



ementariedad  
odal e Impacto del  
Ligero  
stóbal Pinto  
n transporte público y  
l sostenible  
e de APTeMUS

Málaga, 7 junio 201



# Contenido

- Introducción
  - Función del metro ligero dentro de los modos de transporte público
  - Ejemplos de metros ligeros en ciudades medianas
- Ejemplos de metros ligeros en grandes áreas metropolitanas
- Los pilares de una movilidad sostenible
- Conclusiones

# 1. Introducción



## In mundo más urbanizado

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Más del 50% de la población mundial vive en áreas urbanas (53% en 2014 según el Banco Mundial), sin embargo en América Latina y Caribe este porcentaje subía al 78% (entre 51% de Guatemala y 85% de Uruguay).

Se espera que para 2045 la población urbana crezca un 50%, pasando de 4.000 millones a 6.000 millones de personas.

La importancia de las ciudades se manifiesta en que más del 80% PIB mundial se genera en las ciudades, por lo que las ciudades juegan un papel importante en el crecimiento económico mundial.

El Banco Mundial resalta los retos que deben afrontar las ciudades para impulsar este crecimiento económico y además afrontar la lucha contra el cambio climático, ya que las ciudades consumen una energía mundial y son responsables del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello promueve que la urbanización sea inclusiva, resiliente, baja en carbono y competitiva.

Es por ello que los sistemas de transporte integrados juegan un papel importante en alcanzar estos objetivos en todos los países.

## rritorios en transformación

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Las grandes áreas metropolitanas en Latinoamérica se caracterizan por una elevada centralidad de servicios, no solo en cuanto empleo terciario, sino también, en cuanto salud, educación, comercio y ocio, conformando una tupida red de **ciudades dormitorio** entorno a la ciudad central.

Este sistema de ciudades genera una gran movilidad pendular, **periferia-centro**, que los sistemas de transporte público deberían canalizar en una gran medida, primero porque el nivel de desarrollo es paralelo a una baja motorización y segundo porque la movilidad pendular es relativamente fácil de afrontar con buenos sistemas de transporte público.

A medida que la aglomeración va madurando y transformándose las ciudades de la periferia pierden su carácter de ciudades-dormitorio, y van acogiendo la localización de actividades como educación, ocio, centros empresariales, etc. Esto produce una **movilidad más compleja** para la que el sistema de transporte público debe adaptarse.

Este proceso de cambio lo han seguido las ciudades europeas, y **Madrid** es un claro ejemplo. Si pasamos del Madrid metropolitano de los años 70 al Madrid del siglo XXI, la transformación ha sido enorme en todos los aspectos de movilidad.

# Tipologías de movilidad de las grandes metrópolis

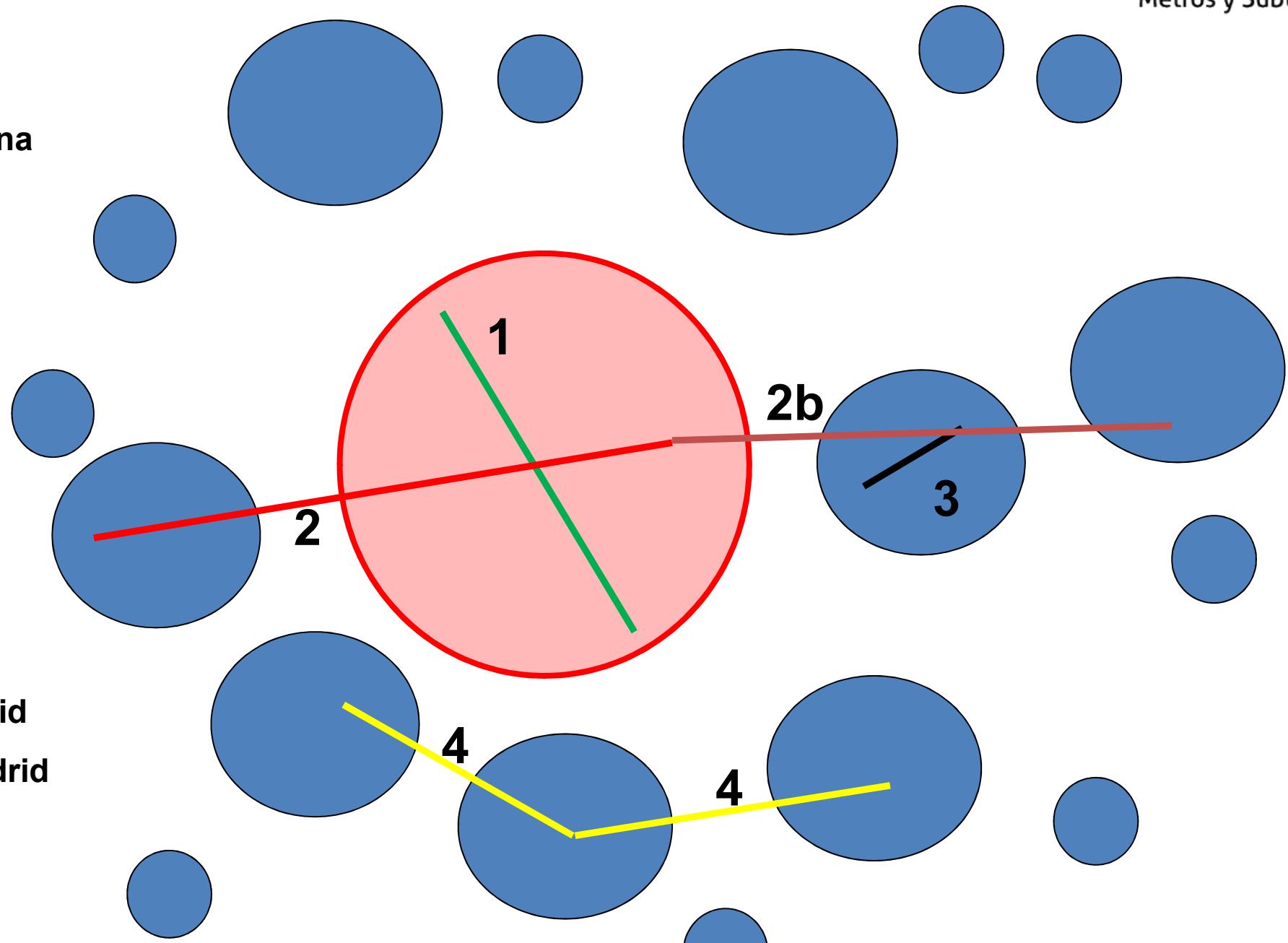
Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

idad urbana

idad interurbana

idad con Madrid

idad fuera Madrid





## Métodos de transporte adaptados a tipologías de movilidad

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

**Movilidad tipo 1** o movilidad urbana en la gran ciudad: Dependiendo del tamaño:

- en ciudades medias tendremos metro ligeros y/o sistemas BRT,
- y en grandes ciudades tendremos metros, normalmente subterráneos, complementado por BRT y metros ligeros.

**Movilidad tipo 2** o movilidad metropolitana radial:

- en ciudades medias tendremos sistemas BRT y/o metros ligeros
- y en grandes ciudades tendremos trenes de cercanías, metro y/o sistemas BRT

**Movilidad tipo 2b** o movilidad metropolitana pasante: En grandes ciudades tendremos trenes de Cercanías, y en ciudades medias metros, BRT o metros ligeros

**Movilidad tipo 3** o movilidad urbana en ciudades medias: Tendremos sistemas BRT o metros ligeros

**Movilidad tipo 4** o movilidad metropolitana transversal: En caso de ciudades medias podremos tener BRT o metros ligeros, e incluso si se quiere conformar una conurbación se podrá tener una línea de metro.

## 2. Función del metro ligero dentro de los modos de transporte público

## Evolución histórica (1)

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

El metro ligero (métro leger o tramway o tram, light rail transit (LRT), stadt bahn, en otros idiomas) surge como un nuevo modo de transporte ante la necesidad de **mejorar la operación y calidad del servicio** del transporte público, y como respuesta a los casos en los que los **niveles de demanda no hacen viable** económicamente modos con infraestructura independiente, como el metro convencional.

El metro ligero es una **evolución del tranvía** a un sistema sobre infraestructura ligera e plataforma reservada, material móvil con diseño moderno y elevadas prestaciones de comodidad de servicio, respetuoso con el medio ambiente.

En su concepción actual, el metro ligero **surge a finales de los años setenta en Alemania**, cuando ciudades de tamaño medio, como Frankfurt o Hannover, comprendieron que el sistema tradicional de tranvías había llegado al límite de su eficacia, y la adopción de soluciones convencionales de transporte masivo, como el metro, suponía realizar unas inversiones muy elevadas.

En los **años ochenta**, ciudades que habían perdido completamente el tranvía deciden implantar una línea de metro ligero, caso de Nantes (1985) y Grenoble (1987) en Francia, Calgary y Edmonton en Canadá, San Diego en Estados Unidos, etc.

## Evolución histórica (2)

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

los años 90 se pone en servicio un número elevado de redes que impulsan definitivamente el tema, casos de Manchester y París (1992), Karlsruhe (1993), Rouen, Valencia y Estrasburgo (1994), etc.

a partir de Estrasburgo que se da un salto cualitativo muy importante en la calidad de los temas de metro ligero y surge una explosión de nuevas líneas en diversos países europeos.

la mayoría de los nuevos proyectos de metro ligero, se acompaña de una renovación urbana en las inmediaciones del trazado de la línea (acondicionamiento de fachadas, jardinería, mobiliario, peatonalización, etc.), que potencia al metro ligero en superficie como elemento de transformación urbana.

mite la rehabilitación de zonas degradadas, tanto en el caso de reconversión de antiguas estaciones o áreas ferroviarias, (Valencia) como en la penetración en cascos históricos (Estrasburgo).

“impactos negativos” que con frecuencia perciben los ciudadanos (ruido, vibraciones, visión visual y seguridad), pueden mitigarse con éxito si se consideran adecuadamente desde las primeras fases de diseño del sistema.

Ciudades históricas europeas tienen redes importantes de metro ligero, sin que los impactos

## ugar del Metro ligero dentro de los modos de transporte

Vuchic, las características funcionales de un modo de transporte público están definidas por las siguientes:

Grado de independencia de la **infraestructura soporte**.

Tecnología del **material móvil**.

Operación y explotación del **servicio**.

Ciones en una o varias de estas tres características básicas definen distintos modos de transporte público.

Hay una tendencia a considerar la **tecnología del material móvil** como la característica determinante de la clasificación de los modos de transporte colectivo.

En embargo, el nivel de **segregación de la infraestructura soporte** sobre la que discurre el material móvil, y su relación con el resto del tráfico, es el que tiene una influencia mayor sobre las características funcionales de los distintos modos de transporte público.

# Clasificación de los modos de transporte público urbano

	TECNOLOGÍA		
	Modos conducidos	Modos guiados	Modos controlados
E S URA	Sobre neumático en viario	Sobre neumático	Sobre catenaria
C ndo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Autobús</li> <li>▪ Autobús exprés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trolebús</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tranvía</li> </ul>
B rma ada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús en plataforma reservada: bhs/brt full o bhs/brt lite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús/ Trolebús/ Híbridos guiados</li> <li>• Tranvía sobre neumáticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metro ligero o moderno</li> </ul>
A iente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús con viario independiente: bhs/brt heavy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metro con neumáticos</li> <li>• Monorraíl</li> <li>• Metro neumático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metro ligero</li> <li>• Metro convencional</li> <li>• Metro automático</li> </ul>

## Metro ligero: Un sistema de capacidad intermedia

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Los sistemas de capacidad intermedia son modos de transporte público cuya infraestructura es principalmente en plataforma reservada o tipo B, infraestructura que a lo largo de una línea de transporte puede convivir con tramos que comparte con el tráfico viario, caso de no poder darle la plataforma, así como con tramos de infraestructura independiente o exclusiva, es decir tramos en vía mixta o en túnel.

Según el cuadro anterior el metro ligero está en la misma línea que los sistemas de autobuses en plataforma reservada (brt/bhls full o lite) así como el tranvía sobre neumáticos y los autobuses o trolebuses en plataforma guiados. Estos sistemas operados con control semafórico en los cruces pueden alcanzar velocidades de explotación de casi 20 km/h en el centro urbano de las ciudades, a casi 30 km/h en las zonas más periféricas con mayor distancia entre paradas.

Tiene una capacidad de oferta en el tramo más cargado entre 2.000 y 10.000 viajeros/hora/sentido, una imagen fuerte y atractiva, con una elevada calidad de servicio y con un coste limitado.

Una característica fundamental de esta plataforma reservada, es quitar espacio al vehículo privado para dárselo al transporte público. Su inserción urbana se consigue con un tratamiento de acerado a fachada de las calles por las que circula. Esto acarrea unos costes importantes de construcción, pero tiene la ventaja que recupera la ciudad a lo largo del eje viario o calle por la

## Metro ligero: Superiores características funcionales

que los sistemas de capacidad intermedia tienen unas características funcionales similares, se señalar mejoras características de los metros ligeros respecto de los autobuses/trolebuses:

**Seguridad:** Los modos guiados como el metro ligero son más seguros que los modos conducidos

**Capacidad de la línea:** El metro ligero tiene vehículos más largos, por lo que su capacidad es superior. Además, al ser un modo guiado su ocupación por m<sup>2</sup> puede ser mayor frente a los modos conducidos, ya que tiene menor balanceo.

**A productividad:** Es mayor en el metro ligero al ser más largo y poder llevar más viajeros con menor personal y con un rozamiento menor y una menor anchura de plataforma al ser guiado, todo esto lleva a que diversos índices de productividad sean superiores en los metros ligeros.

**Calidad de Servicio:** Al ser los metros ligeros un sistema guiado la calidad del viaje para el usuario es superior a los modos conducidos.

**Velocidad de explotación:** Para llevar la misma demanda se necesita menos frecuencia, por lo que puede dar una mayor prioridad semafórica.

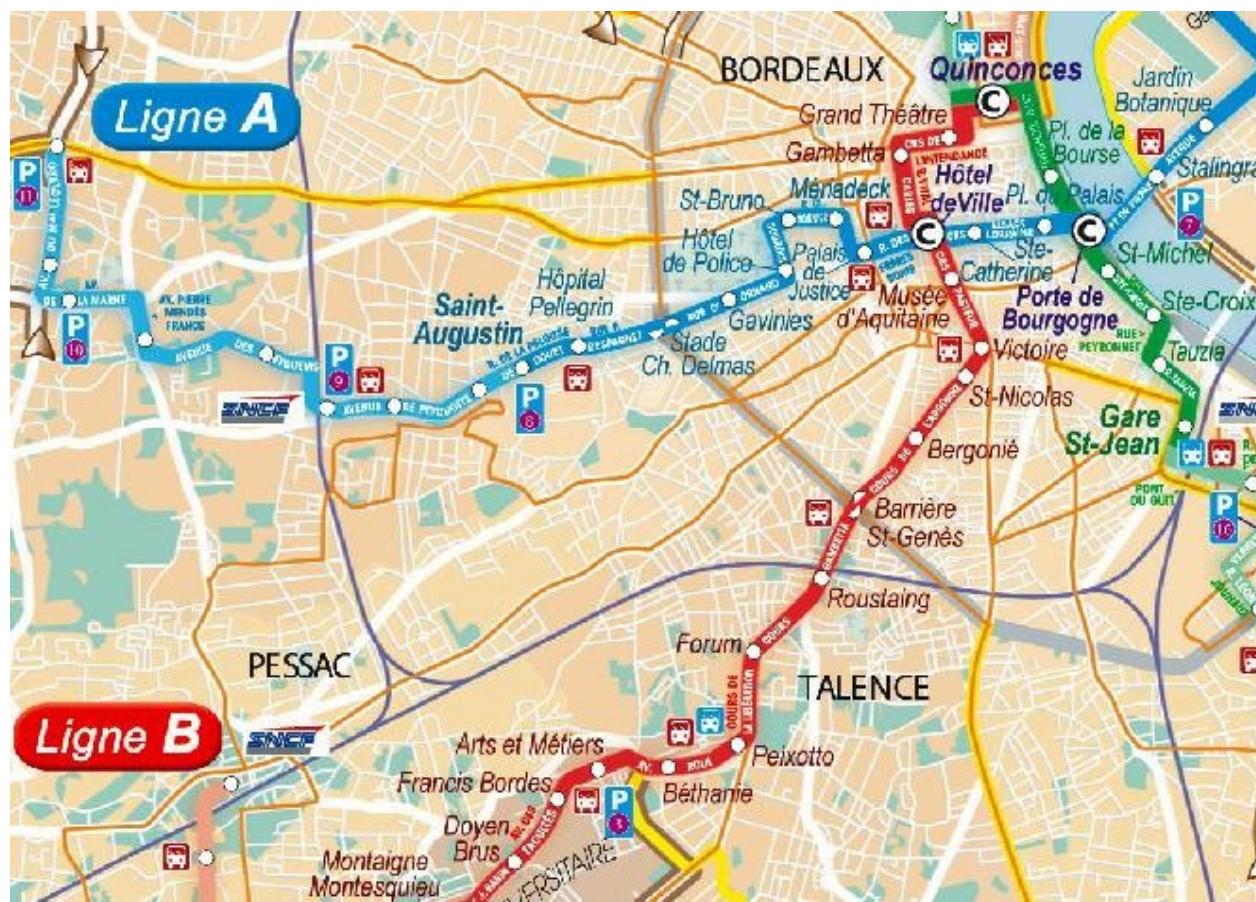
**Impactos:** Menor contaminación, menor efecto en el suelo, mejor calidad del espacio público.

### 3. Ejemplos de metros ligeros en ciudades medianas

## Urdeos: Tranvía es la red estructurante

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

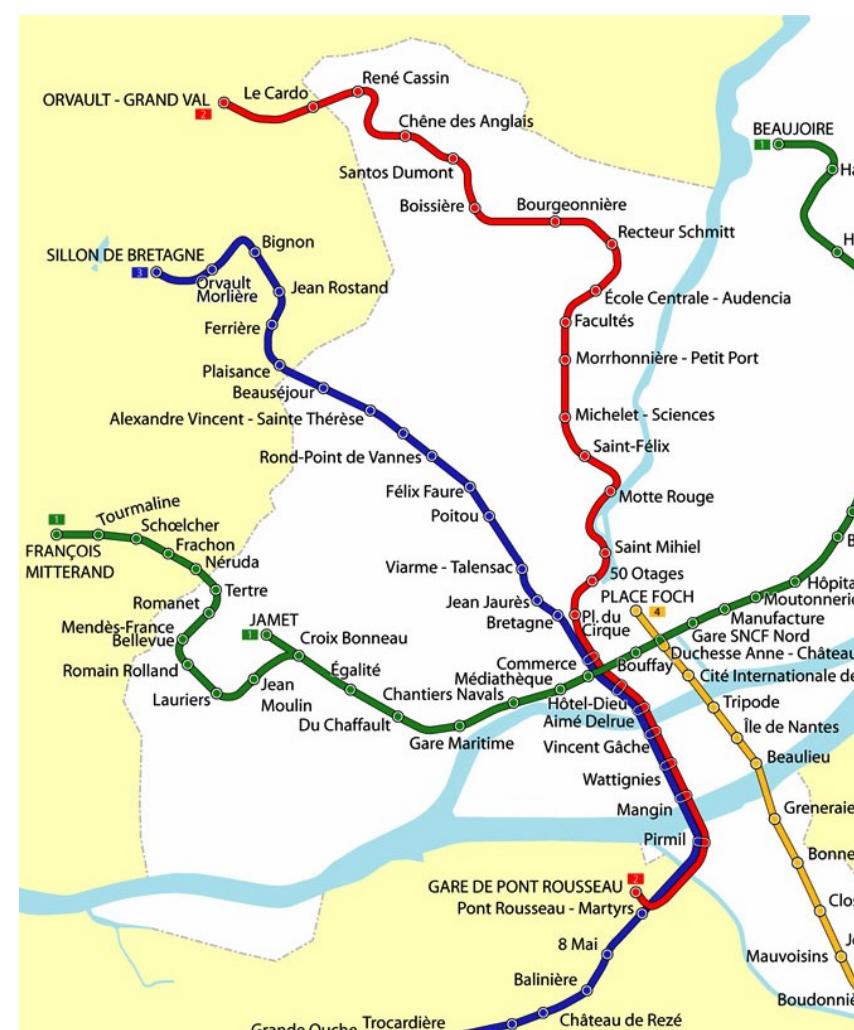
Urdeos es una ciudad mediana, 250.000 habitantes, pero que su conurbación urbana alcanza los 1.000.000 de habitantes, la quinta de Francia. Tiene una red de tranvía que es la red estructurante de la ciudad, compuesta por 3 líneas, con 43,9 km. Es un caso similar a Estrasburgo y Montpellier., Oporto, Zaragoza, etc.



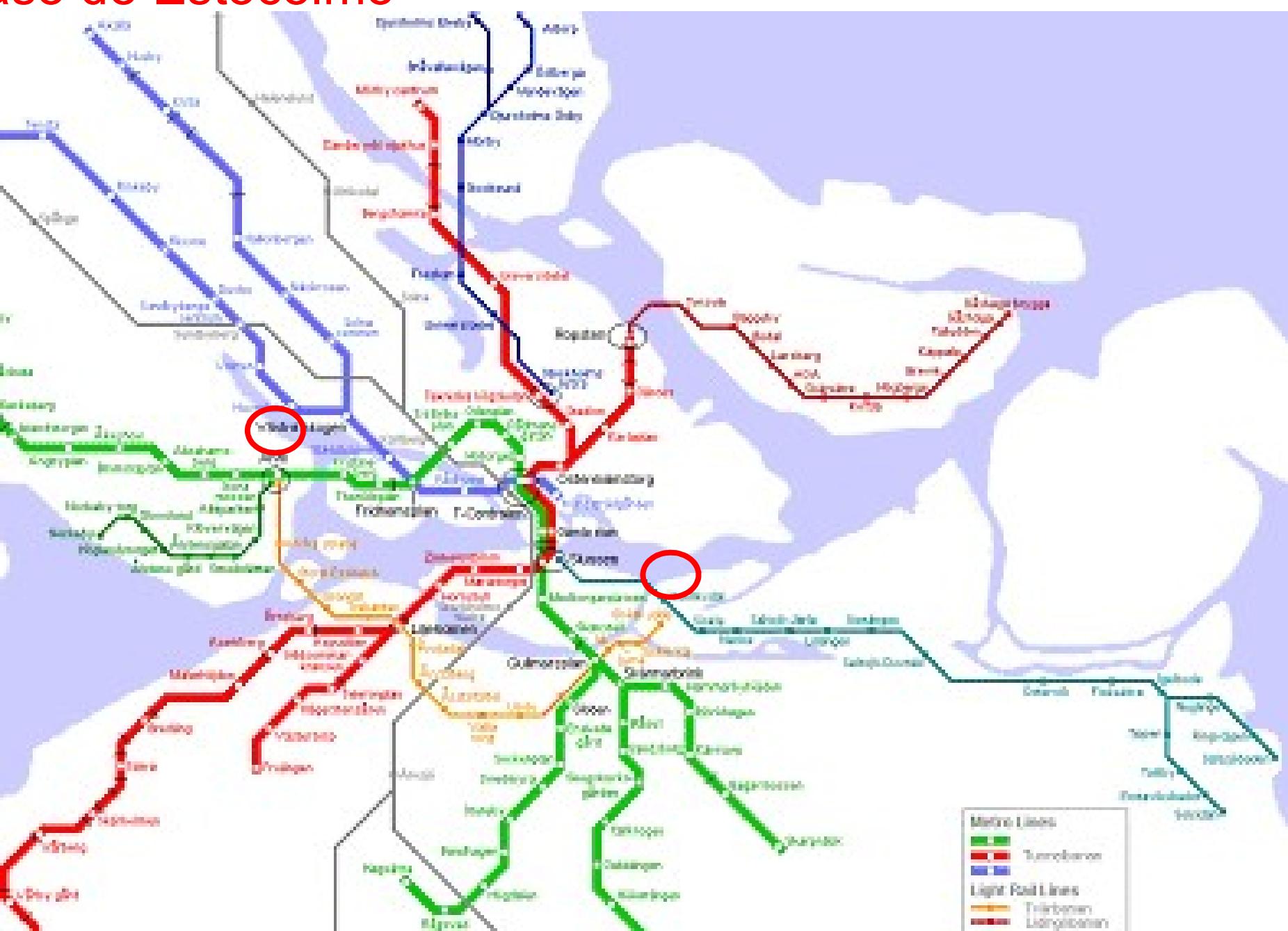
# entes: Tranvía es la red estructurante con BRT

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

es una ciudad mediana, 300.000 habitantes, pero que su conurbación urbana próxima a 1 millón de habitantes. Tiene una red de **tranvía** compuesta por 3 líneas, 45 km, pero además tiene una línea **BRT** de 7 km y varias líneas bhl's lite sobre 34 km de sitio propio. Es un caso similar es el de Rouen.



# Caso de Estocolmo



Asociación Latinoamericana

Metros y Subterráneos  
Estocolmo tiene los  
mejores sistemas de  
transporte público  
existentes en Europa.  
La ciudad tiene 0,7  
de habitantes y  
unos 2 millones de  
viajeros al día.

La línea Tvärbanan  
metro ligero es  
tangencial, conectando  
las red de metro  
y ferrocarril.

Casos similares:  
Valencia.

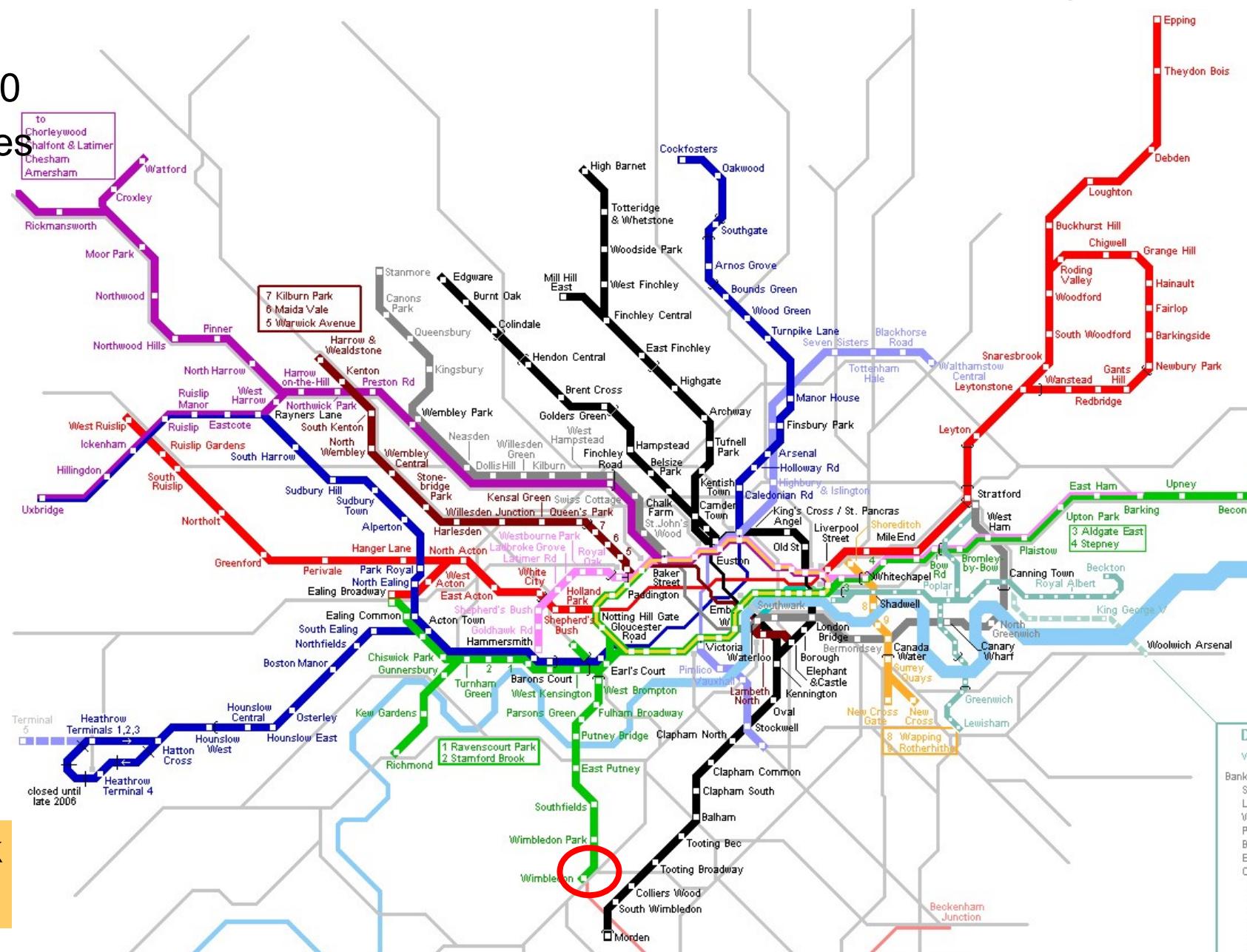
Línea  
Tvärbanan

## 4. Ejemplos de metros ligeros en grandes áreas metropolitanas

# caso de Londres

res, con 8,4 millones  
s en un territorio de 1.580  
una de las mejores redes  
porte público de Europa.

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos



# Croydon Tramlink: Se compone de 3 líneas

s: Zone 3

Travelcards: any of Zones 4,5 or 6\*

line to Putney,  
& Earl's Court.

 SWT to Clapham Junction,  
Waterloo & Thameslink  
to the City.

 Wimbledon

Connex/Thameslink  
to Balham, Clapham Junction  
& Victoria or Tulse Hill,  
Peckham & London Bridge.

Wimbledon  
Bridge  
Lane Walk  
Mitcham  
Beddington  
Therapia Lane  
Ampere Way  
for Ikea and Valley Park  
Waddon Marsh  
for Purley Way retail parks  
Wandle Park

Connex/Thameslink  
to Clapham Junction, Victoria,  
London Bridge, Waterloo,  
Charing Cross, Bedford & Luton.

West Croydon

 Wellesley Road

Connex  
to Crystal Palace,  
Victoria &  
London Bridge.

East Croydon

 Addiscombe

Connex  
to Herne Hill,  
Brixton & Victoria.

Birkbeck



Avenue Road

Beckenham Road

Connex to Bromley South  
& Orpington.

Harrington Road



Beckenham Junction

Connex  
to Catford, Lewisham,  
London Bridge,  
Waterloo & Charing Cross.

Elmers End



Connex  
to Eden Park,  
West Wickham & Hayes.

Connex/Thameslink  
to Purley, Redhill,  
Brighton & the  
South Coast.

Lloyd Park

Coombe Lane

Gravel Hill  
for Addington Palace

Selsdon Vale T33

Forestdale T31

Addington  
Village

Fieldway

King Henry's Drive

Homestead Way, Vulcan Way T31

Arnhem Drive, Vulcan Way T32

New Addington



## Key

 Tramlink Route 1: Wimbledon - Elmers End, every 10 minutes during the day on Monday to Saturday

 Tramlink Route 2: Croydon - Beckenham Junction, every 10 minutes during the day on Monday to Saturday

During evenings and all Sundays, Route 2 is extended from Croydon to Wimbledon

Paso por zona común  
única



Terminal estación



## caso de París

región (Île-de-France), con casi 12 millones de habitantes en 12.000 km<sup>2</sup> y la capital con 2,2 millones y una superficie de 105 km<sup>2</sup>, tiene una de las mejores redes de transporte público de Europa: el tranvía:

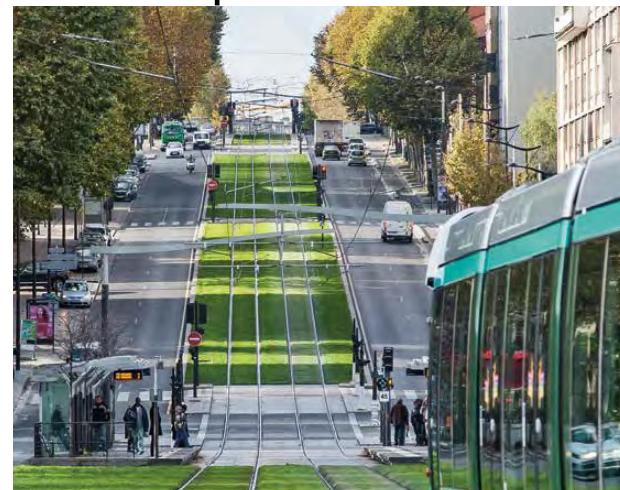
líneas (incluye la línea T4, línea tren-tram y la línea T6, que es un tranvía sobre neumáticos)

37 estaciones

05 km de longitud, y

30.000 viajeros/día

Estas líneas son periféricas, con un desarrollo tangencial, conectando con las redes de metro, el carril RER y autobuses, varias de ellas se desarrollan fuera del término municipal de la ciudad o



# Caso de Barcelona

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Barcelona es una región con 5,0 millones de habitantes en 3.237 km<sup>2</sup> y la capital con 1,6 millones habitantes en una superficie de 101 km<sup>2</sup>, tiene dos redes de tranvías con 3 líneas cada una, y que ahora está en estudio el desarrollo de un sistema de metro que une las dos redes por medio de la Avenida Diagonal:

Las tres líneas de tranvía se extienden a lo largo de 30 km y 56 estaciones.

En Barcelona las líneas son radiales, de la periferia hacia el centro, un caso que no se suele dar en otras grandes metrópolis.



# Caso de Madrid: Línea ML1 en la zona norte

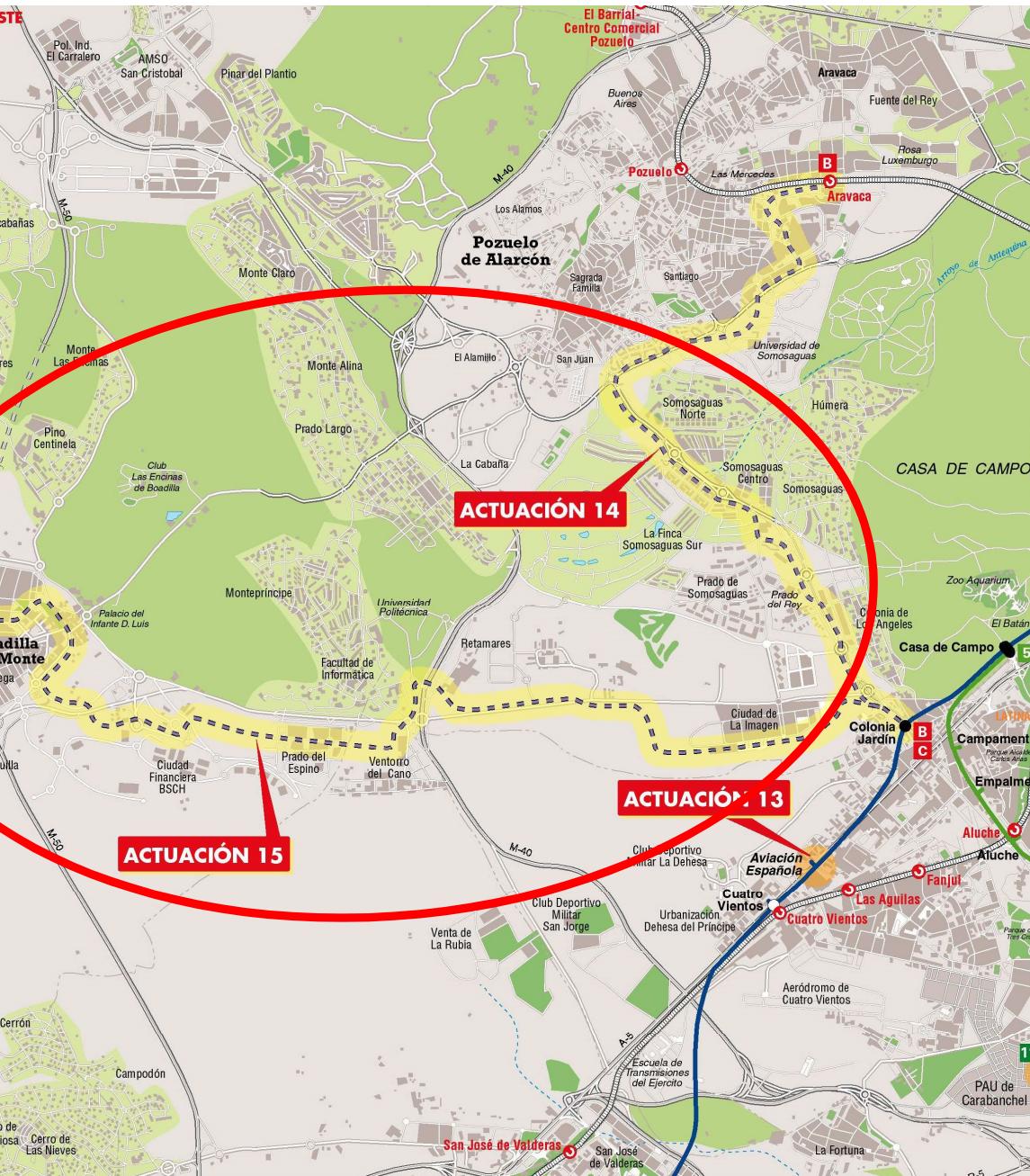
Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos



## ML1: Metro ligero a Sanchinarro y Las Tablas

- Longitud: 5,3 km
- Estaciones: 10
- Población entorno: 40.000 hab.
- Estaciones de transbordo con metro en cada extremo.
- Intercambio con línea de Cercanías al aeropuerto.
- Accesibilidad a parques empresariales, centros comerciales.
- Posibilidad de prolongar por los dos extremos.

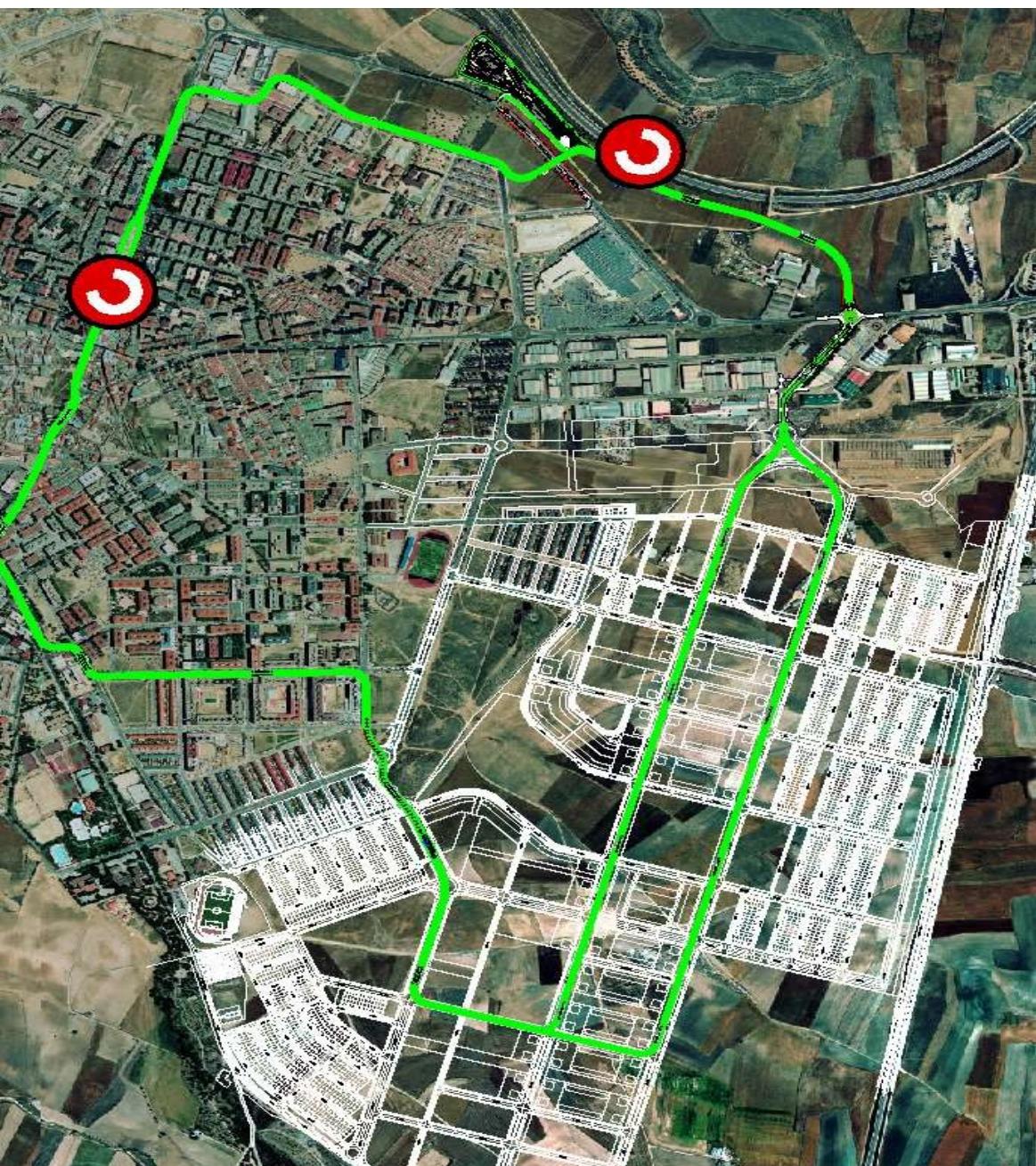
# caso de Madrid: Líneas ML2 y ML3 en la zona oeste



## Metro Ligero Oeste

- Dos líneas: MI2 y ML3
- Longitud: 22,7 km
- Estaciones: 29
- Población entorno: 87.000 hab.
- Estación de transbordo con línea 10 de metro
- Intercambio con Cercanías
- Accesibilidad a Campus Universitario, parques empresariales, Zonas de ocio, etc.

## Caso de Madrid: Tranvía de Parla



### Tranvía de Parla

- Línea circular de 8 km
- Conecta con la estación de Cercanías
- Da accesibilidad a un nuevo desarrollo urbano
- Financió como 1/3 del coste de la infraestructura

## 5. Los pilares de una movilidad sostenible

# por una movilidad sostenible

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

políticas a seguir de apoyo a una movilidad sostenible se deben articular sobre los 5 pilares siguientes:

ar 1: Potenciar el transporte público

ar 2: Limitar el uso indiscriminado del vehículo privado,

ar 3: Integrar el desarrollo urbano con la movilidad

ar 4: Potenciar los modos amables y la calidad del espacio público

ar 5: Crear una autoridad de transporte que integre el sistema de movilidad

ar 6: Educación y formación de la ciudadanía

# ar 1: Potenciar el transporte público

us-Vao (BRT)

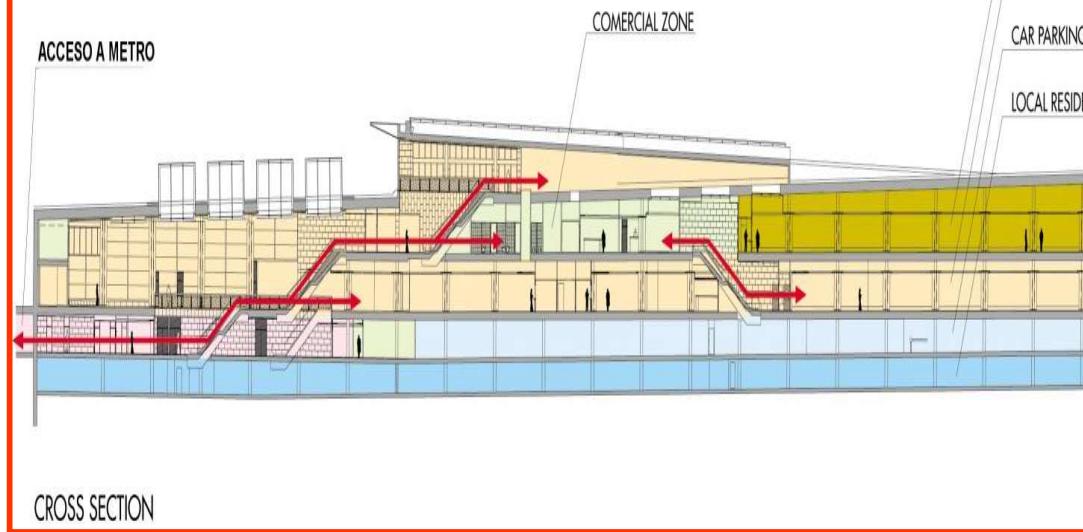


Las grandes áreas metropolitanas necesitan redes con modos diferentes, que se adapten a la demanda que canalizan.

El metro ligero tiene una funcionalidad específica para ciertas movilidades en función del

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

## Grandes intercambiadores con buses



## Redes de Metro y metro ligero



## ar 2: Limitar el uso indiscriminado del vehículo privado

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Política de estacionamiento en la calle (número de plazas, tipos azul y verde, coste/tiempo, control o regulación)

Desincentivar y/o fiscalizar la oferta de plazas de aparcamiento en empresas

Equilibrar el uso de espacio viario a favor de los peatones, ciclistas y transporte público

Si es necesario, introducir el peaje de congestión (congestion charge)

Limitar el acceso de vehículos contaminantes a zonas de bajas emisiones

Declarar protocolos restringiendo el uso del coche para el caso de episodios de elevada contaminación

## Parte modal según disponibilidad estacionamiento en lugar de trabajo

Ciudad	Vehículo privado	Transporte público	Otros modos
Besançon			
SI Parking garantizado	90%	6%	4%
NO Parking garantizado	46%	29%	25%
Grenoble			
SI Parking garantizado	94%	3%	3%
NO Parking garantizado	53%	29%	18%
Toulouse			
SI Parking garantizado	99%	1%	0%
NO Parking garantizado	41%	24%	35%
Berna			
SI Parking garantizado	95%	3%	2%
NO Parking garantizado	13%	55%	32%
Ginebra			
SI Parking garantizado	93%	3%	4%
NO Parking garantizado	36%	25%	39%
Lausana			
SI Parking garantizado	61%	22%	22%

## ar 3: Integrar el desarrollo urbano con la movilidad

nes Regionales o Planes Generales de Urbanismo

sarrollos específicos mediante Planes Parciales o Planes de Sectorización

nsificación alrededor de estaciones, normalmente estaciones de tren o metro: Berna, Frankfurt, Düsseldorf, La Haya, ...

generación urbana: Manchester (zona de Quays con el metro ligero), Londres (zona de Docklands con el metro), Montpellier (zona de Antigone con el metro ligero), Gotenburgo (zona de Puerto con un BRT), ...

ocieties: Friburgo (barrio Vauban), Linz (barrio Solar City), ...

nceptuales: Holanda (Plan ABC), España (Estrategia sobre Medio Ambiente Urbano), ...

movilidad: PDU (Francia), LTP (UK), Planes de Movilidad Urbana Sostenible-PMUS.

## Recomendaciones del contrato de eje de Toulouse

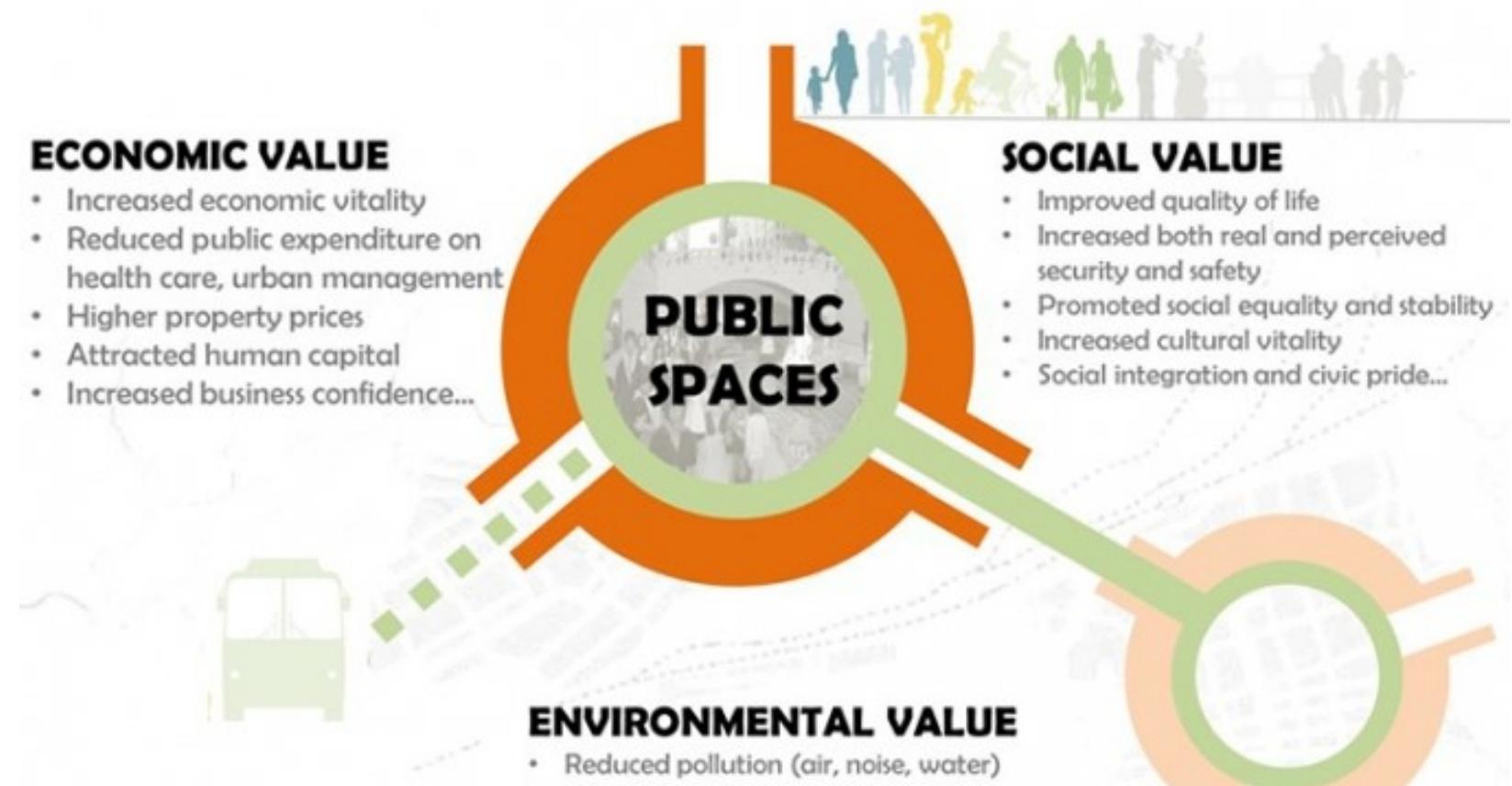
	Densidad Pob/ha	Número viv/ha	Número empleos/ha	Modo	Zona influencia
ro de la generación	200	70	45		Todos los modos
d intensa (del centro)	200	70	45	Metro	600m
	140	50		Tranvia	500 m
	100	35	30	Tren	600 m
	40	15		BHLS	400 m
orios de controlado	[30 à 50]		20		Otros territorios de la ciudad intensa
	20		10		Polos de servicios

## Parte 4: Potenciar los modos amables y la calidad del espacio público

Caminar o andar en bicicleta 25 minutos diarios aumenta hasta 7 años esperanza de vida:

<http://www.efekto.tv/noticias/ciencia/caminar-25-minutos-diarios-aumenta-hasta-7-anos-esperanza-de-vida#sthash.b2tBhg5R.dpuf>

El espacio público de calidad es una necesidad de nuestras ciudades, no es porque sea un espacio bonito y agradable, sino que además tiene importante efectos económicos, sociales y ambientales.





## Pilar 5: Necesidad de una autoridad de transporte

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Las grandes ciudades no son viables sin un buen transporte público: Densidad de población y espacio limitado, suelo escaso, etc.: el TP es el más eficiente modo de transporte por viajero-km.

Las áreas metropolitanas tienen marcos institucionales muy complejos, que envuelven diferentes niveles de autoridades responsables de las políticas de transporte y urbanismo.

Las redes de transporte son muy complejas en las grandes ciudades, con diferentes modos y diferentes operadores.

La suma de un todo integrado es muy superior a la suma de las partes.

Integración con funciones de:

Integración administrativa

Integración tarifaria

Integración modal

Integración tecnológica

Pilar 6: Educación y formación de la ciudadanía

Asociación Latinoamericana  
Metros y Subterráneos

Vuelta al cole: España vs Holanda

## FORMAS DE IR AL COLEGIO



ESPAÑA VS HOLANDA

## 6. Conclusiones

os sistemas de metro ligero son sistemas que deben construirse en superficie sobre plataforma reservada, con cruces semafóricos que le den prioridad

a imagen positiva de estos sistemas ante la ciudadanía les hace muy interesantes en los ámbitos urbanos.

según el tamaño de la ciudad en que se desarrollen podrán ser la red estructurante del sistema de transporte, caso de ciudades medias, o ser alimentadores de redes más potentes, caso de grandes áreas metropolitanas.

Prácticamente los diferentes tipos de movilidad pueden ser canalizados por una línea de metro ligero si la demanda lo justifica.

Ante los múltiples efectos positivos de estos sistemas se contrapone el coste de construcción que llevan, lo que implica que se deben estudiar con detenimiento y las decisiones deben ser técnicas, y no por ser un sistema sexy.

En general, las ciudades se desarrollan de una forma no lineal, por lo que la oferta estructurante de transporte debe articularse sobre varias líneas, complementadas por las redes de autobuses. Esta red estructurante debe desarrollarse por medio de modos de transporte diferentes, acordes con los niveles de demanda de los corredores en que se desarrollen.

If you plan for cars and traffic, you get cars and traffic.

If you plan for people and places, you get people and places.



Fred Kent, Presidente del „Project for Public Space“

[www.pps.org](http://www.pps.org)

Muchas gracias por su atención

[ccp2807@gmail.com](mailto:ccp2807@gmail.com)