

LA PISTA DE ENSAYO A ESCALA REAL DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE CARRETERAS

AURELIO RUIZ RUBIO
RECAREDO ROMERO AMICH
Centro de Estudios de Carreteras (CEDEX)

1. INTRODUCCION

El dimensionamiento del sistema multicapa que forma la infraestructura de las carreteras, desde el punto de vista conceptual, es bastante simple. El problema se resume en determinar los espesores de las capas, cuyos materiales han sido previamente definidos, de forma que el conjunto sea capaz de soportar el paso del tráfico durante la vida de proyecto en unas condiciones externas determinadas, entre las que destacan la calidad de la explanada y las condiciones climáticas locales.

Desde el punto de vista analítico, sin embargo, el problema no ha sido totalmente resuelto, predominando hoy en día los métodos basados en la experiencia sobre los teóricos.

Existen varias razones para esta situación; en primer lugar se debe citar una razón histórica: a partir de los años 20 se produce una aceleración en la construcción de carreteras para vehículos automóviles, siendo los mínimos constructivos de las diferentes capas suficientes para soportar el paso del tráfico, debido a la escasa magnitud de las cargas aplicadas. Esta situación, que se mantiene hasta los años 50, quitaba importancia a los estudios de dimensionamiento, acudiéndose a soluciones mínimas sin necesidad de mayores estudios. Además del escaso número de vehículos y sus limitadas velocidades, el bajo costo de la construcción y reparación de las carreteras de esos años hacían que las consecuencias de los fallos no tuviesen una gran importancia. Por consiguiente, el dimensionamiento de los firmes atraía menos la atención de los técnicos que otros tipos de estructuras, produciéndose un retraso respecto a otros campos de la ingeniería, y un "desprecio" histórico al problema del dimensionamiento estructural de las carreteras.

A partir de los años 40 comienzan a desarrollarse diversos métodos analíticos para el dimensionamiento de los firmes, y surge entonces un escollo difícil de salvar con las herramientas con que se contaba en esa época; la respuesta de los materiales utilizados ante las solicitaciones producidas por el tráfico es enormemente compleja y depende de la temperatura existente, la velocidad de aplicación de la carga, la magnitud de la misma, etc. Esta complejidad produce una gran dificultad para la determinación, de manera suficientemente fiable, de los parámetros de entrada en los modelos analíticos, y para encontrar unas ecuaciones matemáticas que representen con aceptable exactitud la respuesta de los firmes ante las distintas solicitaciones dinámicas del tráfico.

Un avance importante se produce al comienzo de los años 60 con la realización del primer ensayo a escala real y el análisis de sus resultados. Se trata del ensayo norteamericano AASHO, que permite obtener un método de dimensionamiento basado en el concepto del deterioro por fatiga, relacionando además los deterioros producidos por cargas de distinta magnitud. Estos resultados permitieron montar el esqueleto de los métodos de dimensionamiento actuales al facilitar el paso del estado estático al dinámico, y al permitir integrar las distintas cargas, sirviendo de tarado para los modelos analíticos existentes. Fue el aviso para el resto de los países de la gran utilidad de las pistas de ensayo. Los resultados del ensayo norteamericano, válidos conceptualmente, encontraron sin embargo fuertes dificultades al intentar su aplicación en otros países, debido a la importancia de las condiciones locales.

Esta situación, junto al enorme aumento que

se ha producido en los últimos 30 años en el volumen de tráfico, en el costo de construcción de las carreteras y en las inversiones necesarias para su conservación, ha empujado a la mayoría de los países industrializados a adoptar las Pistas de Ensayo como base para el desarrollo de sus métodos de dimensionamiento.

En el dimensionamiento de los firmes se tiende a elaborar un catálogo de firmes para situaciones estandarizadas, en los que las estructuras han sido perfectamente contrastadas en la secuencia: Dimensionamiento analítico-Ensayos de laboratorio-Pista de Ensayo-Tráfico real.

Baremo importante para tener una idea del volumen de inversiones afectadas por el método de dimensionamiento definido puede considerarse el de que cada kilómetro de carretera de nueva construcción tiene un coste que oscila entre 50 y 400 millones de pesetas, superando ampliamente los 100 millones en el programa de Autovías de la Red de Interés General del Estado. Teniendo en cuenta los 2300 Kms de Autovías que están contemplados dentro del Plan de Carreteras, la necesidad continua de rehabilitaciones para mantener el nivel de servicio de las carreteras existentes, y el gran volumen de obras a que tendrán que enfrentarse en los próximos años las Autonomías y Diputaciones para poder dar una respuesta adecuada a las demandas de tráfico, es evidente la enorme importancia que puede tener el dimensionamiento ajustado. Las Pistas de

Ensayo, donde se realizan estudios estructurales sobre firmes de carretera, tienen un importante papel que desarrollar en este terreno, y pueden y deben convertirse en una herramienta de investigación extremadamente útil.

2. TIPOLOGIA DE LAS PISTAS DE ENSAYO

Las instalaciones donde se realizan estudios relacionados con la carretera en forma de ensayos a escala real, y que reciben el nombre de Pistas de Ensayo, son de muy diferentes características y persiguen objetivos muy dispares. Puede ser útil, por tanto, como primera aproximación al estudio de las Pistas de Ensayo, realizar una clasificación de las mismas según los principales factores de diferenciación, como son el tipo de estudios que en ellas se realiza o finalidad, la forma en que se simula el tráfico y su configuración. En el esquema de la Figura 1 aparece la clasificación elaborada atendiendo a estos factores.

2.1. CLASIFICACION SEGUN LA FINALIDAD

Según el objeto o finalidad de los estudios que se realizan, las Pistas de Ensayo se pueden agrupar en las relacionadas con la funcionalidad de las vías, con los vehículos o con los elementos de seguridad, y las destinadas al estudio de la capacidad resistente de la infraestructura.

En el primer grupo se incluyen las pistas construidas para realizar estudios o trabajos muy

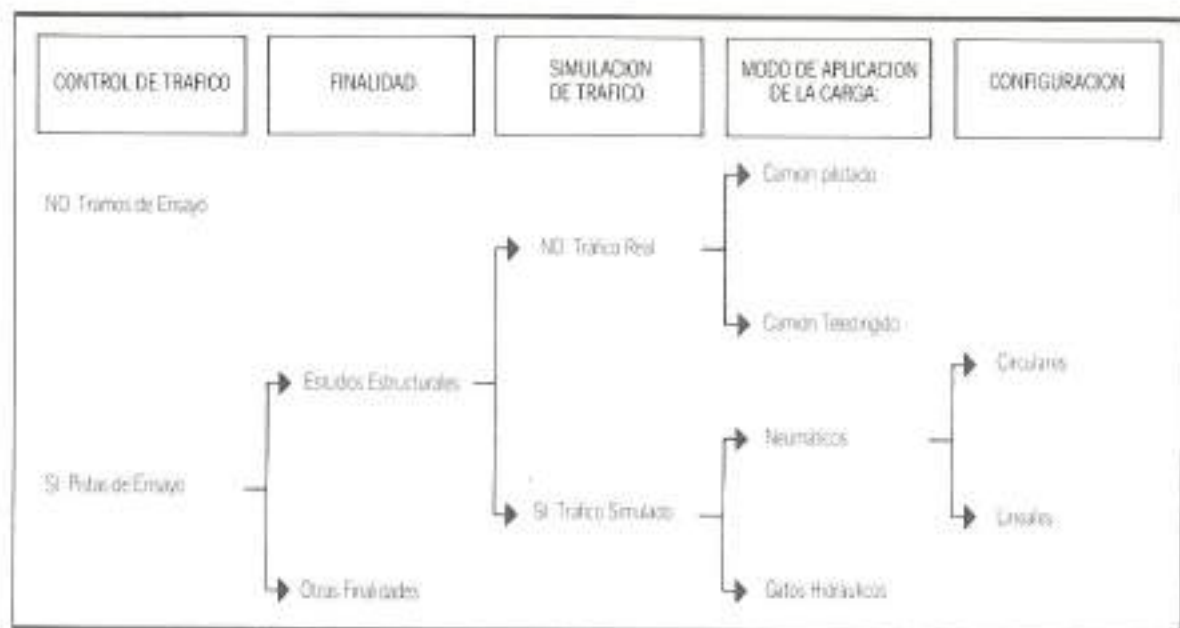


FIGURA 1: TIPOLOGIA DE LAS PISTAS DE ENSAYO

diversos, que abarcan desde las empleadas por los fabricantes para probar sus productos (automóviles, suspensiones, neumáticos), hasta las pistas para el ensayo de las barreras de seguridad, o las utilizadas para el estudio del comportamiento de los vehículos y ocupantes en caso de accidentes.

El segundo grupo está formado por las pistas en las que específicamente se estudia la respuesta de los firmes ante las sollicitaciones del tráfico y/o del medio ambiente, así como su evolución a lo largo del tiempo. La Pista de Ensayo a Escala Real del Centro de Estudios de Carreteras está claramente incluida en este grupo, que es el que la O.C.D.E. define como "constituído por aquellas

instalaciones destinadas al estudio de los problemas relacionados con el dimensionamiento estructural de los firmes de carretera".

En algún caso singular pistas diseñadas para uso de un fabricante de neumáticos se han utilizado para el estudio de la infraestructura, y análogamente en algunas pistas del segundo grupo se han llevado a cabo pruebas de funcionalidad, como estudios sobre la resistencia al deslizamiento, pero siempre como objetivo marginal a su verdadera finalidad, por lo que no cabe agrupar estos ejemplos como un tercer tipo intermedio o mixto de los dos citados.

Por otro lado, no hay que confundir las pistas

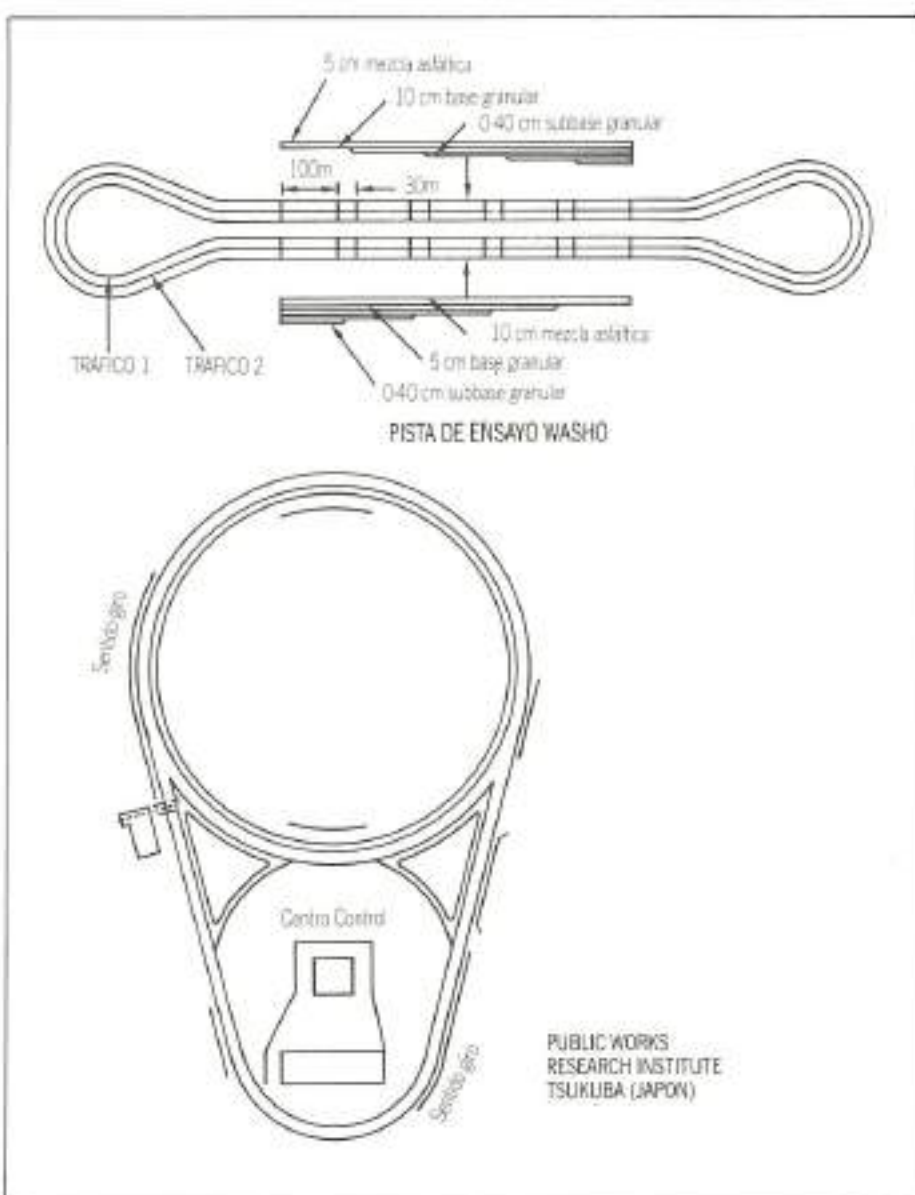


FIGURA 2: Pistas de ensayo con tráfico real.

de ensayo donde se realizan estudios estructurales con los denominados "tramos de ensayo". Los tramos de ensayo son tramos de carretera en servicio, instrumentados o no, en los que se realiza un estudio de su comportamiento a lo largo del tiempo con el objeto de observar la respuesta del conjunto de las capas del firme, o de alguna de ellas en particular. La diferencia esencial con las pistas de ensayo cuya finalidad son los estudios estructurales, es que en éstas existe un control total sobre las cargas aplicadas, y que la aplicación de dichas cargas se acelera para poder obtener conclusiones en mucho menos tiempo.

2.2. CLASIFICACION SEGUN LA SIMULACION DE TRAFICO

Según la forma de aplicación de las cargas producidas por el tráfico, existen dos tipos de Pistas de Ensayo: aquellas en las que las cargas se aplican mediante tráfico real de vehículos, y las que realizan una simulación del tráfico.

2.2.1 Tráfico real. Los ensayos con tráfico real se llevan a cabo en circuitos especiales, en los que se construyen las distintas secciones a ensayar, y las solicitaciones se aplican mediante el paso de vehículos sobre los que existe control de carga y velocidad. Estos vehículos van en general pilotados, aunque existen experiencias en la teledirección. Dentro de este grupo se encuadran los célebres ensayos WASHO Y AASHO de Estados Unidos (Figura 2).

Tienen la incuestionable ventaja de reproducir de forma mimética, a escala real, la morfología de los firmes y las cargas aplicadas sobre ellos. Sin embargo, en contra cabe aducir el elevado coste debido al gran número de vehículos que utilizan, la fuerte carga psicológica que se ejerce sobre los conductores en el caso de que vayan pilotados y, sobre todo, la dificultad de controlar la distribución del paso de las ruedas de los vehículos en la sección transversal así como la velocidad.

Las instalaciones más destacadas en la actualidad son:

A. Pennsylvania State University (U.S.A.)

Se trata de una pista oval formada por dos tramos rectos de 400 m unidos por secciones curvas de radios 100 y 170 m respectivamente. Las secciones de ensayo son de longitud igual o superior a 50 m. Para la carga utilizan camiones que arrastran uno o varios remolques.

El rendimiento medio obtenido hasta la fecha es de un millón de ejes de 80 KN por año.

B. Instituto de Estudios de Obras Públicas (PWRI-Japón)

Situada en la ciudad de Tsukuba (Japón), posee una concepción análoga a la anterior. Tiene forma oval, con una longitud total de 870 m. Los tramos de ensayo son como mínimo de 15 m. (Figura 2).

La principal característica de esta pista dentro del grupo de las de tráfico real es que la carga se realiza mediante camiones teledirigidos, con la ventaja frente a las demás de poder controlar la distribución transversal de la trayectoria de los vehículos.

La frecuencia de carga es relativamente baja, entre 1.000 y 1.500 vehículos por día. La carga de los vehículos es variable, alcanzando un máximo de 200 KN por eje.

C. Nardo (Italia)

Aprovechando una pista de ensayo circular de vehículos de alta velocidad, de 2 Km de radio, perteneciente a la industria del automóvil, se ha acondicionado un tramo para el ensayo de firmes. Este tramo es rectilíneo, con una longitud de 800 m, dedicada al ensayo, aunque los vehículos han de recorrer una longitud mucho mayor dentro del circuito para acceder al tramo.

Al igual que en los casos anteriores las cargas son aplicadas por vehículos convencionales, que arrastran remolques o semirremolques.

En esta pista se desarrolló, en el año 1984, el primer programa de ensayos en común, bajo la dirección de un grupo de trabajo de la O.C.D.E., con la participación directa de ocho países (Alemania, Australia, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Italia y Suiza). El objetivo principal del estudio fue comparar las medidas realizadas con distintas técnicas e instrumentos, a igualdad de condiciones de ensayo (firme, carga, velocidad y temperatura.)

2.2.2 Tráfico simulado. Parte de los inconvenientes citados anteriormente quedan paliados en las pistas de tráfico simulado, en las que la carga ya no es aplicada por vehículos en movimiento sino por elementos que los simulan. Estos elementos pueden ser dispositivos que ejercen sobre el firme cargas dinámicas o carretones sobre neumáticos puestos en movimiento por distintos sistemas.

Del primer tipo existen únicamente tres instalaciones. Dos de ellas se encuentran en la República Federal de Alemania, una en el Laboratorio Federal de Construcción de Carreteras (BAST) (Figura 3) y la otra en el laboratorio de la Universidad de Hannover. En la primera de estas instalaciones se utiliza como simulador un sistema de

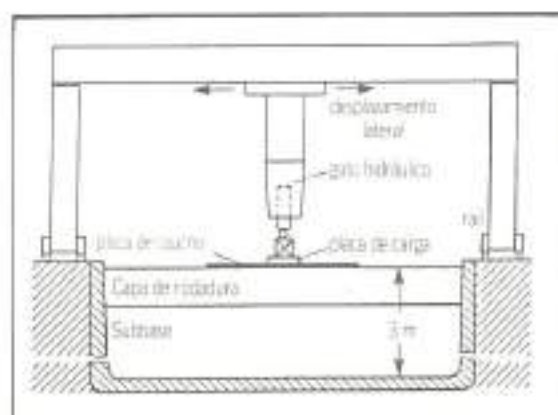


FIGURA 3: Pista de tráfico simulado, mediante cargas dinámicas.

gatos hidráulicos de carga dinámica, conectados a un dispositivo que los desplaza longitudinalmente, y en la segunda de las citadas una serie de cuatro gatos en línea que son accionados secuencialmente, buscando simular de esta forma el paso de una carga móvil. La tercera de estas pistas ha sido construida en Nueva Gales del Sur, Sidney (Australia), siendo su concepción muy parecida a la de la Universidad de Hannover.

Dentro del conjunto de pistas de ensayo, en el que se intenta simular lo más fielmente posible las condiciones de carga, este tipo de instalaciones presenta desventajas evidentes, como lo demuestra el escaso número de instalaciones existentes.

Entre las pistas de tráfico simulado en las que la carga se ejerce mediante carretones sobre neumáticos se pueden distinguir, atendiendo a su configuración, dos subtipos: pistas circulares y pistas lineales.

Pistas circulares. Las pistas circulares constituyen el tipo más numeroso en la actualidad, debido principalmente a la sencillez de su diseño. También son las de más antigua existencia, pues ya en 1912 existía una instalación en Teddington (Reino Unido).

Están constituidas por uno o varios brazos que en su extremo van dotados de un carretón apoyado sobre neumáticos, que aplica la carga y que recorre una trayectoria circular, unidos a un elemento fijo. Estos brazos se mueven generalmente con un sistema "carrusel" por la acción del eje motor central, eléctrico o hidráulico, o en las de mayor tamaño mediante motores eléctricos que accionan directamente las ruedas.

Los diámetros de las pistas existentes oscilan entre 4 y 40 metros. Las de dimensiones más pequeñas se sitúan generalmente en el interior de una nave para controlar las condiciones ambien-

tales, mientras que las instalaciones más grandes se construyen a cielo abierto, dada la complejidad y el elevado coste a que llevaría su cerramiento.

En la mayoría de estas pistas la carga es aplicada por medio de un semieje (simple o tandem, con ruedas sencillas o gemelas), si bien algunas utilizan ejes completos. Las cargas más usuales oscilan entre 40 y 80 kN, llegando las máximas en algún caso hasta los 100 kN en las ruedas gemelas o 150 kN sobre un eje completo, y son aplicadas bien por gravedad o bien por medio de un sistema hidráulico. La carga se desplaza transversalmente variando la longitud del brazo o cambiando el centro de rotación.

Las velocidades alcanzadas llegan hasta los 100 km/h en algún caso y se pueden obtener frecuencias máximas de carga superiores a las 5.000 pasadas por hora, aunque los valores más usuales oscilan entre 30-80 km/h y 2.000-3.000 pasadas/hora.

En el anillo de ensayo se construyen varias secciones, cuyo número depende del tamaño de la pista. La maquinaria utilizada en la construcción de las secciones de ensayo depende asimismo de la instalación: en aquellas de reducidas dimensiones en las que no pueden moverse las máquinas con facilidad, debe recurrirse a abundante mano de obra, y en las de grandes dimensiones pueden utilizarse equipos convencionales.

Las principales pistas de ensayo pertenecientes a este grupo junto con sus características más destacadas, se recogen en la TABLA 1, y un esquema de las más importantes aparece en las Figuras 4 y 5.

En resumen, las pistas circulares presentan las ventajas de su sencillez, alta velocidad y por tanto elevada frecuencia de ensayo, y posibilidad de evaluar conjuntamente un gran número de secciones. Por otro lado tienen los inconvenientes derivados de no simular la acción de los vehículos en tramos rectilíneos, por supuesto los más numerosos, en los que las sollicitaciones son completamente distintas a las que se producen en las curvas. Otro inconveniente importante de las pistas circulares de pequeño tamaño es la necesidad de construir el firme manualmente, con lo que la representatividad de las secciones ensayadas es cuando menos dudosa.

Pistas lineales. Las pistas lineales pueden dividirse a su vez en dos grupos: fijas y móviles, que se describen seguidamente.

A. Pistas lineales fijas. En las instalaciones de este tipo, que suelen estar bajo techo, el tren de cargas, montado sobre neumáticos, se desplaza en línea recta en un movimiento de vaivén, y es accio-

PAIS	ORGANISMO	AÑO CONSTRUCCION	DIAMETRO (m)	ANCHO PAVIMENTO (m)	ESPESOR TOTAL (m)	NÚMERO DE BRAZOS	DISPOSICION RUEDAS	CARGA (KN)	DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL (mm)	MÁXIMA FRECUENCIA (pasadas/hora)	MÁXIMA VELOCIDAD (km/h)	OBSERVACIONES
ALEMANIA	Institut für Straßenbau und Eisenbahnen	1928	20	3.0	0.1 0.7	4	simple gemela	22 + 17	± 400	2200	35	• al aire libre
CANADA	Dep. of Highways and Transportation Research Branch	1977	12	3.7	1.25	1	simple gemela	55	± 660	1000	35	• bajo techo • control temp. (-40 C/+50 C) • luz artificial • control parcial nivel freático
CHECOSLOVAQUIA	Institute for Construction	1962	32	6.0	1.5	2	eje completo y gemela	100 150	± 1500	1300	65	• al aire libre
EE.UU.	Washington State University	1964	25.4	2.5	0.5 1.0	3	gemela	45-90	± 1000	3300	88	—
FINLANDIA	Research Centre	1971	3.70	2.0	2.00	2	gemela	± 100	± 100	5200	30	• control temp. (-40 C/+40 C) • control nivel freático
FRANCIA	Laboratoire des Ponts et Chaussées (Nantes)	1977	35	5	—	4	gemela tandem	140	± 500	3600	100	—
MEXICO	Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México	1970	10	4.0	1.5	3	gemela	41-50	± 1000	3800	40	• bajo techo
NEW ZEALANDA	University of Canterbury	1970	19.7	1.3	0.3 0.4	2	gemela	13-40	± 650	6200	19	• al aire libre
POLONIA	Institute Badawczy Dróg i Mostow	1972	40	9.4	2.0	2	eje completo y gemela	80-120	± 600	1100	70	• al aire libre
REINO UNIDO	Transport and Road Research Laboratory	1936 1962	33.6	5.0	1.8	1	simple gemela	67	± 200	300	32	• control temp. superficial
SLAZA	Institut für Straßenbau	1978	32	2.5	2.0	1	gemela	50-80	± 400	2400	80	• control nivel freático

TABLA 1. Características de las pistas principales circulares

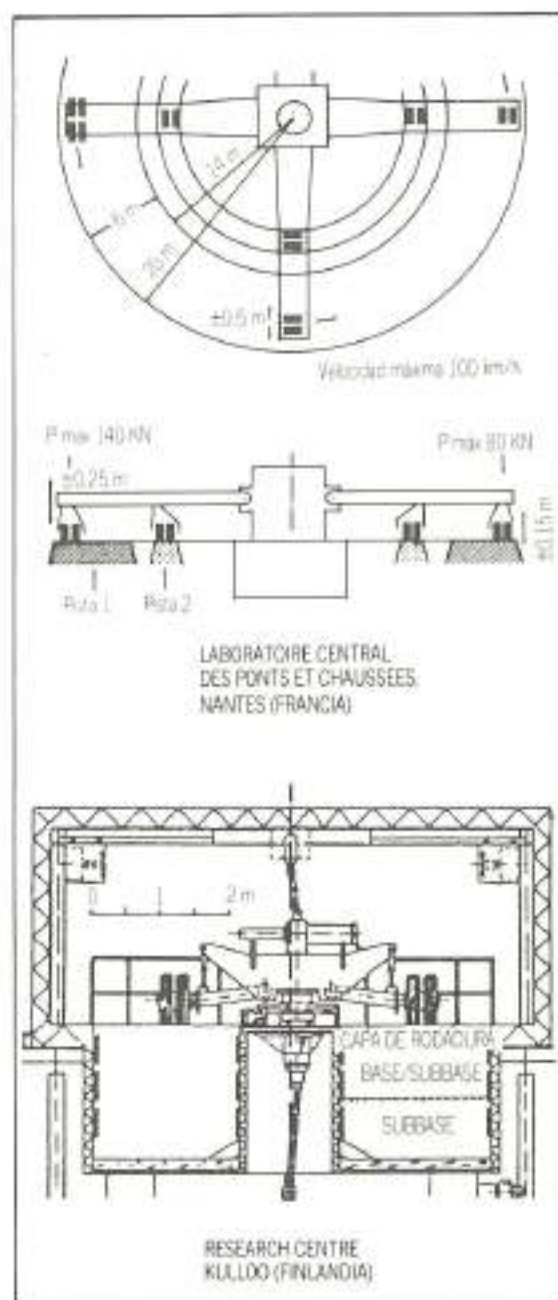


FIGURA 4: Pistas de ensayo circulares.

nado bien por medio de un motor eléctrico que las impulsa directamente, bien por medio de un sistema de cables o cadenas que arrastra la rueda. La configuración de la carga es variada, como en el caso de las circulares: semieje o eje completo, en ambos casos con todo el abanico de posibilidades (eje simple o tandem, rueda sencilla o gemela). La carga se aplica en ambos sentidos de la marcha. Poséen también la posibilidad de

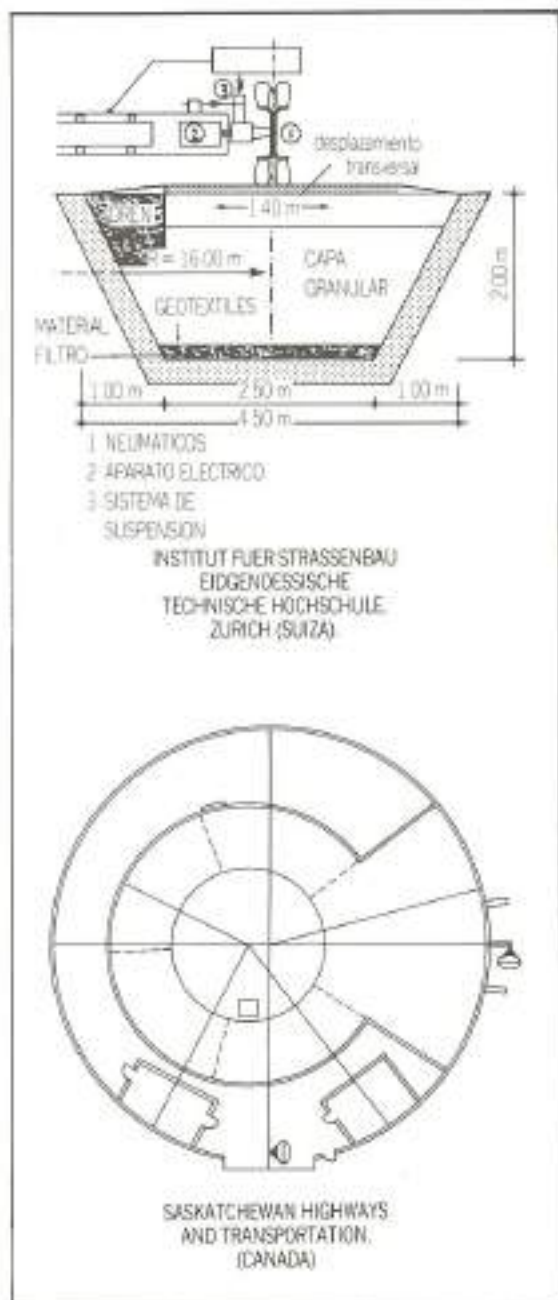


FIGURA 5: Pistas de ensayo circulares

variar, en sentido transversal, el recorrido de los neumáticos.

Mientras que las cargas aplicadas son similares a las utilizadas en las pistas circulares, no ocurre lo mismo con las velocidades, que son mucho más bajas, normalmente entre 20 y 30 Km/h ya que las velocidades altas aumentarían excesivamente los esfuerzos y distancias de frenado. Las frecuencias de carga varían entre 300 y 1.800 pasadas por

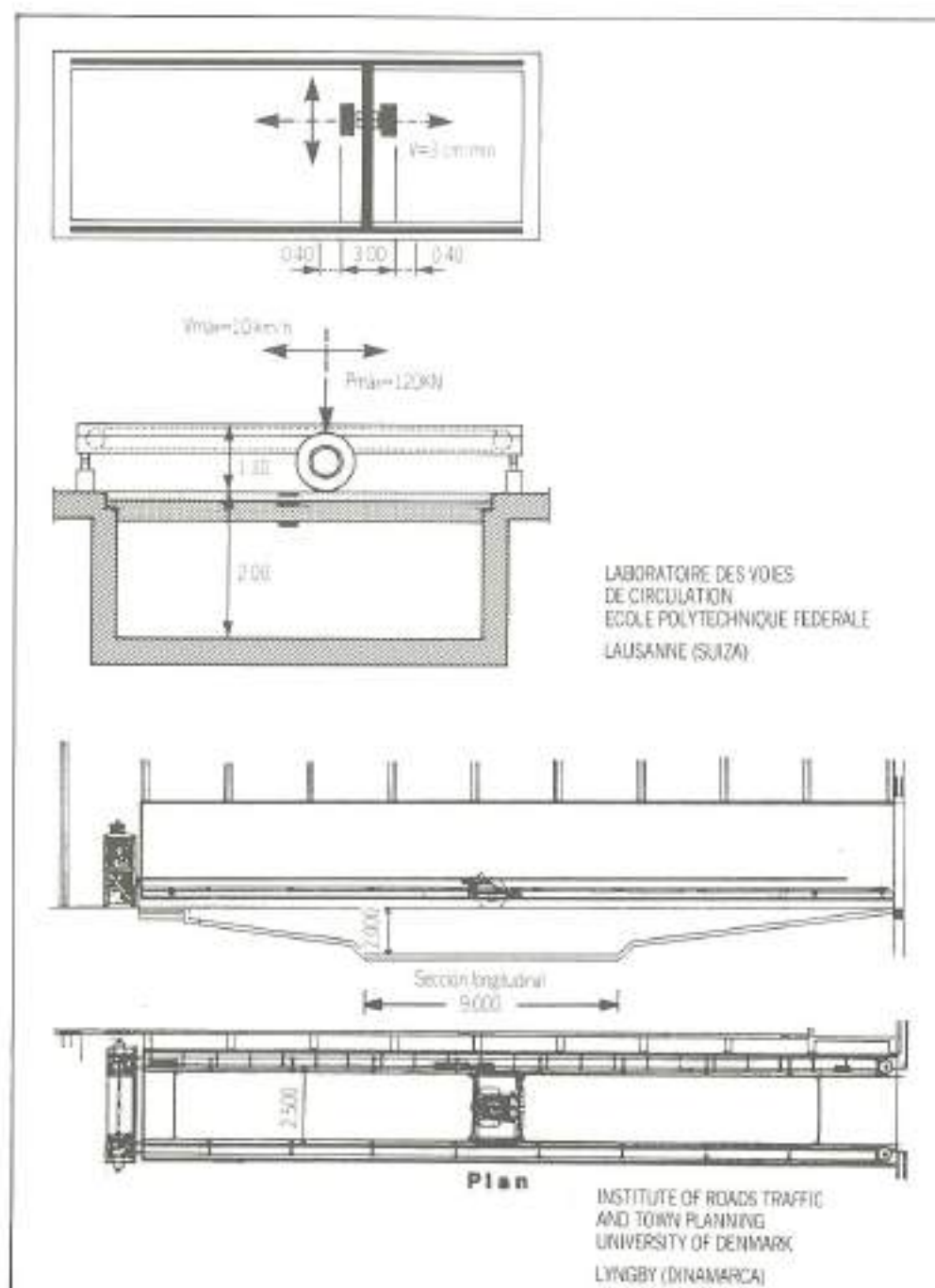


FIGURA 6: Pistas de ensayo lineales fijas.

hora. Varios ejemplos de este tipo de pistas aparecen esquematizados en las Figuras 6 y 7.

Uno de los mayores inconvenientes de este tipo de pistas es la necesidad de destinar una parte importante de su longitud para la aceleración y el frenado disponiendo normalmente una única sección de ensayo.

En cuanto a la construcción por su forma rec-

tángula, se utilizan sin problemas los equipos usuales en carretera.

Las naves en las cuales se ubican, e igual sucede en el caso de las pistas circulares de menor dimensión, están equipadas frecuentemente con diversos sistemas de control climático, que van desde simuladores de lluvia al mantenimiento de una temperatura constante, pasando

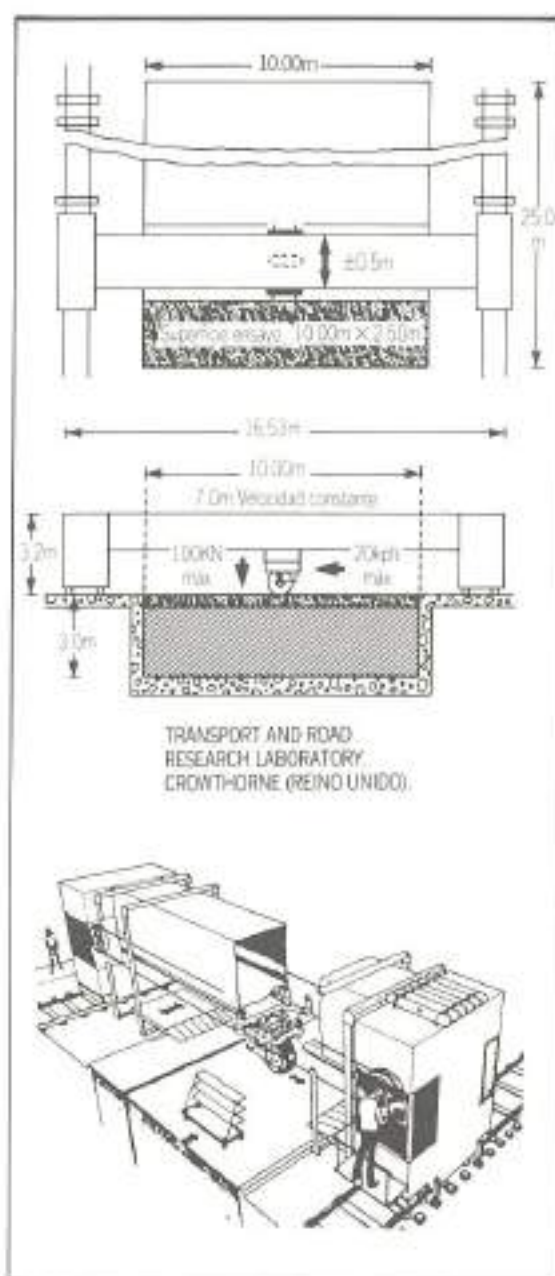


FIGURA 7: Pista lineal del TRRL.

por instalaciones para someter a la explanada a ciclos de hielo-deshielo o a las mezclas bituminosas a altas temperaturas, utilizando, en este último caso, rayos infrarrojos.

B. Pistas lineales móviles.

En este tipo de pistas se somete una sección de ensayo, que generalmente es un pequeño tramo de una carretera abierta al tráfico, a la acción de

una rueda móvil que, montada sobre un camión, efectúa sobre ella un recorrido lineal.

La primera de estas instalaciones fue la del HVS sudafricano, ideado a finales de los años sesenta. El HVS consta de un vehículo pesado que lleva incorporado una viga de 8 m de longitud sobre la que se desplaza la rueda (simple o gemela) a una velocidad máxima de 14 Km/h. Se puede variar la distribución transversal en un ancho de 1,5 m, sin mover el vehículo, y llegar hasta cargas de 100-200 KN (este último caso únicamente está previsto para su uso en firmes de aeropuertos).

Mucho más reciente es el modelo australiano, denominado ALF, que se basa en la misma idea, posee una viga de 10 m de longitud y utiliza ruedas gemelas con carga variable entre 40 y 80 KN; su particularidad radica en que es la única en la que la carga se aplica en un único sentido ya que la vuelta se realiza sin contacto entre el neumático y el firme, lo que permite eliminar las zonas perdidas por aceleración y frenado (Figura 8).

Actualmente en Estados Unidos se está desarrollando un aparato basado en el ALF australiano, que será operativo en los próximos meses (Figura 8).

Los ejemplos más destacados de pistas de ensayo del tipo lineal, junto con sus principales características, son recogidos en la TABLA 2.

Como resumen de lo anterior, estas pistas presentan la ventaja de que los firmes se pueden construir con equipos convencionales y que la aplicación de la carga simula perfectamente la de los vehículos de carretera, salvo en aquellos casos en que se aplica en ambos sentidos de la marcha. Además, se necesita una mínima ocupación de espacio, y es posible construir otras secciones paralelamente a la ejecución del ensayo de forma que el tiempo entre la finalización de uno y el comienzo de otro es mínimo. Los principales inconvenientes son su baja velocidad y la imposibilidad práctica de evaluar más de una sección de firme en cada ensayo.

3. LA PISTA DE ENSAYO DEL C.E.C.

El Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX ha puesto a punto, en sus instalaciones ubicadas dentro de la mediana de la Autovía de Colmenar, en El Goloso (Madrid) una Pista de Ensayo a Escala Real destinada a la realización de ensayos acelerados de estructuras de firmes de carreteras. Una vista general de las instalaciones del C.E.C., en las que se incluye dicha Pista, se recoge en la Figura 9.

La Pista de Ensayo del C.E.C., conceptual-

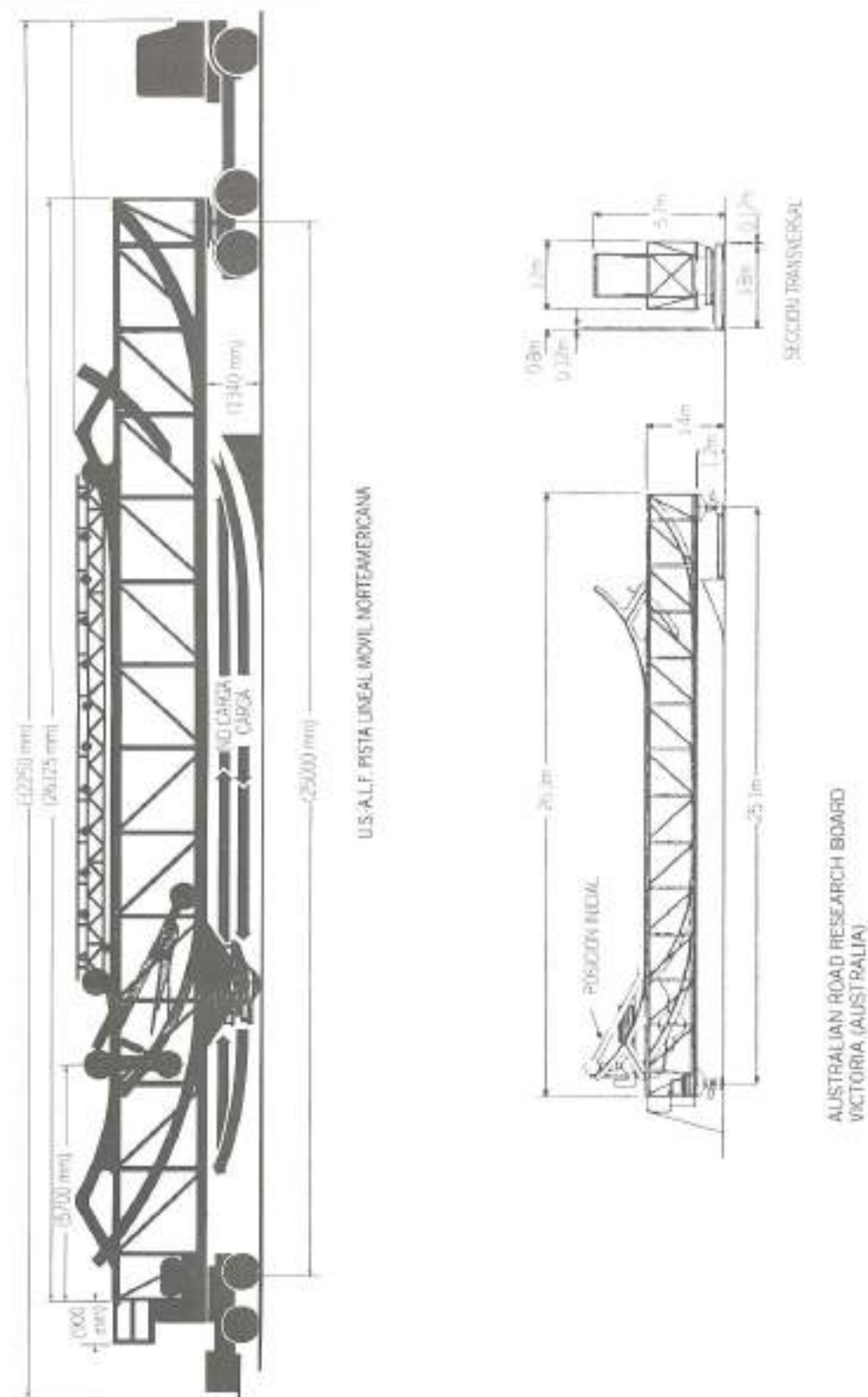


FIGURA 8. Pistas de ensayo lineales móviles.

PAIS	ORGANISMO	AÑO CONSTRUCCION	LONGITUD (m)	ANCHO PAVIMENTO (m)	ESPESOR TOTAL (m)	DISPOSICION RUEDA	CARGA (KN)	DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL (mm)	MAXIMA FRECUENCIA (pasadas/hora)	MAXIMA VELOCIDAD (km/h)	OBSERVACIONES
ALEMANIA FEDERAL	Deutsche Shell A.G.	1965	10 (60)	1.3 (10)	—	simple	4.20	± 150	300	50	• al aire libre • inactivo
AUSTRALIA	Australian Road Research Board	1983	12	1.4	—	gemela	40.80	± 200	400	20	• transportable
DINAMARCA	Institute of Roads Traffic and Town Planning	1975	9 (30)	2.5	1.75	simple gemela	5.65	± 500	1000	30	• bajo techo • control temperatura (-10°C/+30°C)
REINO UNIDO	Transport and Road Laboratory	1965	7 (10)	2.5	—	simple gemela	100	± 500	1800	20	• control temperatura superficial
REINO UNIDO	University of Nottingham	1974	5 (7.1)	2.1	2.4	simple	10	± 300	1800	16	• bajo techo • control temperatura
SUDAFRICA	National Institute for Road Research	1970	8	—	—	gemela	20.100	± 600	1200	14	• transportable • en aeropuertos carga 200 KN
SUIZA	Laboratoire des voies de circulation, Ecole Polytechnique Federal	1977	5.0	19.0	2.0	4x completa y gemela	120	± 400	1800	10	• bajo techo • control temperatura (-20°C/+20°C)

TABLA 2. Características de las principales pistas lineales.



FIGURA 9: Vista general de la Pista de Ensayo del Centro de Estudios de Carreteras.

mente distinta de las descritas, intenta aunar las ventajas de todas ellas. Podría clasificarse como pista de configuración mixta dentro del subtipo de tráfico simulado por medio de neumáticos. Su forma oval permite disponer de tramos de ensayo rectos de gran longitud, en los que se pueden ensayar seis secciones a velocidades de hasta 50 Km/h, con un vehículo guiado aplicando la carga mediante neumáticos, y todo ello en un espacio reducido. Estas características, que constituyen una novedad mundial, hacen que destaque sobre el resto de las pistas existentes.

Los tramos rectos son de 75 m de longitud cada uno de ellos, enlazados entre sí mediante semicírculos de 24,6 metros de radio, medidos hasta la trayectoria media de la rueda de ensayo. La longitud media total recorrida por dicha rueda en cada vuelta es de 305 metros.

Se destinan a zona de ensayos estructurales propiamente dichos dos tramos de 67 metros cada uno, situados en las zonas rectas. En estos tramos de ensayo se ha construido una cubeta estanca de hormigón armado donde se colocan las distintas estructuras a ensayar, con el objetivo

de aislar dichas secciones del terreno circundante, y además poder realizar variaciones del nivel freático. Las dimensiones interiores de dicha cubeta son de 8 metros de ancho por 2,10 m de profundidad, lo que permite la colocación de secciones utilizadas normalmente en los firmes de carreteras en su ancho total. La construcción de las mismas puede hacerse con maquinaria y materiales convencionales. Los tramos en curva se utilizarán para la realización de experimentaciones en superficie, como comparación de tratamientos superficiales, estudios sobre durabilidad de pinturas, etc. que aumentan la rentabilidad de las instalaciones. En la Figura 10 se recoge un esquema de la planta de esta Pista de Ensayo.

En el perímetro interior de la pista existe una viga carril de hormigón armado y sección en doble T, destinada a servir de guía al vehículo simulador de tráfico (ver el esquema de la sección transversal en la Figura 11). Este vehículo consta esencialmente de dos partes, un carretón-guía y otro carretón-tractor. El primero se apoya sobre la viga carril por medio de 16 ruedas y, al rodar sobre ella, sirve de guía del carretón-tractor, que va apoyado en el firme y es



FIGURA 10: Esquema de planta de la Pista de Ensayo.



FIGURA 11: Esquema de sección transversal de la Pista de Ensayo.

realmente el que efectúa la labor simuladora del tráfico, por medio de un semieje de ruedas gemelas lastrado. Las características principales del vehículo son las siguientes (ver Figuras 12 y 13):

— La carga que se transmite al firme es variable mediante un sistema de lastrado por gravedad; en el primer ensayo a efectuar en la Pista está prevista la utilización de una carga de 6,5 toneladas, que corresponde a la máxima carga por eje simple autorizada en España (13 t).

— La velocidad del vehículo simulador de tráfico se sitúa entre un mínimo de 30 Km/h y un máximo de 50 Km/h, pudiendo variarse por escalones de 5 Km/h. Dispone de un sistema que permite controlar en cualquier instante su velocidad y, si ésta no es la prevista, se acelera o frena de

manera automática, manteniendo por tanto una marcha constante.

— La frecuencia de ensayo con un único vehículo es superior a las 750.000 pasadas al año.

— El semieje de ensayo se apoya sobre ruedas gemelas, pero se puede también colocar una única rueda simple; los neumáticos utilizados son convencionales, del mismo tipo y tamaño que los utilizados por los camiones que circulan en las carreteras.

— La trayectoria de la rueda de ensayo sobre el firme a ensayar es variable, pudiendo desplazarse transversalmente de forma programada en una banda de 80 cm (es decir ± 400 mm a partir de las posiciones descritas anteriormente); con ello se eliminan los posibles problemas que puedan surgir con la aparición de roderas, se pueden

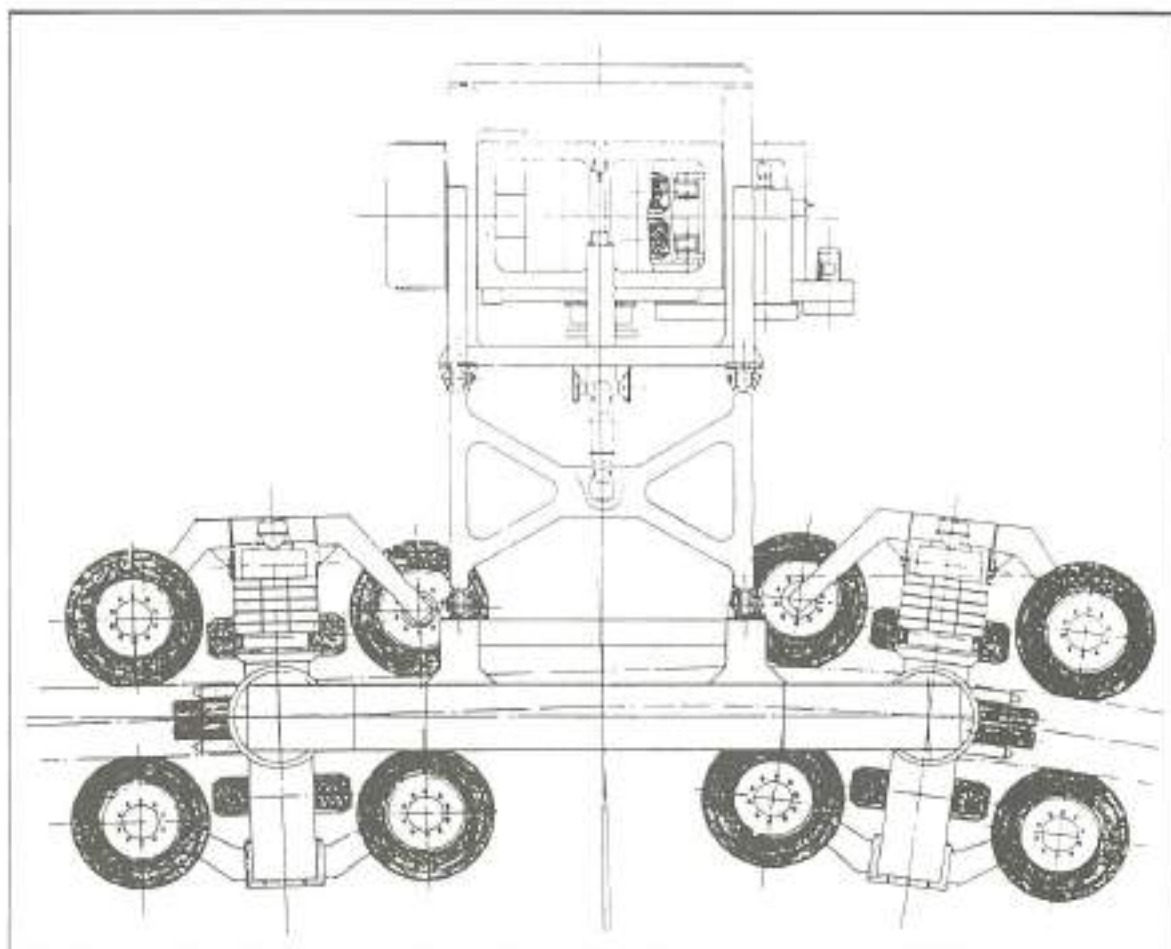


FIGURA 12: Planta del vehículo simulador de tráfico.

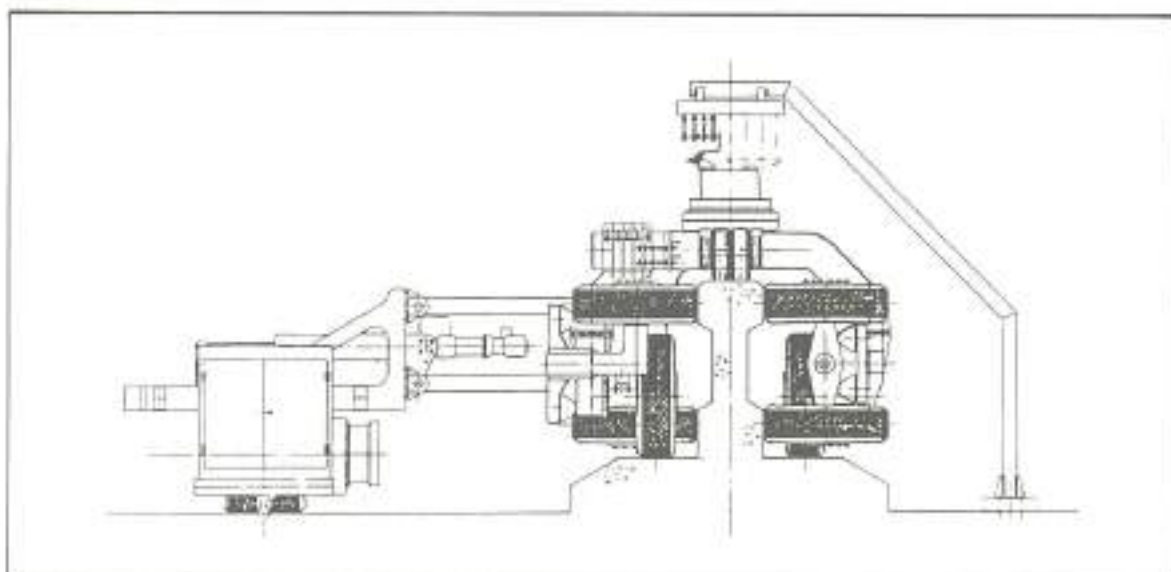


FIGURA 13: Sección transversal del vehículo simulador de tráfico.

estudiar, además, los efectos de la distribución transversal del tráfico en un carril y se simulan más aproximadamente los efectos reales en carretera.

— El accionamiento del vehículo (arranque, parada, cambio de velocidad, cambio de posicionamiento transversal, etc.) se realiza de forma teledirigida por radio desde un pupitre de control. Dicho pupitre se ubica en el centro de la Pista, dentro del Centro de Control allí construido. Este Centro albergará también el ordenador central que gobernará la amplia información que éste vaya suministrando. En dicho Centro se alojará también el personal necesario para la dirección y control del ensayo.

— El vehículo es accionado por medio de energía eléctrica, que toma de una catenaria desplegada en todo el perímetro de la Pista, en la vertical y por encima de la viga-carril, de una forma análoga a los trenes de tipo eléctrico. Esta fuente de energía aporta, sobre otras posibles, importantes ventajas económicas, ecológicas y de mantenimiento.

La viga carril va anclada sobre una galería visible que se utilizará para el alojamiento de las conducciones y el cableado de toda la instrumentación necesaria en los ensayos. Esta instrumentación se compone por una parte de una serie de sensores que proporcionan la temperatura existente y el posicionamiento exacto del vehículo, situados fuera del firme a ensayar, y por otra de instrumentos de medida colocados en el interior de las distintas capas ensayadas, que irán suminis-

trando información sobre la respuesta reológica de dichos materiales al paso del vehículo así como la evolución de su comportamiento en el tiempo. La galería visible se encuentra comunicada con las secciones de ensayo por medio de unas ventanas de acceso y tubos de entrada de las conducciones, situados en la pared lateral de cubeta, y con las instalaciones del Centro de Control a través de unos pasillos vitales.

Además de la simulación del nivel freático del firme, que se consigue como ya se ha comentado gracias a la cubeta de hormigón donde se apoyan las distintas secciones, y en cuyo fondo existe un sistema de drenaje que, utilizado en forma inversa, sirve para inundar los firmes, las condiciones climatológicas de lluvia o temperatura elevada de la superficie del pavimento se simulan mediante un sistema de riego de agua y otro de pantallas de infrarrojos, respectivamente, situados en los tramos rectos de ensayo.

En el momento actual la Pista de Ensayo del C.E.C. se encuentra a punto de comenzar los trabajos necesarios para la realización del primer ensayo. Toda la parte civil de la Pista está ya construida: cubetas de hormigón, galerías visibles, viga-guía, centro de control, etc.; el vehículo simulador de tráfico, que es un prototipo construido con tecnología española y que constituirá una novedad a nivel mundial, ha sido construido por una empresa del país (ver Figuras 14 y 15). El sofisticado sistema de toma de medidas que irá incorporado a las distintas secciones está también

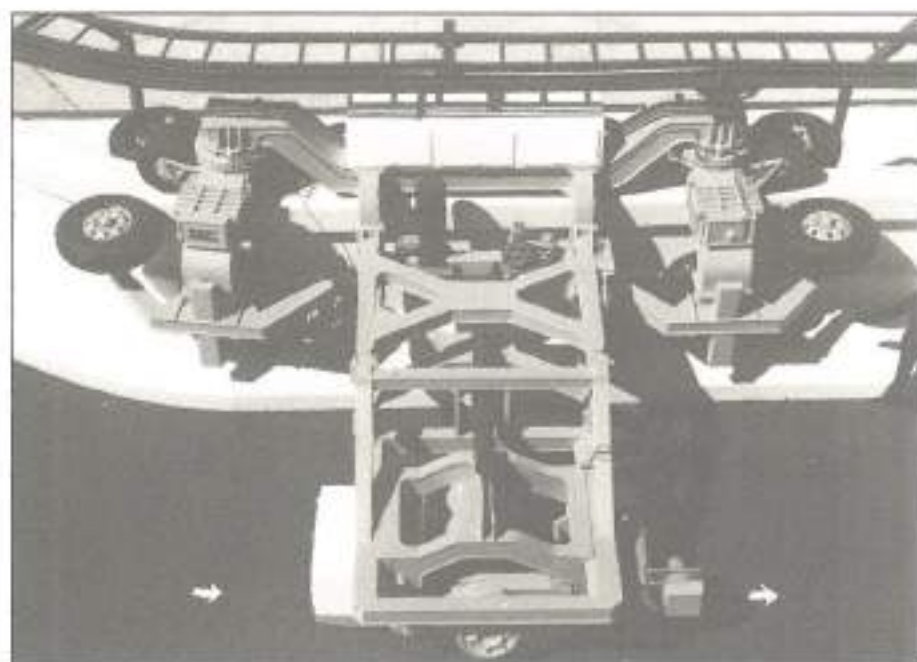


FIGURA 14: Maqueta del vehículo simulador de carga.



FIGURA 15: Vehículo simulador de carga montado sobre viga-camión.

perfectamente diseñado y preparado, y se irá colocando a medida que se proceda a la construcción de las diferentes capas. En definitiva se espera terminar todas las labores necesarias de acondicionamiento y puesta a punto en lo que resta del año 1987 para poder acometer el comienzo del primer ensayo a finales del año o a comienzos del 88.

Los estudios que se pueden abordar con la instalación vienen dados por las características propias de la misma, y ofrecen una amplia gama. De todos ellos, se pueden destacar los siguientes:

A. Desarrollo de métodos de dimensionamiento y de modelos de comportamiento/fallo.

La base de estos estudios es la comparación directa de las medidas realizadas con la prevista en los métodos de cálculo existentes. Esta comparación deberá permitir el tarado de los modelos estáticos o de las leyes de fatiga existente o la elaboración de otros más ajustados. Asimismo el análisis de la evolución de los deterioros hará factible la construcción de modelos de comportamiento/fallo, tan necesarios para las técnicas de gestión de la conservación o del refuerzo de firmes.

B. Estudios del comportamiento de determinados materiales o comparación del comportamiento de materiales distintos.

El estudio del comportamiento de un material específico se refiere fundamentalmente a los fenómenos de fatiga y/o deformación permanente, aspectos ambos de gran interés y que entran claramente en el campo de las pistas de ensayo. Además pueden tratarse, tanto en términos absolutos como relativos, nuevos materiales

sobre los que no existe experiencia previa. Estos estudios son muy necesarios en la actualidad, dada la tendencia a utilizar materiales de desecho o residuos, dentro de una política de aprovechamiento integral de los recursos existentes.

C. Influencia de distintas configuraciones de carga.

Actualmente las equivalencias entre cargas deducidas del ensayo AASHO son materia de discusión, debido al comportamiento observado con firmes, tráfico y condiciones climáticas distintas a las que sirvieron de base a dicho estudio. Como estas equivalencias son fundamentales en los problemas de dimensionamiento, y parecen depender en gran medida de las condiciones de la técnica y del tráfico de cada país, constituyen otro campo de estudio claro para las pistas de ensayo.

Evidentemente este no es un listado exhaustivo de posibilidades. Existen otras muchas no solo relacionadas con la infraestructura sino con las características superficiales, calibrado de equipos de auscultación, validez de métodos de construcción o de control, etc. En cualquier caso el primer ensayo dará luz sobre otras posibilidades de la pista y ayudará a delimitar los futuros campos de investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Knobel Walter, "Essais en vraie grandeur des superstructures routières en Suisse et à l'étranger" (1985).
- O.C.D.E., "Mesure de déformations dans des couches hydrocarbonées" (1985).
- O.C.D.E., "Essais en vraie grandeur des superstructures routières" (1985).
- Varios, "Colloque International: essais routiers en vraie grandeur" (1982).

SDM3FR

TOTAL STATION

with electronic angle sensor for auto-reduction



INFORMESE DE LOS MODERNOS SISTEMAS TOPOGRAFICOS SOKKISHA

Distribuidor exclusivo para
España:

ISIDORO SANCHEZ, S.A.

- Ventas
 - Reparaciones
 - Alquiler
 - Servicio técnico post-venta
- Ronda de Atocha, 16
Tels. 228 38 34/467 61 28
28006 Madrid

SOKKISHA



SACILOR

Tablestacas

LARSEN, RZ & Rombas

En primera línea de las grandes obras
marítimas, terrestres y fluviales



TECNICOM, S.A.

Filial de DAVAL (Grupo SACILOR - FRANCIA)
Ayala, 120 - 1.º - 28006 MADRID
Tels. 435 95 80 - 435 90 37 - 435 91 06
Telex: 27378 TECOM-E