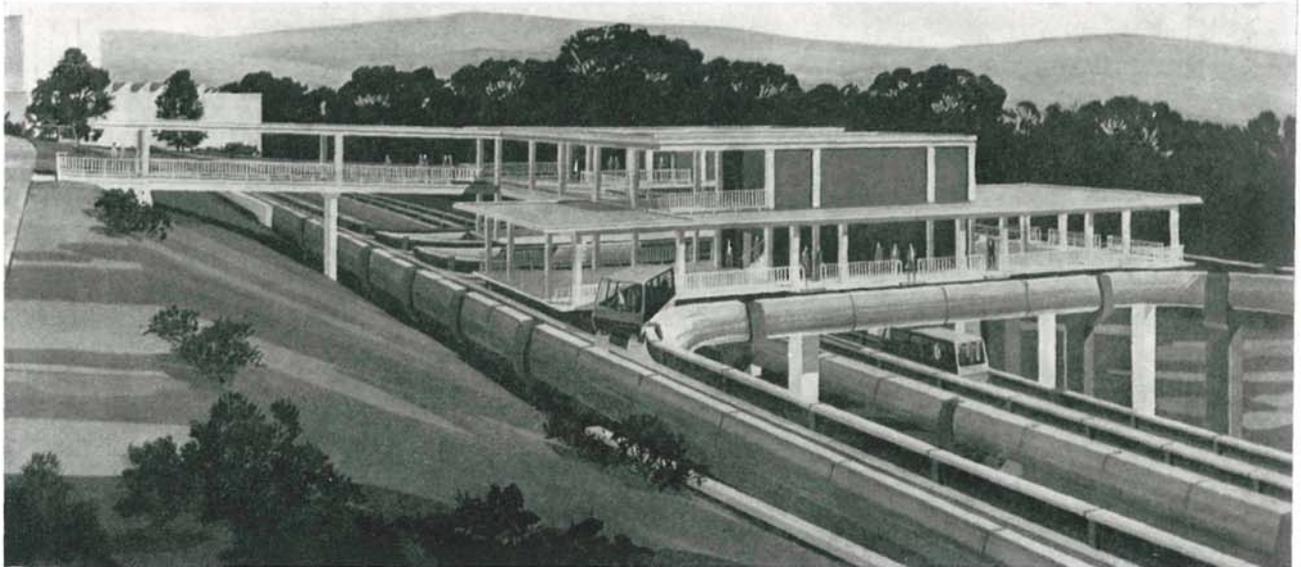


breve estudio comparativo de los modernos



medios de transporte terrestre

M.ª CARMEN DE ANDRES CONDE,
Ingeniero de Caminos

Sección de Planeamiento Interurbano
Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales

Colaboradores: Mariano Gullón Löw, Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos.

Pedro Martínez Ruilópez, Delineante de Obras Públicas.

sinopsis 520-2

En este estudio se recopilan y comparan una serie de datos actualmente disponibles sobre modernos medios de transporte terrestre, con objeto de facilitar la elección del más adecuado en cada caso.

Para ayudar a la comprensión de sus condiciones de explotación, se han resumido en las definiciones las características conocidas más destacadas de cada uno de ellos, ordenándolos por orden alfabético.

A partir de algunas de estas características de explotación, como velocidad y capacidad, se han obtenido criterios sobre el campo de aplicación de cada medio de transporte.

DEFINICIONES

Aerotrén

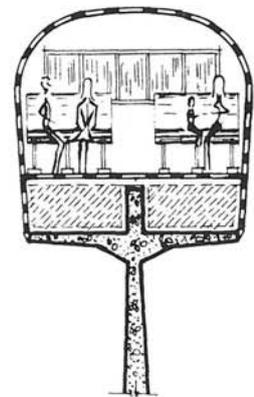
Vehículo suspendido por colchón de aire y guiado por una vía especial en forma de T invertida.

Urbano Tridim

Prototipo francés con capacidad para 20 pasajeros y velocidad máxima de 80 km/h.

Urbano y suburbano

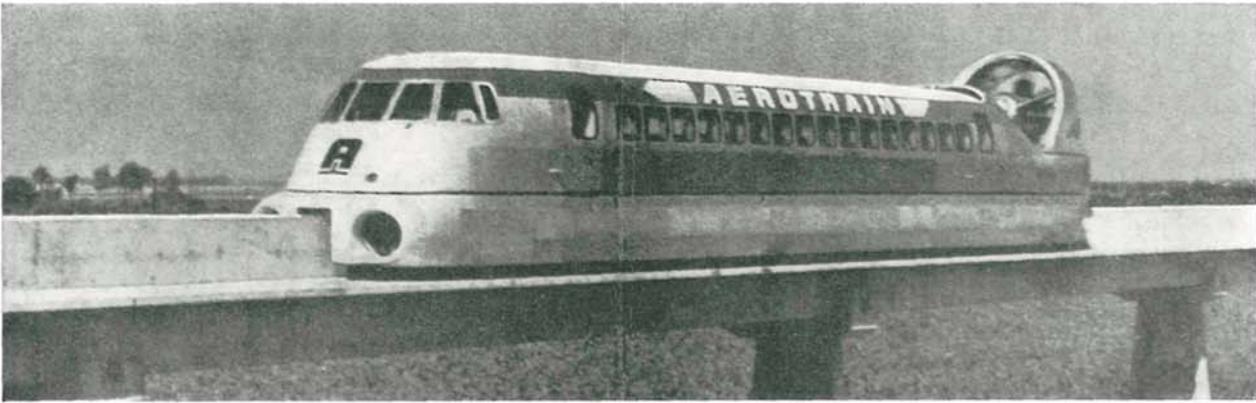
Prototipo francés en construcción en una línea desde la Défense (París) a la nueva ciudad satélite Cergy Pontoise.



AEROTREN



AEROTREN URBANO



AEROTREN INTERURBANO

Interurbano

Tipo «Orleáns» (francés), en experimentación al norte de Orleáns desde septiembre de 1969 en una longitud de 17,9 km.

Prototipo americano T.A.C.R.V. («Tracked Air Cushion Research Vehicle») de la firma Garrett Corporation.



T.A.C.R.V.

Air-Trans

Vehículos carentes de ruedas de guiado que circulan aislados o formando trenes dentro de una viga-cajón.

Control automático. Rodadura con neumáticos.

Capacidad: 30 viajeros.

Instalado en 1973 en el aeropuerto americano de Dallas/Fort Worth (Texas) en una línea de 20 km con una velocidad media de 27 km/h, pero aún no en servicio.

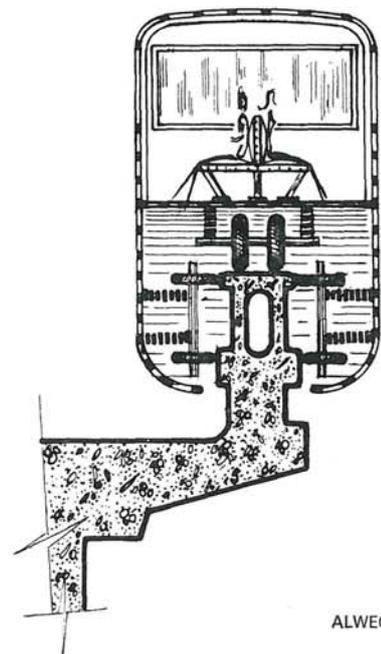
Capacidad inicial: 9.000 viajeros/h (octubre 1973).



Alweg

Vehículos con neumáticos en todas sus ruedas que circulan formando trenes por una viga de hormigón armado en cuya parte superior apoyan las ruedas tractoras y en los laterales las de guiado de eje vertical.

Instalado en 1963 en el Japón en una línea de 13 km de longitud que une el aeropuerto de Haneda y el centro de Tokio. Trenes de 6 coches de 80 viajeros e intervalos mínimos de 7 minutos.



B.A.R.T. («Bay Area Rapid Transit»)

Metro convencional con automatización casi completa. El despacho y control de billetes en las estaciones se realiza sin elemento humano. Un computador programa el servicio de los trenes.

Instalado en California en una línea que une el centro de San Francisco y las zonas residenciales de Oakland, Alameda y Richmond. Longitud: 120 km; 34 estaciones.

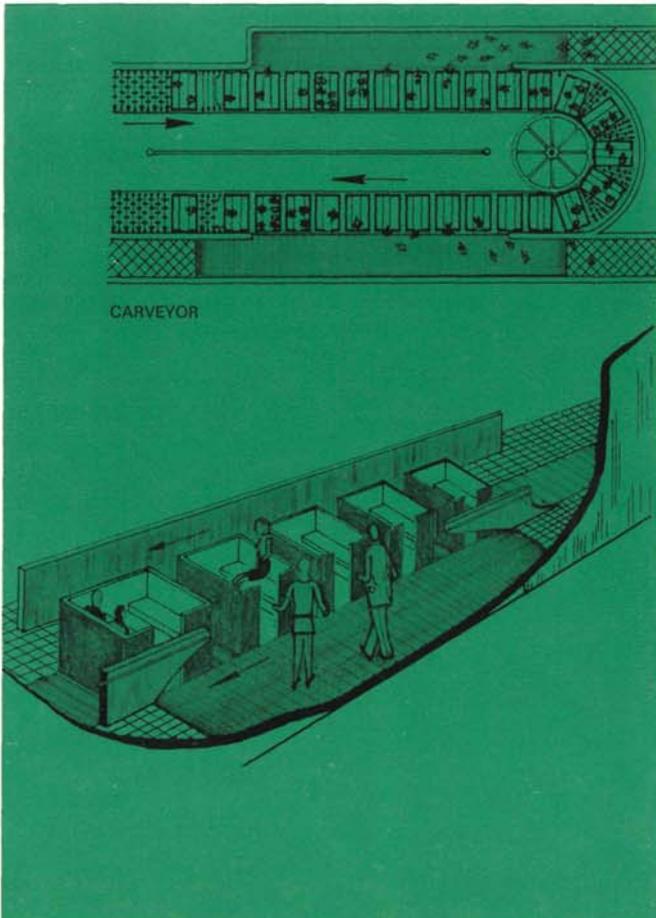


B.A.R.T.

Carveyor

Vehículos arrastrados por cinta transportadora, decelerados y acelerados por rodillos en los accesos de las estaciones.

Prototipo (1953).



B.A.R.T.

Cabintaxi

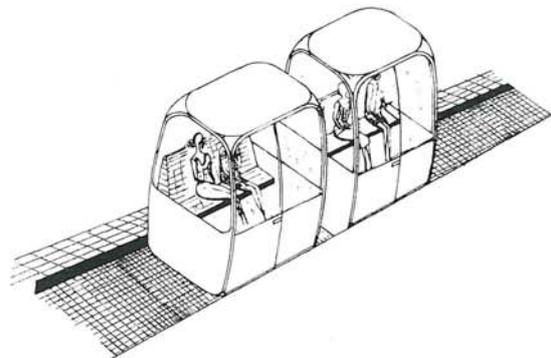
Vehículo con capacidad para 3 pasajeros que circula suspendido o/y apoyado por una vía de rodadura elevada.

Propulsión eléctrica. Ruedas con neumáticos de tracción y guía.

Intervalos entre vehículos de 0,5 a 1 s.

En experimentación en una línea de 1,1 km cerca de Hagen (Alemania).

Prototipo presentado por Demag-MBB en la «Transport-Expo» (París, junio de 1973).



CARLATOR

Carlator (Nippon Carveyor)

Vehículos de dos pasajeros impulsados por cintas de velocidad creciente.

Instalado en el Lago Biwa (Japón).

C.V.S. («Computer-controlled Vehicle System»)

Vehículo con camino de rodadura propio controlado por ordenador. Sin paradas intermedias y en el que para aumentar los intervalos entre vehículos se prevé una posible deceleración de 2 g.

Propulsión eléctrica. Ruedas con neumáticos.

Capacidad para una velocidad de 40 km/h y deceleración 2 g ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) de 6.000 viajeros/h.

Prototipo desarrollado por la «Japan Society for Machine Industry».



CRUSWAY

Crusway

Sistema doble de transporte urbano con vehículos que pueden utilizar o no las calles convencionales.

El acceso al sistema se verifica por un mecanismo de elevación, que consiste en una correa sinfín de acero elevada de propulsión eléctrica y un enganche lineal al vehículo. Este, una vez elevado a la Crusway, circula por una rampa descendente del 2,5 % con una velocidad constante de 25 a 35 km/h.

El vehículo sólo necesita para aproximarse a la rampa de acceso una pequeña batería auxiliar.

Capacidad para dos carriles de 1,20 m: 7.200 vehículos/h.

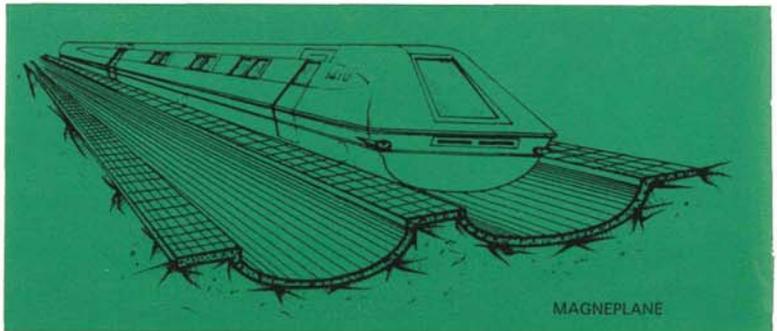
Prototipo de la «Syracuse University Research Corporation» (Estados Unidos de América).

Magneplane

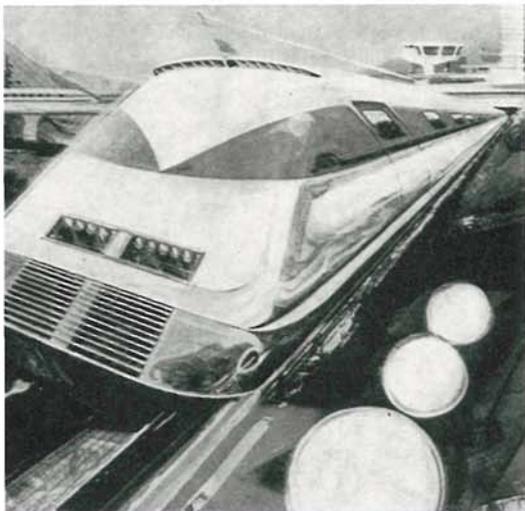
Vehículo cilíndrico con suspensión y guiado magnéticos. Circula sobre un camino de rodadura semicilíndrico. Propulsión por bobinas electromagnéticas situadas en dicho camino.

Prototipo presentado por Massachusetts Institute, Avco Corporation y Raytheon Company.

MAGNEPLANE



MAGNEPLANE



P.R.T. («Personal Rapid Transit»)

Vehículo con camino de rodadura propio controlado y dirigido por ordenador al ser pulsado por el viajero el botón de selección de destino. Sin paradas intermedias.

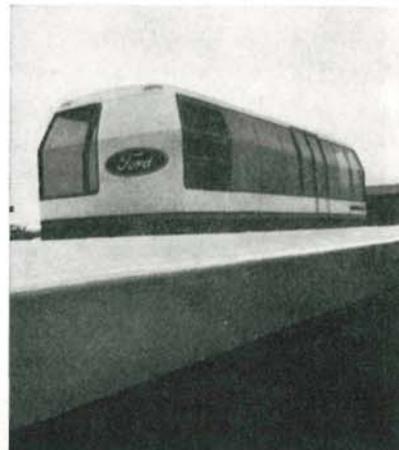
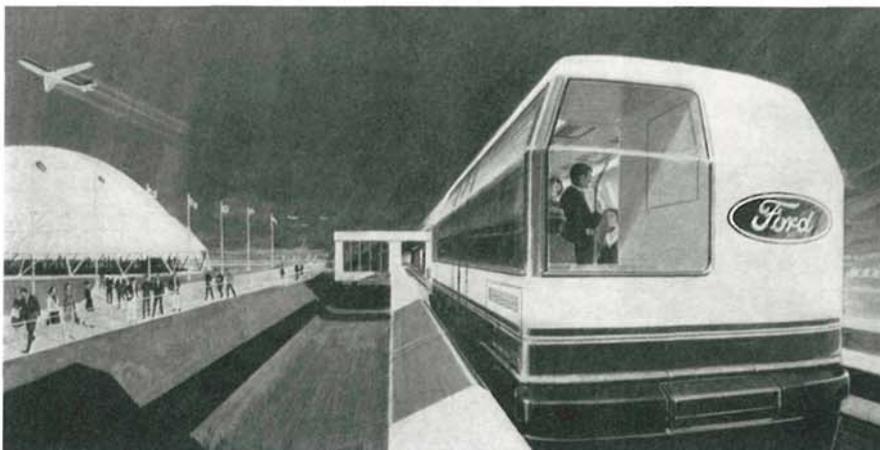
Ford

Capacidad: 24 pasajeros (12 sentados; 12 de pie).

Propulsión eléctrica. Ruedas con neumáticos de tracción y guía. Prototipo presentado por la Ford en «Transpo 72» (Washington).

P.R.T. FORD

P.R.T. FORD



Aramis

Capacidad: 4 a 10 pasajeros.

Propulsión eléctrica. Ruedas con neumáticos de tracción y guía.

Longitudes de línea de 2 a 15 km.

En experimentación en una línea de 1 km en el aeropuerto parisino de Orly (julio de 1973).

Boeing Typical

Capacidad: 21 pasajeros (8 sentados; 13 de pie).

Propulsión eléctrica. Ruedas con neumáticos de tracción y guía.

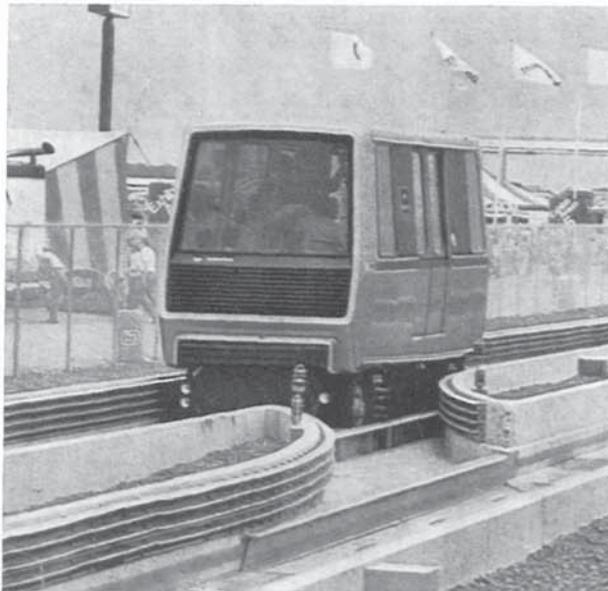
Instalado por la firma Boeing en Morgantown (West Virginia) en 1971 con intervalos de 15 s, pero aún no en servicio.

Dashaveyor

Capacidad: 31 pasajeros.

Propulsión eléctrica. Ruedas con neumáticos de tracción y guía.

Prototipo presentado por la firma Bendix en la «Transpo 72» (Washington).



DASHAVEYOR

Otis

Capacidad: 10 pasajeros.

Propulsión eléctrica. Suspensión con almohadones de aire.

Presentado en «Transpo 72» (Washington) como prototipo de la firma Otis.



OTIS

Monocab

Vehículo monorraíl suspendido con ruedas de neumáticos.

Capacidad: 6 pasajeros.

Propulsión eléctrica.

Prototipo presentado por la firma Rohr Industries en «Transpo 72» (Washington).



MONOCAB

Poma 2.000

Pequeños vehículos con camino de rodadura propio arrastrados por un cable de velocidad constante. En las estaciones, para la entrada y salida de viajeros, se desconectan del cable y son decelerados y más tarde acelerados por una serie de neumáticos instalados en los lados del camino.

Rodadura con neumáticos.

Intervalo entre vehículos de 10 a 14 s.

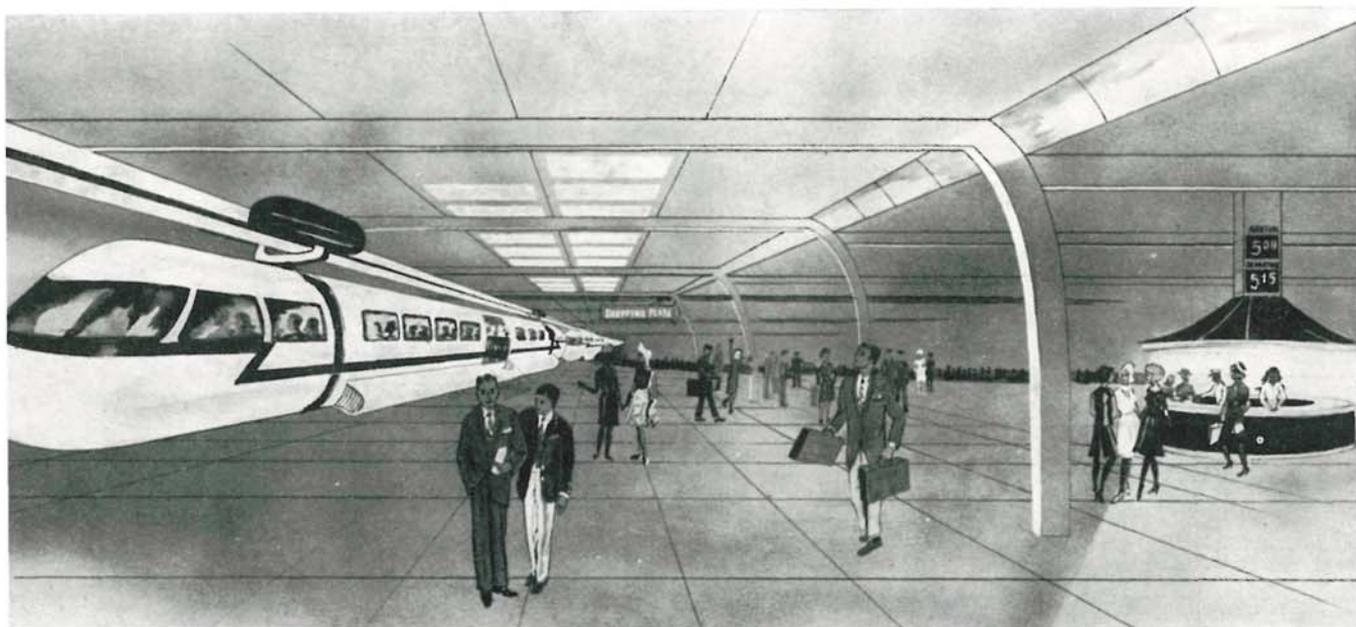
En experimentación en una línea de 600 m cerca de Grenoble (Francia).

Prototipo presentado por el S.I.E.P.U.R.G. y el Ministère des Transports en «Transport-Expo» (París, junio de 1973).

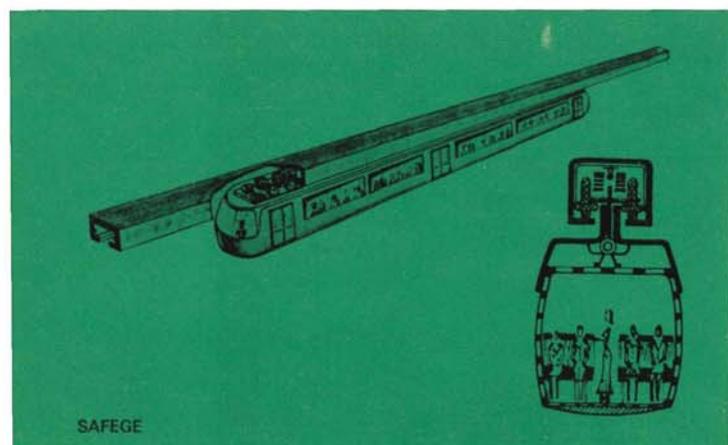
Rotocar Monorail

Monorail suspendido con ruedas de tracción montadas en ángulo que apoyan sobre el ala inferior de una viga doble T. Sin ruedas de guiado. Suspensión pendular.

Prototipo presentado por la North American Monorail.



ROTOCAR MONORAIL



SAFEGE

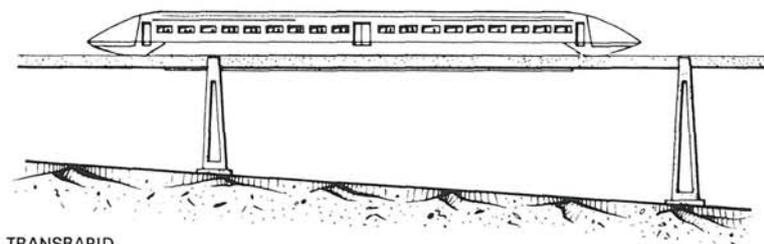
Safège

«Duocarril» suspendido. El sistema de guiado, tracción y toma de corriente va dentro de una viga en forma de U invertida. Rodadura con neumáticos. Experimentado por la firma francesa Safège en Chateaufort sur Loire desde 1960 en una línea de 1.300 m de longitud.

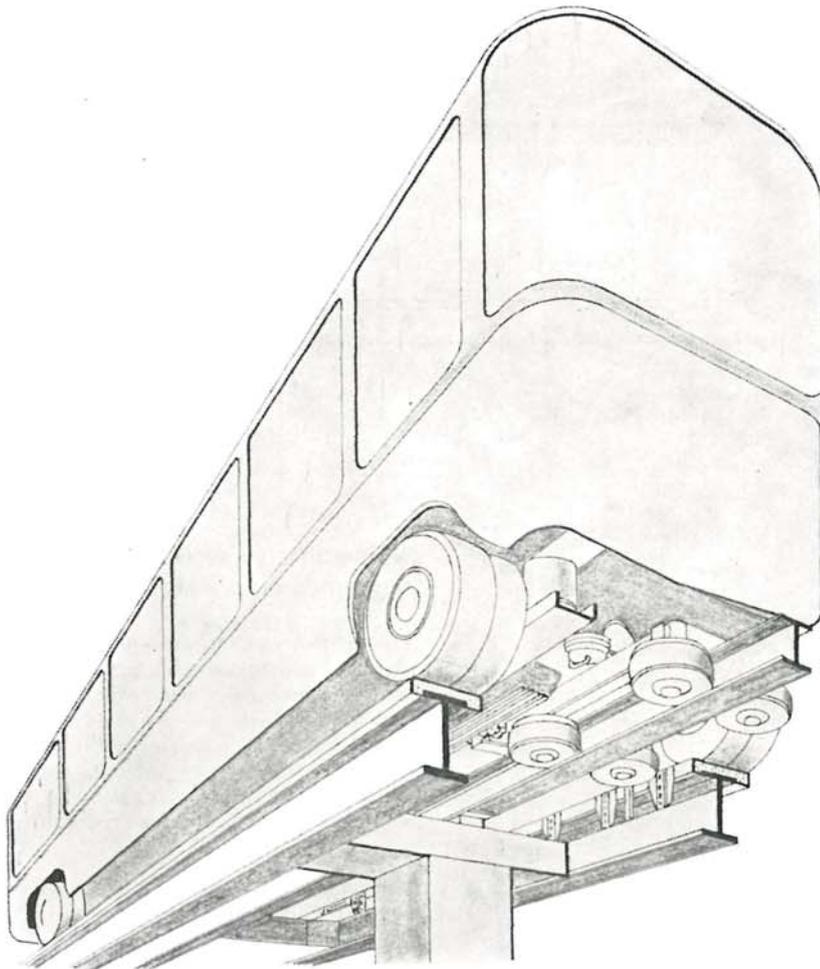
Transrapid

Vehículo con suspensión y guiado magnéticos que circula por una vía especial elevada. Propulsión eléctrica por motor lineal.

Vehículo prototipo de 144 viajeros presentado por la sociedad Krauss-Maffei. intervalo mínimo: 3 minutos.



TRANSRAPID



TRANSIT EXPRESSWAY

Transit Expressway (Sky-Bus)

Vehículos automatizados que se pueden agrupar formando trenes, que circulan por un camino de rodadura formado por tres carriles elevados, dos exteriores de apoyo de hormigón y uno central metálico de guiado.

Propulsión eléctrica.

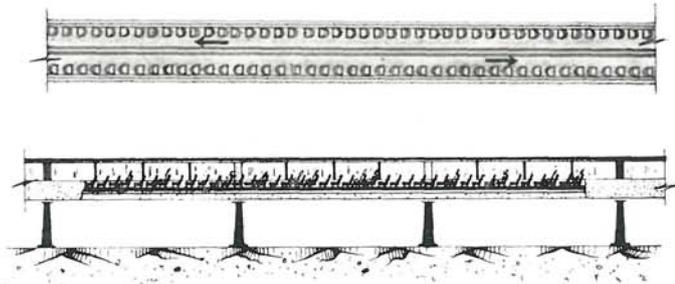
Capacidad: 28 viajeros sentados; 40 de pie.

Instalado por la firma Westinghouse en Montreal.

Transurban Conveyor Belt System

Cinta transportadora continua con asientos fijos y espacios libres para admitir viajeros de pie que discurre por un tubo con ventanales continuos. Con suspensión magnética y propulsión eléctrica por motor lineal.

Prototipo presentado por la firma Krauss-Maffei.

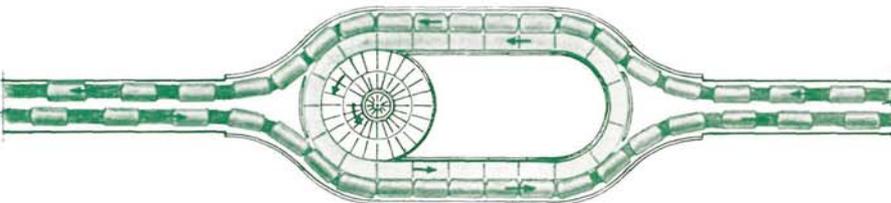


TRANSURBAN CONVEYOR BELT SYSTEM

Transurban Non-Stop System

Pequeños vehículos con camino de rodadura propio controlados por computador y decelerados a la entrada de las estaciones, en las que forman una cadena continua de vehículos. Con suspensión magnética y propulsión eléctrica por motor lineal.

Prototipo presentado por la firma Krauss-Maffei.

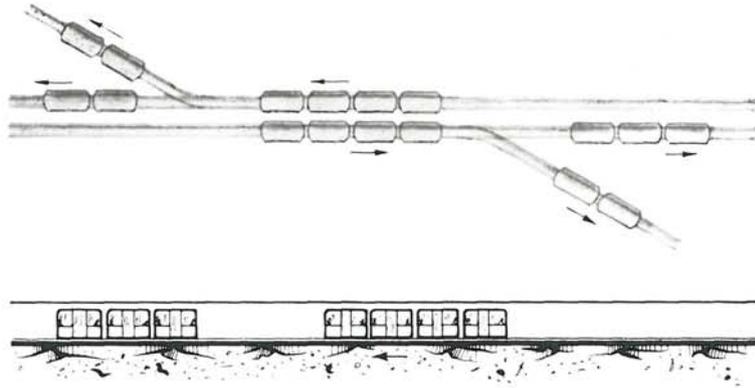


TRANSURBAN NON-STOP SYSTEM

Transurban Tact System

Pequeños vehículos con camino de rodadura propio y con itinerarios programados, que se pueden unir formando trenes y separar en las bifurcaciones. Suspensión magnética.

Prototipo presentado por la firma Krauss-Maffei.



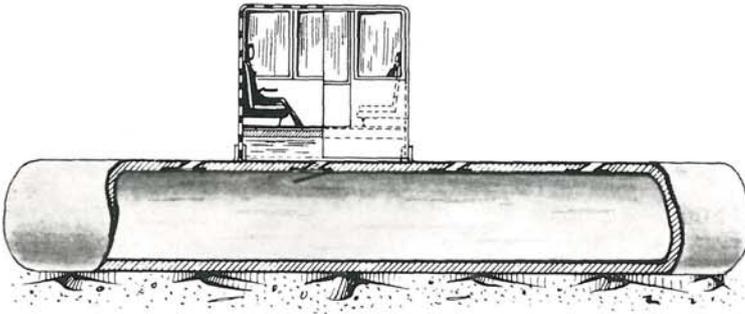
TRANSURBAN TACT SYSTEM

Vehículo con suspensión y propulsión por aire

La suspensión y propulsión se logra por aire a presión impulsado por dentro del tubo-carril sobre el que circula. En la superficie de éste existen válvulas presurizadas que se abren al paso del vehículo sobre ellas, permitiendo el flujo de aire a presión. En las estaciones los vehículos reducen la velocidad a 1,8 km/h.

Capacidad: 8 viajeros a intervalos de unos 3 s.

Vehículo estudiado por el «Centre for Transport Studies» del Instituto de Tecnología de Cranfield (Bedford) (Gran Bretaña).



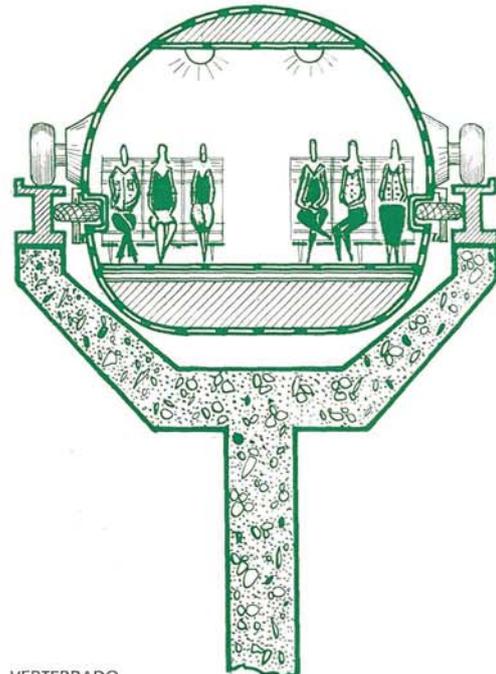
VEHICULO CON SUSPENSION Y PROPULSION POR AIRE

Vertebrado Goicoechea

Tren formado por un número indeterminado de unidades motrices llamadas vértebras, provistas de 4 ruedas con neumáticos independientes entre sí, de las cuales 2 tienen el eje vertical respecto al eje del tren y le sirven de guía.

La vía está formada por dos carriles elevados en los que el tren se apoya a una altura próxima a su centro de gravedad.

En instalación en una línea de 65 km entre Las Palmas y Maspalomas (Gran Canaria).



VERTEBRADO

Urba 30

Vehículos suspendidos por colchón de aire aspirado que circulan aislados o formando trenes de 2, 4 ó 6 unidades (30 viajeros/unidad) por una vía elevada. Propulsión eléctrica.

Prototipo presentado por la Société de L'Urba, en «Transport-Expo» (París, junio de 1973).

ESTUDIO COMPARATIVO

Velocidades

En la tabla 3.1 se han recogido los datos conocidos de las velocidades máximas de los medios de transporte anteriormente definidos, ordenándolas de menor a mayor. Para completar en lo posible esta relación se han incluido medios de transporte convencionales, como el coche, el autobús y el ferrocarril.

VELOCIDADES MAXIMAS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

MEDIO DE TRANSPORTE	Velocidad máxima (km/h)
Carlator	12
Transurban Conveyor Belt System ...	20
Carveyor	25
Crusway	35
Cabientaxi	36
Poma 2.000	36
P.R.T.	50
C.V.S.	80
Urba 30	80
Autobús	80
Transurban Non-Stop System	100
Transurban Tact System	100
Coche	> 100
Safège	120
Vertebrado	120
B.A.R.T. (metro)	128
Alweg	130
Ferrocarril	> 160
Aerotrén Urbano	180
Aerotrén Orleáns	265
Rotocar Monorail	320
T.A.C.R.V.	480
Magneplane	480
Transrapid	500

Tabla 3.1

Se observa la gran diferencia que existe entre los medios de transporte que encabezan la tabla con velocidades máximas muy bajas, del orden de los 20 km/h, y los más rápidos con velocidades que llegan a alcanzar los 500 km/h. Estos últimos son por ello más apropiados para su utilización en largas distancias.

Entre estos dos extremos se encuentran otros dos grupos con velocidades máximas menores y mayores de 100 km/h, respectivamente, que indican su utilización óptima en corta y media distancia.

Capacidades

Los datos conocidos sobre la capacidad de transporte de los medios enunciados anteriormente han sido recogidos en la tabla 3.2.

Estos datos se refieren a capacidades máximas, entendiéndose por capacidad máxima la que se obtiene al considerar intervalos mínimos entre vehículos.

En la tabla se han distribuido los medios de transporte en grupos, incluyéndose en cada uno medios que poseen una velocidad y unas características parecidas. Estas cualidades han definido para cada grupo su distancia apropiada de explotación.

Esta distribución en grupos permite escoger el medio que posee capacidad más adecuada a la demanda previsible de acuerdo con unas condiciones de explotación dadas.

Los datos de algunos de ellos, como el Carlator, Alweg y B.A.R.T., corresponden a los ejemplos de explotación actualmente existentes.

CAPACIDADES MAXIMAS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

MEDIO DE TRANSPORTE	Viajeros/h y sentido
Distancias muy cortas	
Carlator	3.000
Carveyor	20.000
Transurban Conveyor Belt System ...	40.000
Distancias cortas	
P.R.T.	1.500-7.500 a)
Vehículo con suspensión y propulsión por aire	10.000
Urba 30	10.000
P.R.T. Aramis	15.000
Transurban Tact System	20.000
Transurban Non-Stop System	28.000
Distancias medias	
Alweg	4.000
Air-Trans	8.000
Aerotrén urbano	10.000 b)
B.A.R.T. (metro)	30.000
Distancias largas	
Transrapid	2.800

Tabla 3.2

Observaciones:

- a) Intervalos estimados de 15 s.
- b) Dos coches de 80 viajeros.

En los P.R.T. se han estimado intervalos entre vehículos de 15 s, de acuerdo con los intervalos previstos en la explotación del Boeing Typical en Morgantown. El intervalo de valores tiene en cuenta las distintas capacidades de viajeros que tiene cada P.R.T.

Características de explotación

En la tabla 3.3 se ha intentado recoger, como resumen aproximado de los datos anteriores, las distancias apropiadas y las velocidades medias de cada grupo de medios de transporte, tal como se ha indicado antes de acuerdo con sus características de funcionamiento.

Por distancia apropiada se quiere indicar la longitud aproximada de una línea y no los recorridos óptimos o medios de sus usuarios.

Esta clasificación en grupos, que incluye también los medios convencionales, no es rígida, ya que, por ejemplo, en el caso del ferrocarril, existen ferrocarriles suburbanos con características de explotación naturalmente distintas e intermedias entre el metro y el ferrocarril propiamente dicho.

Se observa que para distancias muy cortas, del orden de los 2 a 3 km, conviene emplear medios de transporte con velocidades medias bajas que, en cambio, poseen la propiedad de movimiento continuo.

Para distancias cortas parecen más aconsejables medios de transporte a base de vehículos individuales, que poseen velocidades medias del orden de los 50 km/h. Estos vehículos con mayor capacidad o formando trenes pueden aplicarse a distancias medias con velocidades del orden de 80 a 100 km/h.

El vehículo, con suspensión y propulsión por aire, proyectado por el Instituto de Tecnología de Cranfield, que posee en teoría una velocidad ilimitada, aparece en la tabla 3.3 junto con los P.R.T., al suponer que para garantizar la seguridad y comodidad de los viajeros, las características de explotación serán análogas a las de éstos.

Los medios de transporte con vehículos de gran capacidad, que pueden desarrollar velocidades superiores a 100 km/h, deben cubrir lógicamente las largas distancias interurbanas.

CONCLUSION

Este breve estudio comparativo debe proseguirse comparando otros datos fundamentales, tales como costes de construcción, explotación, renovación de material, terrenos y servidumbres necesarias, seguridad, comodidad, aceptación por el público, deterioro e intrusión en el medio ambiente y rentabilidad económica.

CARACTERISTICAS DE EXPLOTACION DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

MEDIO DE TRANSPORTE	Distancias apropiadas	Velocidades aproximadas (km/h)
Carveyor Carlator Transurban Conveyor Belt System	muy cortas (2 a 3 km)	20
P.R.T. Vehículo con suspensión y propulsión por aire Transurban Non-Stop System Transurban Tact System	cortas (3 a 10 km)	50
Coche Autobús, autocar B.A.R.T. (metro) Air-Trans Transit Expressway	cortas y medias	80-100
Alweg Safège Vertebrado Aerotrán urbano	medias (40 a 100 km)	100
Ferrocarril Aerotrán tipo «Orleáns» Rotocar Monorraíl T.A.C.R.V. Garrett Magneplane Transrapid	largas (más de 100 km)	más de 100

Tabla 3.3

BIBLIOGRAFIA

Boeing Company: «The people-moving challenge», 1972.

Cátedra de Urbanismo, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: «Seminario sobre nuevos sistemas de transporte urbano», 1972.

Department of Aerodynamics, Cranfield Institute of Technology, Science Research Council: Cranfield C.T.S. Report 1: «The assessment of an air-supported and propelled urban transport system», 1972.

Department of Housing and Urban Development (Washington): «Tomorrow's transportation», 1968.

Dulles International News: «Transpo 72», May 27-June 4, 1972.

Ford Motor Company: «Automatically Controlled Transportation», 1972.

Garrett Corporation: «New technology in transportation», T.A.C.R.V. (Tracked Air Cushion Research Vehicle), 1972.

Japan Society for the Promotion of Machine Industry: «A New Urban Traffic System», 1972.

Krauss-Maffei: «Transrapid», «Transurban», 1972.

«Motor Mundial», diciembre 1973.

North American Monorail Corp: «Totocar Monocal transportation», 1972.

Raytheon Company: «Technology for transportation», 1972.

Rohr Industries: «Designer and Builder of modern transportation systems», 1972.

Société de l'Aérotrain: «Aérotrain Suburbain», «Aérotrain Interurbain», 1972.

«Transport-Expo», París, 4-8 de junio de 1973; «Conferencias de sociedades exposant a Transport-Expo».

résumé

Breve étude comparative des modernes moyens de transport terrestre

M.^a Carmen de Andrés Conde,
ingénieur des Ponts et Chaussées
Section de Projets Interurbain.
Direction Générale de la Voirie.

Dans cette étude, l'auteur recueille et compare une série de données actuellement disponibles sur les modernes moyens de transport terrestre, afin de faciliter le choix de celui qui soit le plus approprié à chaque cas.

Pour aider à la compréhension de leurs conditions d'exploitation, l'auteur a résumé, dans les définitions, les caractéristiques connues les plus remarquables de chacun d'entre eux, les classant par ordre alphabétique.

A partir de quelques-unes des caractéristiques d'exploitation, telles que vitesse et capacité, l'auteur énonce des critères sur le domaine d'application de chaque moyen de transport.

summary

Brief comparative study of the modern means of land transport

M.^a Carmen de Andrés Conde,
civil engineer
Interurban Planning Section
General Division of Highways and
Subsidiary Roads

In this study a series of data regarding the modern means of transport, available at present, are being compiled and compared in order to facilitate the choice of the most suitable one for each case.

In order to understand better the various using conditions we have listed the most prominent known characteristics of each of them in alphabetical order in the definitions.

With some of these characteristics as a point of departure, such as speed and capacity we have obtained criteria as to the application field of every means of transport.

zusammenfassung

Ein Kurzes Vergleichsstudium über die Modernen Landtransportmittel

M.^a Carmen de Andrés Conde,
Bauingenieur
Interurbanische Planungssektion
Allgemeine Abteilung für Hauptstrassen
und Landstrassen

In diesem Studium stellt man eine Reihe von jetzt verfügbaren Daten über moderne Landtransportmittel zusammen und vergleicht sie, um es zu erleichtern in jedem Fall das meist angebrachte zu wählen.

Um die Gebrauchsbedingungen leichter zu verstehen zu können, hat man in den Definitionen die meist bekannten Merkmale von jedem Transportmittel in alphabetischer Reihenfolge zusammengestellt.

Von einigen dieser Merkmale, wie z. B. Geschwindigkeit und Kapazität ausgehend, hat man Kennzeichen für das Anwendungsfeld jedem Transportmittels erhalten.