

MATERIA
Transporte e Territorio

TITULACIÓN
Grao en Enxeñaría Civil

unidade
didáctica
7

O transporte metropolitano, e mobilidade sostible. O Plan de Mobilidade Urbana Sostible (PMUS) como elemento estruturador das cidades

David Cota Mascuñana
Alberte Castro Ponte
Héctor Varela Novoa

Enxeñaría e Infraestruturas dos Transportes
Escola Politécnica Superior

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Ensinanzas Técnicas

DESCATALOGADO



Esta obra atópase baixo unha licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/legalcode.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2015

Deseño e maquetación

J. M. Gairí

Edita

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico
da Universidade de Santiago de Compostela
usc.es/publicacions

ISBN

978-84-16533-17-6

DOI

<http://dx.doi.org/10.15304/9788416533176>



MATERIA: Enxeñaría do Transporte
TITULACIÓN: Grao en Enxeñaría Civil
PROGRAMA XERAL DO CURSO

MÓDULO I: Enxeñaría do Transporte

Unidade 01. Introducción ao transporte

Unidade 02. A planificación do transporte. Conceptos xerais

Unidade 03. O transporte por estrada

Unidade 04. O transporte ferroviario. Alta velocidade ferroviaria

Unidade 05. O transporte aéreo

Unidade 06. O transporte marítimo

Unidade 07. O transporte metropolitano e mobilidade sostible. O Plan de Mobilidade Urbana Sostible (PMUS) como elemento estruturador das cidades

Unidade 08. Políticas e Estratexias europeas e españolas para a mobilidade sostible

Unidade 09. O transporte por cable

Unidade 10. O transporte por tubaxe

Unidade 11. Factores estratéxicos de competitividade nas cadeas de transporte: intermodalidade e loxística

Unidade 12. Xestión dos Servizos Públicos no sector do transporte

Unidade 13. Financiamento nacional e internacional da construción e xestión de infraestruturas de transporte. As Institucións Financeiras Internacionais (IFI)

Unidade 14. Contratos FIDIC. Unha aproximación xeral

Unidade 15. Inglés técnico na enxeñaría do transporte



MÓDULO II: Os Sistemas Intelixentes de Transporte (SIT ou ITS) aplicados á xestión do tráfico por estrada

Unidade 16. Novas tecnoloxías e sistemas aplicados á xestión do tráfico

Unidade 17. A toma de datos na planificación do transporte: Estudos de tráfico e análise da demanda

Unidade 18. Metodoloxías e procesos na xestión do tráfico en situacións de vialidade invernal e emerxencias

Unidade 19. Sistemas tecnolóxicos para a detección de infraccións e cumprimento da normativa de tráfico



ÍNDICE

PRESENTACIÓN

OS OBXECTIVOS

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

ACTIVIDADES PROPOSTAS

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Introducción
 - 1.1. O concepto metropolitano
 - 1.2. A evolución da mobilidade metropolitana
 - 1.3. O círculo vicioso do transporte en vehículo privado
 - 1.4. Os modos de transporte metropolitano e as súas clasificacións
 - 1.4.1. Clasificación segundo a infraestrutura que utilizan
 - 1.4.2. Clasificación segundo a tecnoloxía de movemento que utilizan
 - 1.4.3. Clasificación segundo o volume de demanda que atenden
 - 1.4.4. Clasificación segundo a titularidade
 - 1.4.5. Sistemas de transporte urbano en concepto de aluguer
 - 1.4.6. Outros sistemas: Advanced People Mover (APM)
 - 1.4.7. Comparación entre sistemas
 - 1.5. Algunhas ordes de magnitude de custos
 - 1.5.1. BRT (Bus Rapid Transit)
 - 1.5.2. Metro lixeiro
 - 1.5.3. Metro
2. Cara a un Transporte Metropolitano Sostible
3. O Plan de Mobilidade Urbano Sostible (PMUS) como ferramenta planificadora do transporte sostible e creadora dunha nova realidade urbana
 - 3.1. Análise da mobilidade urbana en España e Europa
 - 3.2. Que é un Plan de Mobilidade Urbana Sostible (PMUS)?
 - 3.2.1. Análise do concepto de PMUS:
 - 3.2.2. Características principais dos PMUS:
 - 3.3. Por que un plan de mobilidade urbana sostible?
 - 3.4. Para quen un PMUS?
 - 3.5. Que medidas e actuacións contempla?
 - 3.5.1. Control e ordenación de tráfico
 - 3.5.2. Xestión e limitación do aparcamento para o vehículo privado
 - 3.5.3. Potenciación do transporte colectivo



- 3.5.4. Fomento da mobilidade peonil
- 3.5.5. Fomento da mobilidade ciclista
- 3.5.6. Recuperación da calidade urbana e cidadá
- 3.5.7. Específicas de xestión da mobilidade
- 3.5.8. Mellorar a mobilidade de persoas de mobilidade reducida
- 3.5.9. Mellora da mobilidade de mercancías, incluíndo carga e descarga
- 3.5.10. Concienciación cidadá
- 3.5.11. Integración da mobilidade en as políticas urbanísticas
- 3.5.12. Mellorar a calidade ambiental e o aforro enerxético
- 3.5.13. Mellora do transporte a grandes áreas e centros atractores de viaxes
- 3.5.14. Mellora da seguridade viaria

4. Desenvolvementos Orientados ao Transporte

4.1. Definición

4.2. Principios

- 4.1.1. Camiñar
- 4.1.2. Pedalear
- 4.1.3. Conectar
- 4.1.4. Transportar
- 4.1.5. Mesturar
- 4.1.6. Densificar
- 4.1.7. Compactar
- 4.1.8. Cambiar

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

BIBLIOGRAFÍA



PRESENTACIÓN

Esta Unidade didáctica forma parte da programación da materia optativa “Transporte e Territorio”, do terceiro curso do Grao en Enxeñaría Civil.

A programación docente da materia divídese en dous grandes módulos. O primeiro módulo, *Enxeñaría do transporte* (16 unidades didácticas) dedícase a presentar os aspectos fundamentais relacionados con cada un dos diferentes modos de transportes e aspectos vinculados cos modos de financiamento e explotación dos mesmos.

Os temas do primeiro módulo son os seguintes:

- **Unidade 01. Introducción ao transporte:** nesta unidade realízase unha primeira aproximación a que é o transporte e a súa importancia en termos económicos e sociais.
- **Unidade 02. A planificación do transporte. Conceptos xerais:** nesta unidade indícase a importancia do proceso de planificación no transporte e preséntase algunha metodoloxía xenérica de planificación.
- **Unidade 03. O transporte por estrada:** nesta unidade abórdanse aspectos básicos e avanzados sobre o vehículo, a infraestrutura, lexislación, modelos de xestión e importancia en España e no mundo deste modo de transporte
- **Unidade 04. O transporte ferroviario. Alta velocidade ferroviaria:** Alta velocidade ferroviaria: nesta unidade abórdanse aspectos básicos e avanzados sobre o vehículo, a infraestrutura, lexislación, modelos de xestión e importancia en España e no mundo deste modo de transporte.
- **Unidade 05. O transporte aéreo:** nesta unidade abórdanse aspectos básicos e avanzados sobre o vehículo, a infraestrutura, lexislación, modelos de xestión e importancia en España e no mundo deste modo de transporte.
- **Unidade 06. O transporte marítimo:** nesta unidade abórdanse aspectos básicos e avanzados sobre o vehículo, a infraestrutura, lexislación, modelos de xestión e importancia en España e no mundo deste modo de transporte.
- **Unidade 07. O transporte metropolitano e mobilidade sostible: O Plan de Mobilidade Urbana Sostible (PMUS) como elemento estruturador das cidades:** nesta unidade abórdanse as particularidades do transporte metropolitano e urbano, a tipoloxía e clasificación de vehículos e infraestruturas e os modelos de xestión do transporte. Asimesmo, tamén preséntase a ferramenta PMUS como aproximación metodolóxica para a solución de problemas de mobilidade e seguridade viaria en contornos urbano. Finalmente, amósase a importancia desta ferramenta co obxectivo de crear e estruturar cidades.
- **Unidade 08. Políticas e Estratexias europeas e españolas para a mobilidade sostible:** nesta unidade se presentan as diversas iniciativas que existen a nivel europeo e que promoven a mobilidade sostible, ecomobilidade e aspectos de vital importancia como son a seguridade viaria.
- **Unidade 09. O transporte por cable:** nesta unidade abórdanse aspectos básicos e avanzados sobre o vehículo, a infraestrutura, lexislación, modelos de xestión e importancia en España e no mundo deste modo de transporte.



- **Unidade 10. o transporte por tubería:** nesta unidade abórdanse aspectos básicos e avanzados sobre a infraestrutura, lexislación, modelos de xestión e importancia en España e no mundo deste modo de transporte.
- **Unidade 11. Factores estratéxicos de competitividade nas cadeas de transporte: Intermodalidade e Loxística:** nesta unidade estudáanse os principais factores estratéxicos chave para acadar un alto índice de satisfacción dos clientes e competitividade nas cadeas de transporte, como son a intermodalidade e a loxística.
- **Unidade 12. Xestión dos servizos públicos no sector do transporte:** nesta unidade se explican as diferentes modalidades que existen en España para xestionar os Servizos Públicos de Transporte.
- **Unidade 13. Financiamento nacional e internacional da construción e xestión de infraestruturas de transporte. As Institucións Financeiras Internacionais (IFI):** esta unidade, de vital importancia, aborda as diferentes fontes e mecanismos de financiamento de infraestruturas e servizos de transporte. Tamén se explican qué son as Institucións Financeiras Internacionais (IFI) e cal é o seu rol no financiamento de infraestruturas e servizos de transporte.
- **Unidade 14. Contratos FIDIC. Unha aproximación xeral:** nesta unidade preséntanse e defínense que son os contratos rexidos polas regras FIDIC xa que se converteron no modelo de contrato de construción máis utilizado a nivel internacional en contornas e países de baixa seguridade xurídica, política e económica.
- **Unidade 15. Inglés técnico na enxeñaría do transporte:** nesta Unidade preséntase vocabulario técnico de interese vinculado ao sector das infraestruturas do transporte e a súa xestión.

No segundo dos módulos abórdanse interesantes aspectos das novas tecnoloxías aplicadas á xestión do transporte denominadas Sistemas Intelixentes do Transporte (SIT) ou Intelligent Transport Systems (ITS) en inglés.

- **Unidade 16. Novas tecnoloxías e sistemas aplicados á xestión do tráfico:** nesta unidade didáctica estúdanse os sistemas que existen actualmente para supervisar e xestionar o tráfico.
- **Unidade 17. A toma de datos na planificación do transporte: Estudos de tráfico e análise da demanda:** nesta unidade estúdanse as tecnoloxías que existen actualmente para a toma de datos vinculados cos estudos de tráfico, así como a información que soe formar parte deste tipo de estudo.
- **Unidade 18. Metodoloxías e procesos na xestión do tráfico en situacións de vialidade invernal e emerxencias:** nesta unidade estúdanse os principios básicos de situacións de emerxencia e o modelo de xestión de situacións de emerxencia aplicado á xestión do tráfico promovido polas Administracións competentes nesta materia.
- **Unidade 19. Sistemas tecnolóxicos para a detección de infraccións e cumprimento da normativa de tráfico:** nesta unidade estúdanse as tecnoloxías existentes no ámbito do enforcement ou, como facer aplicable o cumprimento dunha lei ou norma a través de tecnoloxías con capacidade sancionadora segundo a lexislación actual.



A presente Unidade didáctica impártese en 2h de clase expositiva de xeito presencial.

Ademais dos alumnos do terceiro curso do Grao en Enxeñaría Civil, os contidos presentados poden ser de interese para outros docentes ou profesionais do sector que desenvolvan a súa actividade no ámbito da explotación e do deseño destas tipoloxías de infraestruturas do transporte.

OS OBXECTIVOS

- Ter consciencia da importancia do transporte de persoas e mercadorías para a economía.
- Ser conscientes da importancia da planificación á hora de investir en infraestruturas e modelos de xestión do transporte.
- Coñecer de forma profunda os vehículos, infraestruturas e modelos de xestión de cada un dos modos de transporte.
- Coñecer dos diferentes modelos de xestión de servizos públicos que existen en España.
- Dispor dun coñecemento básico das fontes de financiamento e recursos para a financiamento de infraestruturas e modelos de xestión do transporte.
- Dispor dun coñecemento básico do inglés técnico utilizado no ámbito da xestión do transporte.
- Dispor de coñecemento do contorno cos contratos FIDIC, contratos xeneralizados a nivel internacional para a construción e xestión de infraestruturas.
- Ter un coñecemento básico e dotar aos alumnos de habilidades “brandas” transversais para reforzar as súas capacidades profesionais á marxe das habilidades técnicas “duras” ou de enxeñaría.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

- Os principios teóricos e os contidos fundamentais expóranse nas clases expositivas. Para iso, o profesor empregará os medios audiovisuais da aula para a realización de presentacións.
- O alumno elaborará ao finalizar cada sesión presencial un resumo dos contidos traballados, no que se recollan as súas reflexións sobre a temática abordada.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Como ampliación e aplicación dos contidos teóricos traballados nas sesións expositivas, propónse a realización da seguinte actividade:



Seleccionar un modo de transporte público nunha cidade nacional ou internacional e indicar:

- A importancia ou cambio económico e social que aporta ese modo de transporte.
- Indicar se se atopa dentro de algunha estratexia de transporte metropolitana ou nun PMUS.
- De non ser así, considerar se a planificación dese modo de transporte nun PMUS.
- Clasificar o modo de transporte dentro de todas as categorías expostas na unidade didáctica.
- Indicar os custos aproximados de construción das infraestruturas que usa o modo de transporte e, se consegues os datos, dos custos de explotación
- A rendibilidade económica e social do proxecto.
- Independentemente de que na cidade exista ou non un PMUS, ¿é capaz de identificar medidas do PMUS que sería conveniente que fosen ser aplicadas nesa cidade?

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Introducción

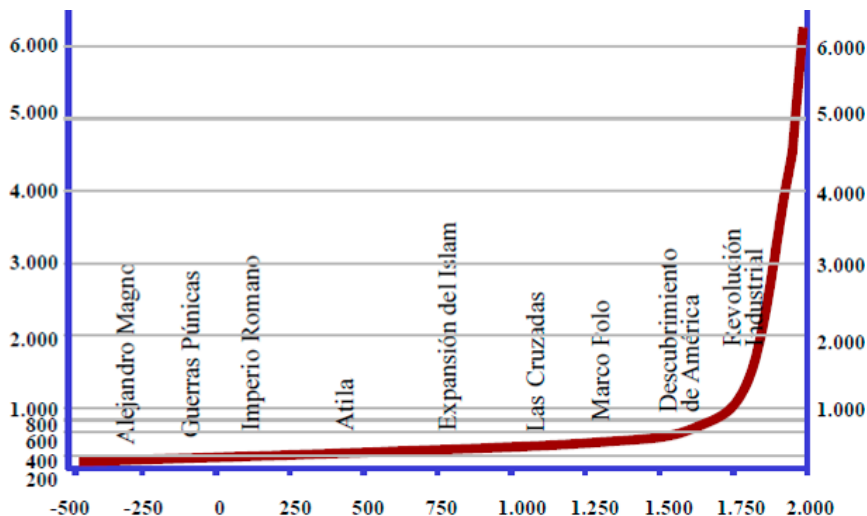
1.1. O concepto metropolitano

Existen unha serie de características propias da evolución do transporte metropolitano. Entre elas:

- Antigamente, o tamaño das cidades atopábase limitado polo tempo de desprazamento dos cidadáns.
- Coa mellora da velocidade comercial e a capacidade de transporte dos medios de transporte modernos crece o tamaño das zonas urbanas, derivando nun aumento das necesidades de transporte mecanizado.
- A evolución social das cidades fai que se concentren actividades residenciais, laborais e de ocio, provocando maior mobilidade e especialización do uso do solo.
- Ao mellorar o transporte e crecer as cidades, vanse creando grandes continuos urbanos que van creando o concepto de áreas metropolitanas.
- Paralelamente, a poboación mundial evoluciona do seguinte modo:
 - o Grande aumento da poboación mundial con tendencia ao asentamento en zonas urbanas.
 - o En 1800 menos do 3% vivían en cidades > 20.000 hab.



Figura 1.1: Evolución do crecemento da poboación mundial ao longo da historia (en millóns)



o Por outra parte, as previsións do aumento da poboación urbana cada vez son maiores:

Figura 1.2: Evolución do crecemento da poboación urbana.

Urbanización	1975	1995	2015	2020
Mundial	38%	46%	56%	58%
África	25%	36%	48%	51%
Asia	24%	34%	48%	51%
Europa	67%	72%	81%	82%
América Latina	61%	74%	82%	83%
Norteamérica	74%	77%	84%	85%
Oceanía	56%	67%	76%	78%

Fonte: “O reto da mobilidade urbana”

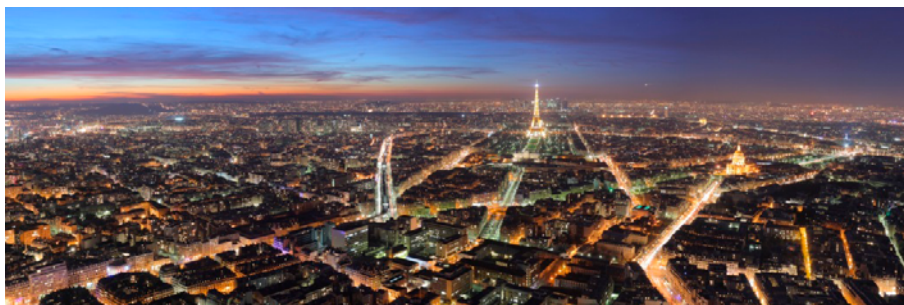
Todo isto sitúanos nun contorno crecente non só desde o punto de vista xeográfico e urbano, senón tamén demográfico e, como consecuencia, de necesidades de transporte metropolitano e urbano.



1.2. A evolución da mobilidade metropolitana

A evolución das áreas metropolitanas seguiu unha evolución histórica ata encontrarse actualmente no concepto de área metropolitana en alto grado de madurez e caracterizado por:

- Esquema policéntrico:
 - o Unha cidade como núcleo central
 - o Varias cidades satélites en órbita do núcleo central
- Elevada densidade de edificacións (Europa) ou baixa densidade (EUA)
- Grande especialización de usos do solo



A evolución da mobilidade metropolitana desde os anos 70 ata a actualidade foi a seguinte:

Táboa 1.1: Evolución da mobilidade. Elaboración propia

Mobilidade no anos 70	Mobilidade na actualidade
Forte radialidade en os desprazamentos	Aumento dos desprazamentos transversais
Concentración de orixes e destinos	Atomización dos orixes e destinos
Horas punta e concentración temporal dos desprazamentos	Tendencia a diversificación de horarios a pesar de existir aínda as horas punta
Elevada participación dos modos de transporte público	Comparativamente, menor participación dos modos de transporte público polo aumento da renda persoal
Baixa mobilidade persoal relativa ante a dificultade de desprazamento	Alta mobilidade persoal relativa ante a dificultade de desprazamento

Así pois, como vimos, unha área metropolitana madura actual caracterízase por obrigar a unha gran mobilidade e transporte motorizado. Iso fai que este modelo estea empezando a ser cuestionado polos problemas de transporte, estrutura de cidade e ambientais que orixina. Isto é, en definitiva, de sostibilidade.

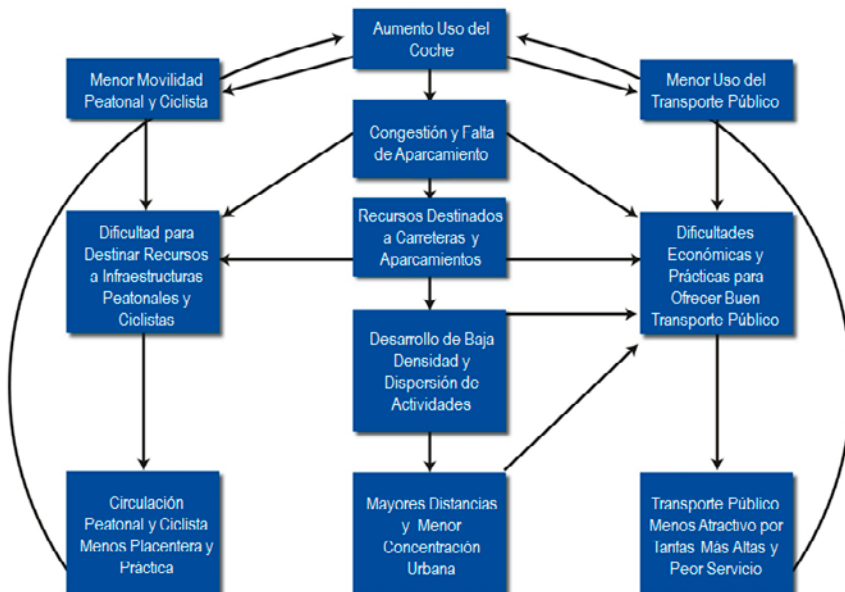




1.3. O círculo vicioso do transporte en vehículo privado

Figura 1.3: O círculo vicioso do transporte en vehículo privado

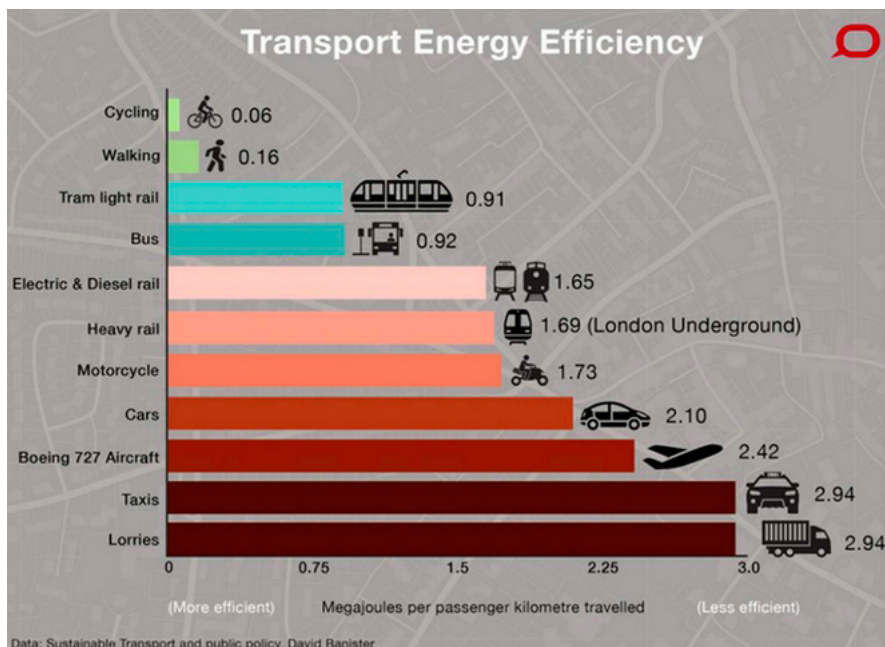
El Círculo Vicioso del Deterioro del Transporte



Source: T. Pharoah. 1992. *Less Traffic, Better Towns*. London: Friends of the Earth



Figura 1.4: Eficiencia enerxética en Megajoules por pasaxeiro e quilómetro percorrido



1.4. Os modos de transporte metropolitano e as súas clasificacións

A estrutura de modos de transporte é a seguinte:

- Medios motorizados:
 - o Transporte privado: coche
 - o Transporte público:
 - Autobús / trolebús
 - Tranvía
 - Metro lixeiro
 - Tram-train e train-tram
 - Metro
 - Ferrocarril de proximidade
 - Taxi
- Medios non motorizados:
 - o Peonil
 - o Bicicleta
 - o Patín



1.4.1. Clasificación segundo a infraestrutura que utilizan

Categoría 1: As infraestruturas están totalmente controladas, e son inaccesibles a calquera tipo de vehículo ou persoa (**plataforma independente**)

- Metro, ferrocarril de proximidade, autobús con plataforma reservada, Advanced People Mover, etc.

Figura 1.5: Metro subterráneo. Categoría 1. Plataforma independente



Categoría 2: As infraestruturas contan con algún tipo de separación dos outros tráfico (barreiras, bordos), pero poden ser cruzados por peóns ou outros vehículos (**plataforma reservada**)

- Metro lixeiro, autobús semirrápido, bimodais, etc.

Figura 1.6: Metro lixeiro de superficie. Categoría 2. Plataforma reservada



Categoría 3: As infraestruturas están constituídas polas propias rúas (**plataforma compartida**)

- Tranvía, autobús, trolebús, etc.

Figura 1.7: Trolebús. Categoría 3. Plataforma compartida



1.4.2. Clasificación segundo a tecnoloxía de movemento que utilizan

Segundo a tecnoloxía **de movemento**, os diferentes modos de transporte metropolitano que encontramos son:

- **Rodadura:** sistema de contacto entre o vehículo e a infraestrutura
 - o Pneumáticos sobre formigón, firme bituminoso...
 - o Rodas de aceiro sobre carrís de aceiro
 - o Outros: colchón de aire, campos magnéticos...
- **Guiado:** modo de dirixir lateralmente os vehículos
 - o Mediante pestana e forma cónica en vehículos ferroviarios
 - o Mediante fricción dos pneumáticos e guiado por volante
 - o Outros: rodas laterais + superficies de guiado, guiado óptico, ...
- **Propulsión:** inclúe dous aspectos
 - o Características da unidade motora:
 - Motores de combustión interna (autobuses e certos ferrocarrís rexionais)
 - Motores eléctricos (ferrocarrís, metros, tranvías, trolebuses...)
 - Outros: turbina de gas, pilas de combustible...
 - o Sistema de tracción:
 - Fricción (vehículos con pneumáticos)
 - Adherencia (vehículos con rodas de aceiro)
 - Outros: cable, magnético...



- **Control:** modo de regulación das viaxes
 - o Manual
 - o Automático

1.4.3. Clasificación segundo o volume de demanda que atenden

Segundo a demanda, os sistemas de transporte de viaxeiros poden clasificarse da seguinte maneira:

- **Baixa demanda:** Sistemas de baixa capacidade: < **8.000 viaxeiros/hora por sentido** (máximo en hora punta): Autobús, trolebús, tranvía
- **Demanda media:** Sistemas de capacidade intermedia: **8.000 a 20.000 viaxeiros/hora por sentido:** Metro lixeiro, autobús semirrápido, tram-train, train-tram
- **Alta demanda:** Sistemas de alta capacidade: > **20.000 viaxeiros/hora por sentido:** Metro, ferrocarril de proximidade.

Figura 1.8: Capacidade de transporte de viaxeiros e velocidade de transporte en función do modo de transporte. Fonte: Transit Capacity Manual

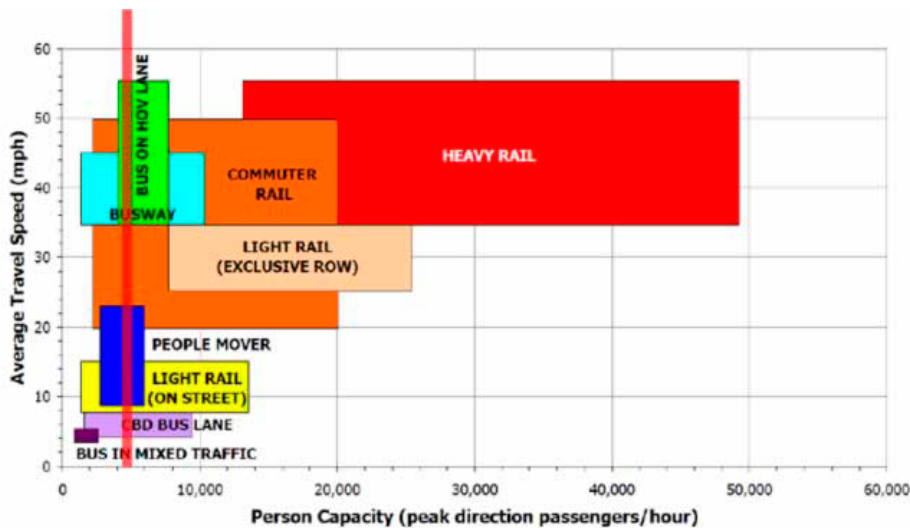
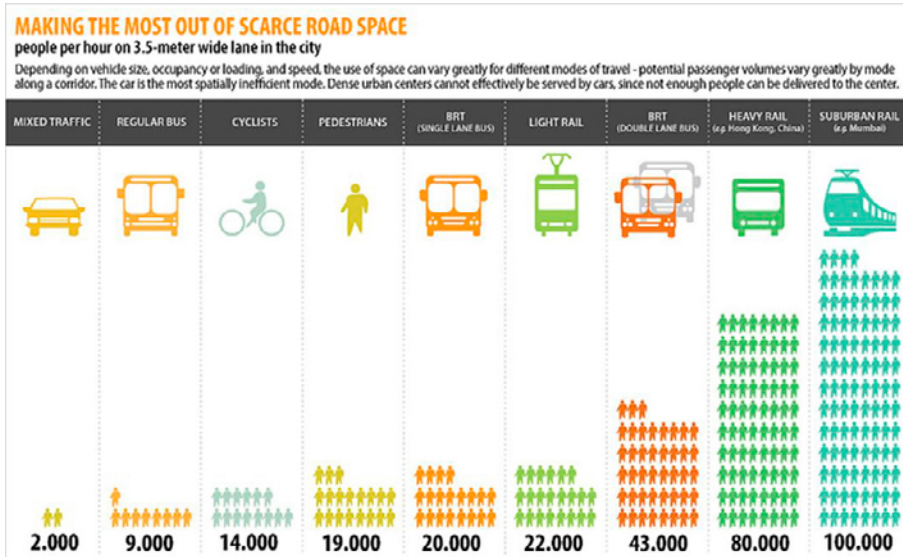


Figura 1.9: Capacidade de transporte de viaxeiros dun corredor (persoas transportadas por hora e por carril de 3,5m) en función do modo de transporte.
 Fonte: Changing Course in Urban Transport: An illustrated guide. Asian Development Bank 2011



A capacidade dun sistema de transporte é función de: o vehículo, a ocupación máxima e a frecuencia.

1.4.4. Clasificación segundo a titularidade

Segundo a titularidade do vehículo, os tipos de transporte que existen son:

- **Transporte privado:** usuarios **particulares cos seus propios medios** polo viario público: Coche privado, motocicleta, bicicleta, andando...
- **Transporte público urbano colectivo (“transit”):** **Horario e ruta fixa, accesible a todos os usuarios** que paguen a tarifa: Autobús, metro, tranvía, ferrocarril
- **Transporte público urbano individual: horario e ruta flexible, accesible a todos los usuarios rexistrados:** sistemas públicos de bicicletas, sistemas de car-sharing
- **Transporte urbano de pasaxeiros en aluguer (“paratransit”):** cos medios dun **operador pero sen horarios nin rutas fixas, accesible a todos os usuarios** que acepten as condicións: Taxi, transporte a demanda (dial-a-ride), autostop con compensación (jitney)...



1.4.5. Sistemas de transporte urbano en concepto de aluguer

Dentro destes sistemas indicados no apartado anterior, encontrámonos con:

- **Taxis:**
 - o Aluguer con condutor para viaxes individuais
 - o Maior espera que en coche propio pero non espera no aparcamento
 - o Prezo elevado para cubrir o custo do condutor

Figura 1.10: Sistema aluguer pasaxeiros. Taxi



- **Transporte a a demanda (dial-a-ride):**
 - o Minibuses o furgonetas con una oficina central
 - o Axustan as súas viaxes en función dos clientes a transportar
 - o Áreas de pouca densidade de poboación
 - o Máis barato que o taxi pero menor calidade no servizo

Figura 1.11: Sistema aluguer pasaxeiros. Bus á demanda



- **Autostop con compensación (jitney):**
 - o Coches, minibuses ou furgonetas (5-15 viaxeiros)
 - o Rutas relativamente fixas pero sen horarios
 - o Recollen aos pasaxeiros que o piden
 - o Servizos pouco fiables cando hai pouco tráfico
 - o Máis frecuente e rápido que o autobús, pero menos fiable
 - o **Principalmente en países con sistemas de transporte urbano pouco adecuados e maduros**

Figura 1.12: Sistema aluguer pasaxeiros. Autostop con compensación (Jitney)



1.4.6. Outros sistemas: Advanced People Mover (APM)

Poderían definirse como:

- Capacidade intermedia, categoría 1
- Xeralmente guiados con rodas pneumáticas
- Habitual control automático e vehículos de 15 a 100 viaxeiros
- Percorridos curtos, de poucos quilómetros
- Investimentos elevados: 12 – 36 Mill.€ / km
- Os monorraís poden considerarse a gama alta dos APM
- Aplicacións xenéricas:



- o Aeroportos
- o Transporte urbano colectivo
- o Parques feirais
- o Recintos de atraccións
- o Espazos lúdicos
- o Zonas de afluencia masiva de persoas

Figura 1.13: Sistemas Advanced People Mover (APM)



1.4.7. Comparación entre sistemas

Figura 1.14: Comparación entre sistemas de transporte metropolitano

Modo	Propulsión diesel / eléctrica	Plataforma			Capacidade máxima viaj/hora	Capacidade típica viaj/hora	Velocidade comercial km/h	Espacio entre estaciones m	Espacio ocupado ancho (m)
		Compartida	Segregada	Exclusiva					
Autobús 1	D	■	□	7800	650	15	300	3	
Autobús 2	D	■	□	8000	1000	15	300	3	
Trolebús	E	■	□	8000	1000	15	300	3	
Tranvía	F	■	□	12600	1400	15	300	3	
Bus semirrápido	D / E	■	■	9000	2000	20	500	3,5	
Metro ligero 1	F	□	■	12600	2800	25	500	3,5	
Metro ligero 2	E	■	■	37800	8400	35	800	3,5	
Metro 1	E	■	■	36000	18000	35	800	4	
Metro 2	E	■	■	43200	18000	35	1000	4,5	
Ferrocarril	E	■	■	45000	15000	50	3000	4,5	
People Mover	E	■	■	10800	1800	20	200	2,5	

Modo	Capacidade del vehículo viaj/veh	Vehículos por unidade veh/TU	Frecuencia máxima TU/h	Intervalo mínimo seg/TU	Capacidade máxima viaj/hora	Frecuencia típica TU/h	Intervalo min/TU	Capacidade típica viaj/hora
Autobús 1	65	1	120	30	7800	10	6	650
Autobús 2	100	1	80	45	8000	10	6	1000
Trolebús	100	1	80	45	8000	10	6	1000
Tranvía	140	1	90	40	12600	10	6	1400
Bus semirrápido	100	1	90	40	9000	20	3	2000
Metro ligero 1	140	1	90	40	12600	20	3	2800
Metro ligero 2	140	3	90	40	37800	20	3	8400
Metro 1	200	6	30	120	36000	15	4	18000
Metro 2	200	6	36	100	43200	15	4	18000
Ferrocarril	250	6	30	120	45000	10	6	15000
People Mover	60	2	90	40	10800	15	4	1000

Capacidade (viaj/h) = Frecuencia (TU/h) · Capacidade unidade (viaj/U)

Fonte: Grupo de Transportes da ETSICPC

1.5. Algunhas ordes de magnitude de custos

1.5.1. BRT (Bus Rapid Transit)

Figura 1.15: Esquema dun sistema BRT



Figura 1.16: Custo por quilómetro de infraestrutura para diferentes sistemas BRT no mundo. Fonte: <http://www.worldbrt.net/>

Costo de infraestrutura por km		
Brisbane	AUS27.6m	Southeast Busway - later corridors higher cost (Feb-14)
Los Angeles	US\$14.3m	\$35.8m for Chatsworth extension (Jul-13)
Nantes	7.58m euros	50m euros for the 6.6km (Jul-11)
Bogotá	US\$5.3m (phase 1), \$13.3m (phase 2)	US\$5.3m (phase 1), \$13.3m (phase 2) (Jul-13)
Lima	\$9.67m per km	US\$262m for first corridor (Jul-11)
Paris	6.43m euros	Based on cost of 7km Marché international de Rungis to La Croix de Berny stations in 2005 (45m euros). 42.5% national, 42.5% regional, 15% local (Jul-10)
Estambul	US\$8.8m	Includes infrastructure & equipment (Source: IETT) (Jul-12)
Beijing	40m yuan	1st corridor only, US\$4.8m at Jul-04 rate (Feb-13)
Changzhou	30m yuan	1st corridor only US\$4m at Jul-07 rate (Jul-13)
Guangzhou	30m yuan	US\$4.4m, Jul-09 rate (Sep-14)
Dalian	19.5m yuan	US\$2.6m, Jul-07 rate (Mar-14)
Ahmedabad	US\$2.4m	US\$2.4m, first 12.5km only (Sep-12)
Yakarta	US\$1m	(Mar-13)

1.5.2. Metro lixeiro

O custo do material móbil pode estar en torno a 1,5 a 3 Mill.€. Un vehículo de metro lixeiro en series de 20 vehículos pode custar da orden de 2 Mill.€

Respecto ao custo da infraestrutura:

- 10 a 25 Mill. €/km.
- Función do grao de recuperación urbanística das zonas polas que percorra, dispoñibilidade de espazo, etc.

Figura 1.16: Metro lixeiro



1.5.3. Metro

O custo por quilómetro de infraestrutura de metro, como orde de magnitude varía entre uns 40-50 Mill. €/km

Figura 1.17: Metro subterráneo



2. Cara a un Transporte Metropolitano Sostible

É patente a necesidade de establecer un novo contorno de transporte metropolitano sostible baseado en a planificación para:

- Converter o coche nunha opción, e non nunha necesidade criada pola separación da cidade en segmentos monofuncionais. (Libro Verde sobre o Medio Ambiente Urbano. Comisión Europea, 1990)
- Reducir as necesidades de desprazamentos. Para iso:
 - o Axustar espacial e temporalmente as actividades urbanas promovendo a aplicación de estratexias de desenvolvemento urbano orientado ao transporte sustentable (En español: Desarrollo Orientado al Transporte- DOT).
 - o Propiciar o uso mixto das áreas periféricas
 - o Propiciar o cambio das pautas de condutas en transporte: existen experiencias en diversos países:
 - Campañas de concienciación
 - Planes de transportes en centros de traballo
 - Modificación de comportamentos individuais

Do mesmo modo, este novo modelo de transporte ten que ser sostible. É dicir, ten que satisfacer as necesidades de hoxe en día sen comprometer a capacidade das futuras xeracións para satisfacer as súas propias necesidades. Como resposta a este paradigma xorde a ferramenta do Plan de Mobilidade Urbana Sostible (PMUS) que se explicará a continuación.



3. O Plan de Mobilidade Urbano Sostible (PMUS) como ferramenta planificadora do transporte sostible e criadora dunha nova realidade urbana

Figura 3.1: Guía práctica PMUS. IDAE



3.1. Análise da mobilidade urbana en España e Europa

Figura 3.2: Datos de mobilidade en España por tamaños de municipio

		Tamaño del municipio			
		Menos de 10.000 hab.	Entre 10.000 y 50.000 hab.	Entre 50.000 y 500.000 hab.	Más de 500.000 hab.
Número de desplazamientos diarios por persona y día		2,8	2,9	3,0	2,8
Duración del desplazamiento	Transporte público (min.)	43,5	39,8	36,3	35,8
	Coche (min.)	20,1	19,3	21,1	26,3
Ratio medio de tiempo de desplazamiento: TP/coche		2,2	2,1	1,7	1,4
Tiempo dedicado a desplazarse: min./persona y día		64,0	63,9	73,2	81,1
Motivo del desplazamiento	Trabajo y estudios (%)	55,1	54,7	52,2	51,1
	Ocio (%)	5,3	5,6	6,5	6,9
	Compras y otros (%)	39,7	39,7	41,3	42,0
Reparto modal de los desplazamientos	En coche (%)	55,1	57,2	45,8	35,7
	En transporte público (%)	5,6	7,1	12,9	26,6

Tabla 2.1

Fuente: Movilia, [35].

Nota: Desplazamientos medios referidos a los menores de 100 kilómetros en días laborables.

Figura 3.3: Reparto modal no transporte público e motorización en diferentes cidades españolas

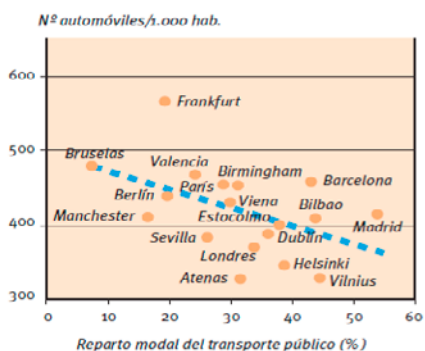


Figura 2.6: relación entre motorización y transporte público.

Fuente: EMTA, [27].

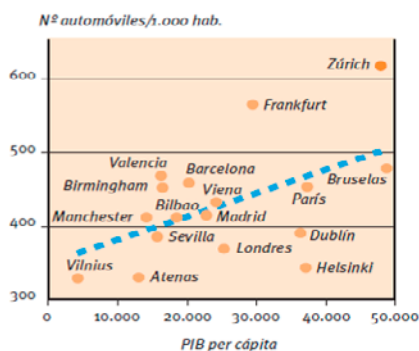


Figura 2.7: relación entre motorización y PIB per cápita.

Fuente: EMTA, [27].

Figura 3.4: Reparto modal de viaxes por motivo traballo en diferentes cidades españolas

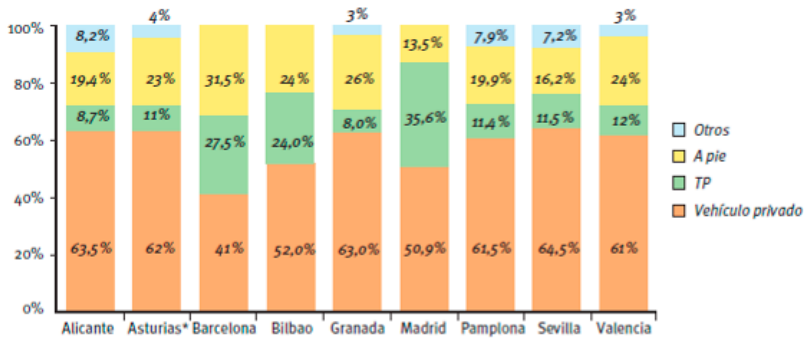


Figura 2.10: reparto modal por motivo traballo en las principales áreas metropolitanas españolas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, [43].

En España, o modo a pé ten un peso moi importante e a súa contribución é moi superior ao de outras cidades europeas.

Figura 3.5: Impulso da actividade comercial en rúas restrinxidas para peóns

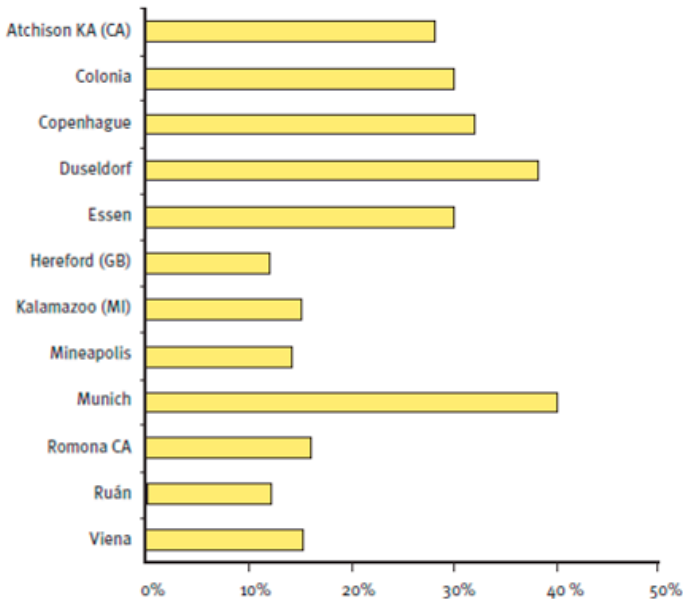


Figura 2.11: aumento del volumen de negocio tras la creación de zonas peatonales. Fuente: UITP, [59].



Figura 3.6: Equivalencia de transporte en persoas e uso do solo en función do modo de transporte

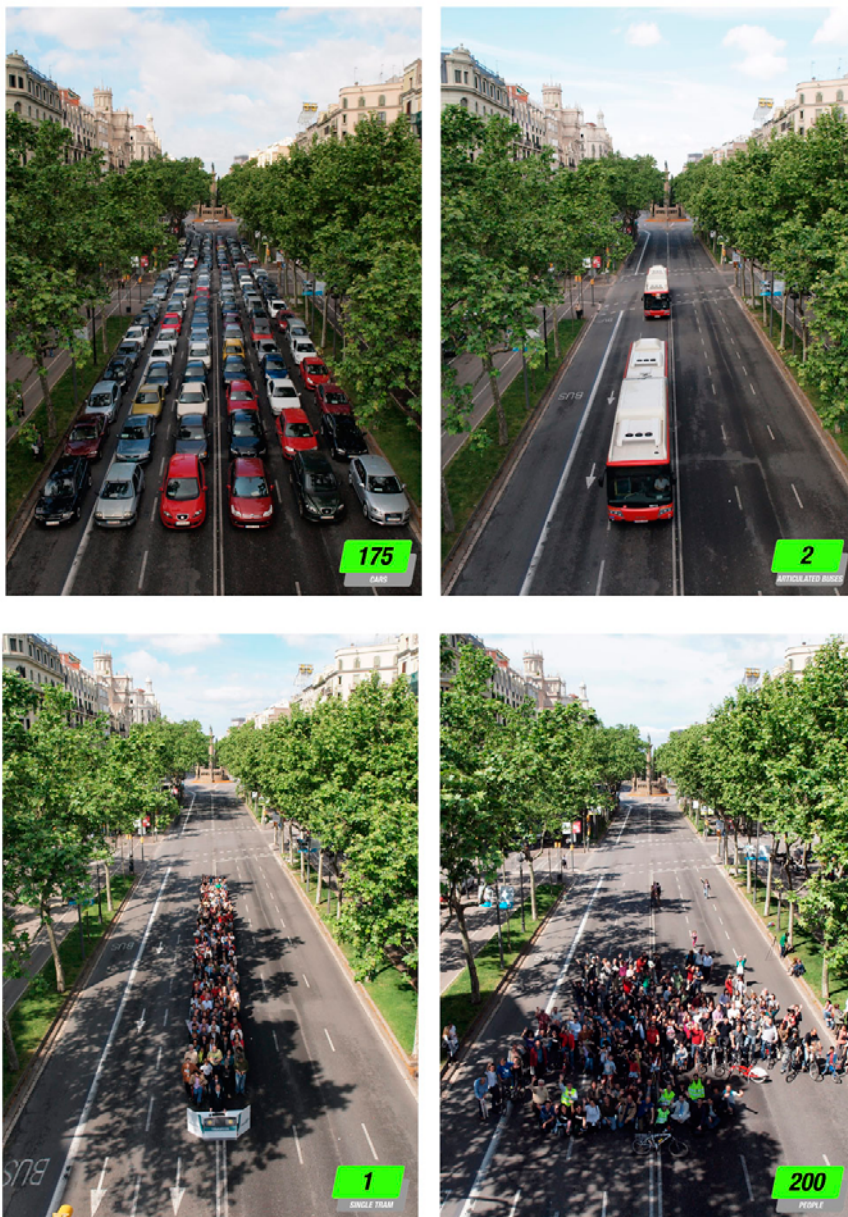


Figura 3.7: Consumo de espazo e tempo para un único desprazamento

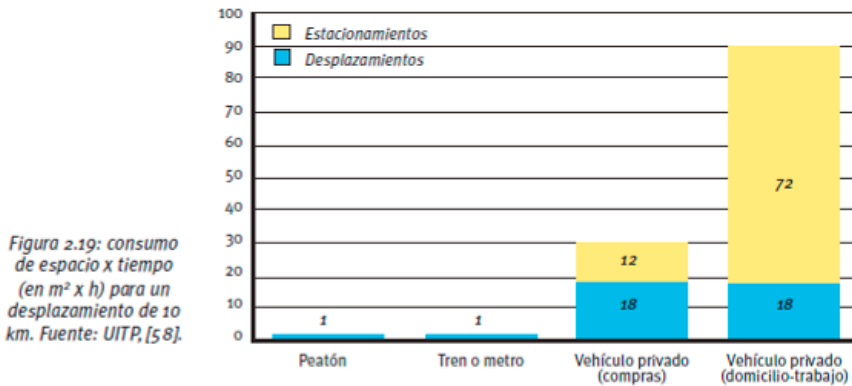


Figura 2.19: consumo de espazo x tempo (en m² x h) para un desprazamento de 10 km. Fuente: UJTP, [58].

3.2. Que é un Plan de Mobilidade Urbana Sostible (PMUS)?

Un Plan de Mobilidade Urbana Sostible, PMUS, é un **conxunto de actuacións** que teñen como obxectivo a implantación de formas de **desprazamento máis sostibles** (camiñar, bicicleta e transporte público) **dentro dunha cidade**; é dicir, de modos de transporte que fagan **compatibles o crecemento económico, cohesión social e defensa do medio ambiente**, garantindo, desta forma, unha mellor **calidade de vida** para os cidadáns

3.2.1. Análise do concepto de PMUS:

Plan: é unha ferramenta de planificación. Isto é, un modelo sistemático que se elabora antes de realizar una acción para dirixila facendo uso dos modelos de planificación. Comeza cun diagnóstico da mobilidade, continúa cunha análise dos resultados e previsión de escenarios e remata cunha proposta de medidas que deben estar programadas e valoradas.

Mobilidade: atinxe todas as modalidades de transporte, así como o espazo sobre o que se desenvolve: públicos e privados, de pasaxeiros e de mercancías, motorizados e non motorizados, destinados á circulación e ao estacionamento.

Urbana: refírese ao contorno urbano/metropolitano e non aos desprazamentos entre cidades. **Sostible:** baseado no concepto de desenvolvemento sustentable, o cal prevé un triplo enfoque, ambiental, social e económico para *“satisfacer as necesidades das xeracións presentes sen comprometer as posibilidades das xeracións do futuro para atender as súas propias necesidades”*.

3.2.2. Características principais dos PMUS:

- Actúan a nivel local o metropolitano



- Garanten a accesibilidade e as necesidades de mobilidade dos municipios
- Cobren todos os modos de transporte, persoas e mercancías
- Están ligados aos planes e estratexias locais, rexionais e nacionais
- Deben reducir os impactos negativos do transporte
- Tratan de resolver os crecentes volumes de tráfico e conxestión
- Pretenden cambiar a distribución modal a favor de modos máis limpos e eficientes
- Formular a planificación urbanística tendo en conta criterios de accesibilidade e da mobilidade xerada polos distintos centros e áreas de actividade
- Contemplan ferramentas de concienciación e difusión de modos de prácticas de transporte máis sostibles.

3.3. Por que un plan de mobilidade urbana sostible?

- Diminución de atascos e dos efectos derivados da conxestión: ruído, contaminación atmosférica, contribución ao efecto invernadoiro e accidentes.
- Diminución do consumo de enerxías non renovables, promovendo o consumo de combustibles renovables, como os biocombustibles, e outras enerxías máis limpas.
- Redución do tempo de viaxe.
- Mellora dos servizos de transporte público.
- Recuperación do espazo público dispoñible, ao ter que destinarse menos ao tráfico e infraestruturas.
- Mellora, en consecuencia, das condicións de accesibilidade para todos os habitantes, incluídas as persoas con mobilidade reducida.
- Mellora da saúde dos habitantes grazas á redución da contaminación e o ruído, e tamén grazas á promoción do uso dos modos a pé e en bicicleta (modos máis saudables), así como a delimitación de áreas da cidade de baixa contaminación.
- Mellora da calidade do medio ambiente urbano e da calidade de vida dos habitantes.

3.4. Para quen un PMUS?

- Se ben nos municipios grandes (de máis de 100.000 habitantes) se concentran e acentúan moitos dos impactos e problemas xerados pola mobilidade urbana, tamén é preciso ter en consideración como ámbito principal para aplicar os preceptos de esta guía aos **municipios de máis de 50.000 habitantes, que teñen obriga de prestar servizos de transporte público, segundo a Lei 7/1985 Reguladora das Bases de Réxime Local**





3.5. Que medidas e actuacións contempla?

3.5.1. Control e ordenación de tráfico

- Control de tráfico, zona 30, etc.
- Regulación de interseccións con prioridade para autobuses e tranvías
- Circunvalacións

3.5.2. Xestión e limitación do aparcamento para o vehículo privado

- Novas regulacións dos aparcamentos públicos e privados
- Aparcamentos de disuasión

3.5.3. Potenciación do transporte colectivo

- Intercambiadores
- Carrís bus, plataformas reservadas e carrís para vehículos de alta ocupación
- Sistemas de transporte público: metro, tranvía, autobuses
- Sistemas tarifarios integrados
- Regulación de interseccións para autobuses e tranvías
- Aplicación de novas tecnoloxías

3.5.4. Fomento da mobilidade peonil

- Mellora da rede de itinerarios peonís principais
- Desenvolvemento de camiños escolares seguros
- Establecemento de áreas peonís

3.5.5. Fomento da mobilidade ciclista

- Rede de itinerarios ciclistas
- Sistemas públicos de bicicletas (SPB)
- Aparcamento de bicicletas
- Rexistro de bicicletas

3.5.6. Recuperación da calidade urbana e cidadá

- Articular espazos de convivencia e relación
- Recuperar espazos de circulación motorizada para ocio e espaxemento
- Mellora dos espazos urbanos

3.5.7. Específicas de xestión da mobilidade

- Aparcamentos de disuasión
- Transporte á demanda
- Promoción da viaxe compartida en coche e viaxe en coche multiusuario
- Peaxe urbana

3.5.8. Mellorar a mobilidade de persoas de mobilidade reducida

- Accesibilidade para a mobilidade no viario
- Adecuación de paradas e vehículos de transporte público

3.5.9. Mellora da mobilidade de mercancías, incluíndo carga e descarga

- Control da circulación de vehículos pesados
- Limitación de horarios
- Centros de transporte

3.5.10. Concienciación cidadá

- Promoción de boas prácticas
- Talleres de fomento de transportes sostibles
- Campañas de difusión e márketing

3.5.11. Integración da mobilidade en as políticas urbanísticas

- Estratexias de desenvolvemento urbano orientado ao transporte sostible.
- Deseño de cidades e barrios amigables orientados a una mobilidade sostible



3.5.12. Mellorar a calidade ambiental e o aforro enerxético

- Transporte público e flotas municipais (eléctricos, gas natural, biodiésel, etc.)
- Distribución de mercancías: vehículos eléctricos, sistemas de impulsión por tubaxe
- Nova fiscalidade sobre os automóviles ou os carburantes
- Carrís bici e itinerarios peonís

3.5.13. Mellora do transporte a grandes áreas e centros atractores de viaxes

- Políticas de localización de centros atractores
- Autobuses de empresa
- Liñas específicas de transporte público
- O teletraballo
- Horarios alternativos
- Bonos de transporte en empresas

3.5.14. Mellora da seguridade viaria

- Mellora da sinalización
- Mellora de interseccións
- Separación de fluxos

4. Desenvolvementos Orientados ao Transporte

4.1. Definición

Desenvolvemento Orientado ao Transporte (DOT) ou Transit-Oriented Development (TOD) é un modelo urbano con planificación e deseño en torno ao transporte público, que constrúe barrios compactos, de alta densidade, que permiten ás persoas gozar de diversidade de usos, servizos e espazos públicos seguros e activos, favorecendo a interacción social.

Así como o PMUS ocúpase fundamentalmente de fomentar a mobilidade sustentable en cidades consolidadas, o DOT pretende actuar solucionando o problema desde a orixe.

4.2. Principios

Os desenvolvementos DOT deséñanse segundo oito principios ligados ao urbanismo sustentable, aínda que estes principios son oito pasos que explican a forma de optimizar o transporte para reducir a expansión urbana incrementando a mobilidade a través de medios non contaminantes de transporte e poden servir de



inspiración para algunhas das medidas de integración da mobilidade nas políticas urbanísticas.

4.1.1. Camiñar

Desenvolver barrios e comunidades que promovan a camiñada, acurtando os cruces de viarias, salientando a seguridade e conveniencia do peón, creando espazo público e promovendo actividades en plantas baixas, a nivel de rúa.

4.1.2. Pedalear

Priorizar redes de carrís bici, deseñando rúas que acentúen a seguridade e conveniencia dos ciclistas, ofrecendo estacionamento seguro para bicicletas públicas e privadas.

4.1.3. Conectar

Crear patróns densos de rúas e beirarrúas que sexan moi accesibles para peóns, ciclistas e crear rúas sen autos, canellóns e camiños verdes para promover viaxes non motorizadas.

4.1.4. Transportar

Promover o transporte público de alta calidade que asegure un servizo frecuente, rápido e directo, ademais de localizar estacións de tránsito, vivendas, traballo e servizos a distancias camiñables entre elas.

4.1.5. Mesturar

Planificar usos de chan mixtos, cun óptimo balance entre vivenda, comercio, parques, espazos abertos accesibles e servizos.

4.1.6. Densificar

Facer coincidir a densidade poboacional coa capacidade do sistema de tránsito.

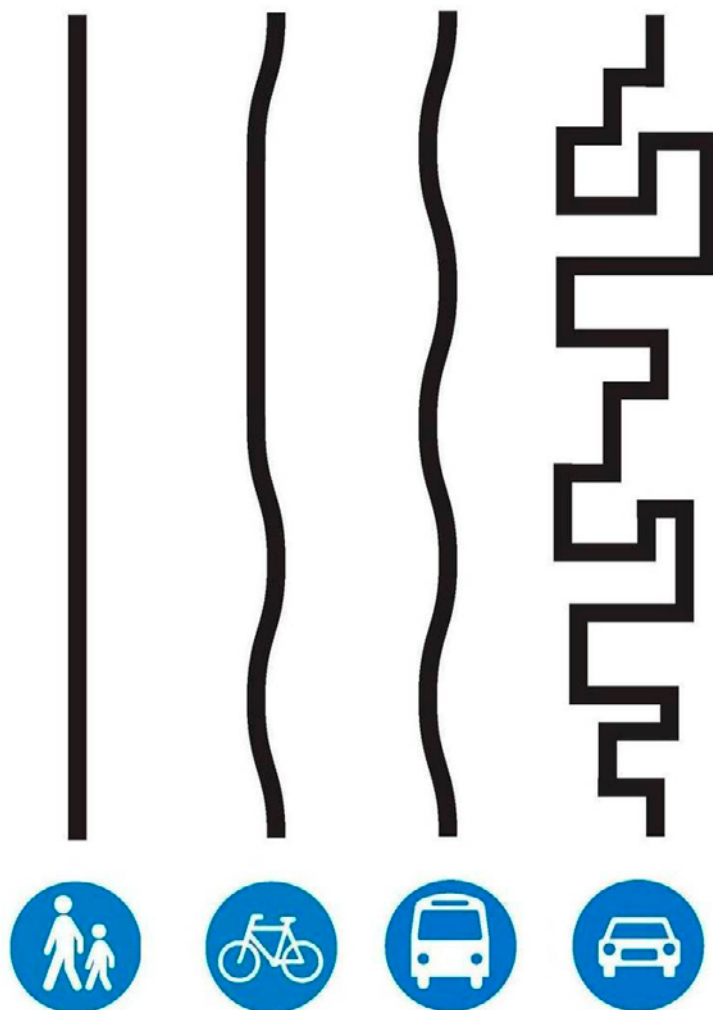
4.1.7. Compactar

Crear rexións compactas con viaxes curtas, reducir a expansión urbana localizando o desenvolvemento nas áreas adxacentes e veciñas ao desenvolvemento existente, así como localizar vivendas e centros de traballo a distancias curtas.



4.1.8. Cambiar

Incrementar a mobilidade reducindo o estacionamento e regulando o uso das vialidades; limitar o estacionamento para desalentar o uso do automóbil en horas pico; implantar cotas por uso do automóbil por horas do día e destinos.



AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

- Na avaliación da aprendizaxe dos conceptos teóricos traballados na Unidade didáctica terase en conta a resposta correcta das cuestións tipo test e as cuestións curtas formuladas nas probas de avaliación da materia.
- Valorarase tamén a entrega por parte dos alumnos dos traballos adicionais propostos polo profesor como actividades formativas complementarias.
- Terase en conta a atención prestada durante as clases expositivas e o interese amosado pola materia a través dos resumos entregados despois de cada sesión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] O reto da mobilidade urbana
- [2] Less traffic, better towns: Friends of the Earth. T. Pharoah. 1992
- [3] [Transit Capacite and Qualite of Service Manual, Third Edition](#)
- [4] [Changing Course in Urban Transport: An illustrated guide. Asian Development Bank. 2011](#)
- [5] <http://www.worldbrt.net/>
- [6] PMUS: guía práctica para a elaboración de planes de mobilidade urbana sostible. IDEA, 2006
- [7] Implantación dos Planes de Mobilidade Urbana Sostible. Federación Española de Municipios e Provincias
- [8] Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento





Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

