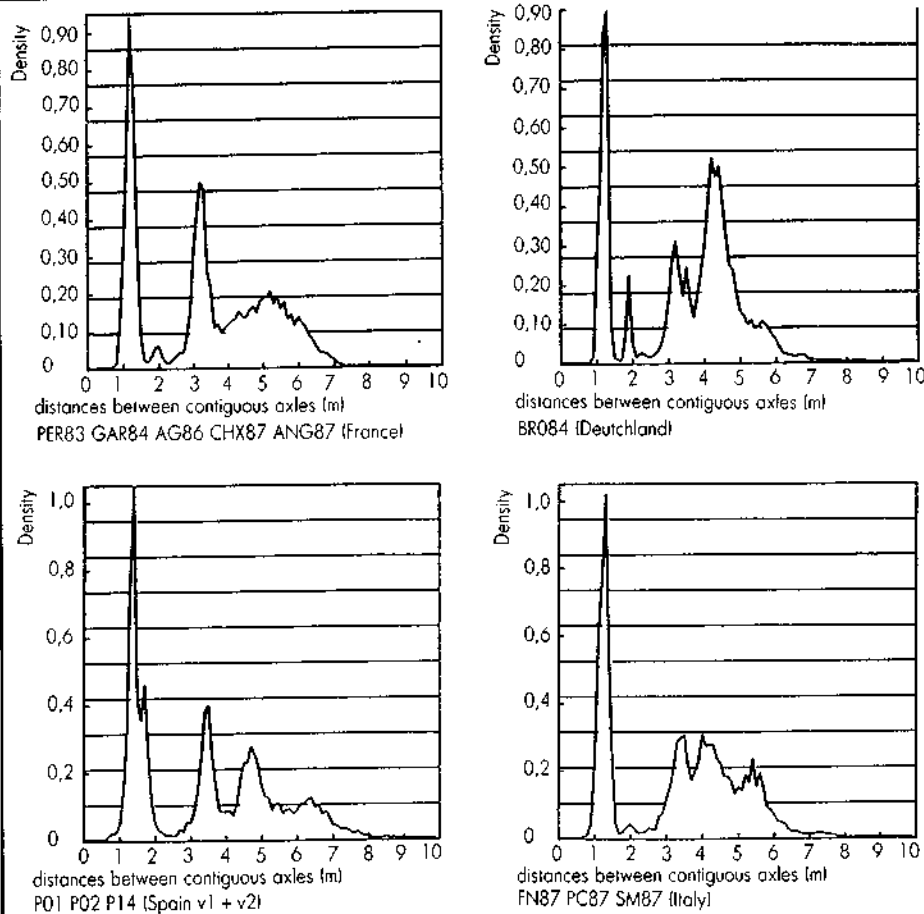


GRAFICO 6.

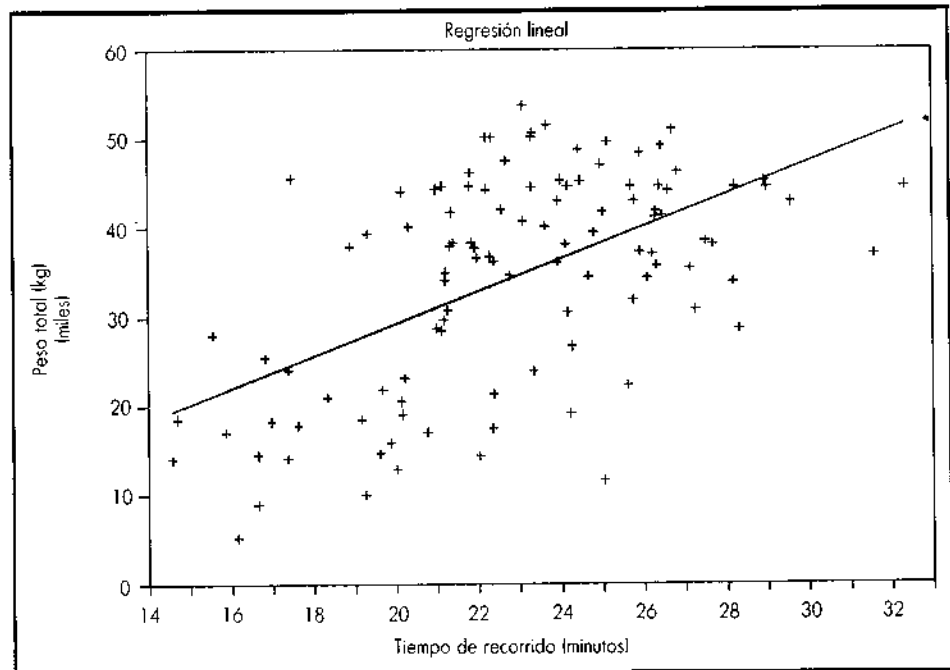


GRAFICO 7. Relación peso total/tiempo de recorrido.