



Universidad Politécnica de Cartagena

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas



Trabajo Fin de Máster:
**ANÁLISIS DE INDICADORES DE
MOVILIDAD URBANA
SOSTENIBLE**

Autora: Gloria Motos Cascales

Directora: Pilar Jiménez Gómez

Fecha: 16 de mayo de 2019

Índice

1.	Introducción.....	3
1.1.	¿Qué es la sostenibilidad?.....	3
1.2.	Agenda Local 21. Desarrollo de una estrategia de sostenibilidad	6
2.	Características de la movilidad en las ciudades.....	7
2.1.	La ciudad	7
2.2.	Elementos de una ciudad sostenible.....	10
2.3.	Distribución modal del transporte en las ciudades.....	10
2.4.	Movilidad urbana sostenible.....	14
2.4.1.	Características de la movilidad	14
2.4.2.	¿Qué se pretende con la movilidad urbana sostenible?.....	15
2.4.3.	Oportunidades económicas que ofrece un modelo de ciudad más sostenible	16
2.4.4.	Sistema de Movilidad Sostenible	16
2.4.5.	Los problemas de la movilidad	17
2.5.	Planes de Movilidad Urbana Sostenible.....	18
2.6.	El transporte sostenible	20
2.6.1.	El significado de "transporte sostenible"	20
2.7.	Estrategias de movilidad urbana sostenible	21
2.7.1.	Nueva movilidad	22
2.7.2.	Logística	24
2.7.3.	Smart cities	26
2.7.4.	Calidad de vida.....	31
3.	Sistema de indicadores para la sostenibilidad urbana	34
3.1.	Conceptos básicos.....	34
3.2.	Objetivos de los sistemas de indicadores para la sostenibilidad	35
3.3.	Clasificación de los indicadores.....	35
3.4.	Creación de un sistema de indicadores para sostenibilidad	36
4.	Estado del conocimiento de los indicadores de movilidad urbana sostenible	37
4.1.	Directrices cuantitativas para la sostenibilidad urbana (Wash et al., 2006).....	37
4.2.	Medición de la sostenibilidad en las ciudades. El uso de indicadores locales. (Tanguay et al., 2010)	39
4.3.	Aplicación de indicadores de sostenibilidad urbana. Una comparación entre diversas prácticas. (Shen et al., 2011).....	41
4.4.	Análisis de la sostenibilidad urbana basada en indicadores. (Hiremath et al., 2013).....	44
4.5.	Revisión de los índices de sostenibilidad. Creación de un nuevo índice de ciudad sostenible (CSI). (Mori et al., 2012).....	47

4.6.	Metodología para seleccionar un conjunto de indicadores de sostenibilidad urbana para medir el estado de la ciudad, y la evaluación de la actuación. (Munier, 2011).....	50
4.7.	Transporte, diseño urbano y actividad física: una actualización basada en la evidencia. (Badland et al., 2005).....	53
4.8.	Cómo pueden los responsables políticos cumplir con los objetivos de sostenibilidad. (Anderson et al., 2005)	56
4.9.	Desarrollo de un conjunto de herramientas de soporte para las decisiones del transporte urbano sostenible en el Reino Unido. (May et al., 2008)	58
4.10.	Análisis comparativo de la movilidad urbana sostenible: El caso de Curitiba. (Miranda et al., 2012)	60
4.11.	Objetivo del desarrollo urbano sostenible: indicadores, complejidad y políticas para medir ciudades (Klopp et al., 2017)	64
4.12.	Metodología para evaluar la sostenibilidad en los proyectos de movilidad urbana. (Cavalcanti et al., 2017)	66
4.13.	Examen de la percepción pública de los indicadores de transporte urbano sostenible en la ciudad de Dhaka (Munira et al., 2017).....	68
4.14.	Revisión y análisis de la movilidad urbana en México (Leo et al., 2017)	69
4.15.	Indicadores de movilidad sostenible en ciudades Indias: metodología de selección y aplicación (Jain et. Al, 2017)	70
4.16.	Índices de movilidad urbana: Una breve reseña de la literatura (Costa et al, 2017).....	72
4.17.	Indicadores de movilidad urbana sostenible: política vs practica en las ciudades griegas (Tafidis et al, 2017)	74
4.18.	Evaluación de la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Thessaloniki (Perra et al., 2017)	77
4.19.	Otros documentos.....	79
4.20.	Síntesis de los indicadores de movilidad urbana sostenible	102
5.	Metodología propuesta para seleccionar los indicadores de movilidad urbana sostenible adecuados a ciudades	109
6.	Conclusiones	125
7.	Referencias	126

1. Introducción

El medio ambiente ha sido, sigue y seguirá siendo la fuente de recursos naturales más importante para el ser humano. La degradación del espacio urbano, el aumento de la desertización, el calentamiento global y la escasez de materias primas en los últimos años ha dejado latente que el planeta no es una fuente ilimitada de recursos y que las acciones humanas suponen un impacto negativo sobre él.

Es por todo esto, y por la dependencia directa de la sociedad del medio ambiente, que se han iniciado una serie de programas para protegerlo, entre los que destaca la creación de ciudades más sostenibles.

Este documento tiene como finalidad aportar una descripción de las tendencias actuales de la sostenibilidad urbana en una ciudad. El objeto de este trabajo es comprender y acercarnos a los indicadores de movilidad urbana sostenible, ya que son éstos los que nos ayudan a conocer si una ciudad es sostenible en términos urbanos. Como podremos observar más adelante el número de indicadores existente es muy amplio, por ello se tratará de realizar una recopilación de los indicadores de movilidad urbana, y a partir de ésta analizarlos y establecer un conjunto de indicadores para su posterior utilización. Además, se presenta algunas estrategias de movilidad urbana que pueden incorporarse a las ciudades a fin de mejorar su sostenibilidad.

El objetivo de este documento es cuantificar la movilidad urbana sostenible en una ciudad, para ello se analizarán los indicadores de movilidad urbana sostenible y se propondrá una lista eficaz para su cálculo.

Antes de comenzar a hablar de los indicadores nos situaremos y explicaremos los conceptos que han desembocado en la aparición de indicadores de movilidad urbana sostenible.

1.1. ¿Qué es la sostenibilidad?

La sostenibilidad es un término desarrollado en las últimas décadas y que actualmente ha tomado importancia, surge como consecuencia del crecimiento económico y la degradación del medio ambiente. Durante épocas se ha construido de manera masiva sin tener en cuenta sus consecuencias, pensando que los elementos primarios de la Tierra eran inagotables. Pero durante la década de los setenta, se producen movimientos en defensa del medio ambiente advirtiendo de los numerosos efectos negativos causados por este desarrollo sin control.

Aunque la sostenibilidad es un término popular dentro del medio ambiente, existen numerosas definiciones, convirtiéndose en un concepto ambiguo que todavía no ha sido acotado con exactitud. La amplia definición de desarrollo sostenible puede dar lugar a múltiples interpretaciones. Los diferentes autores que lo han estudiado difieren entre lo que es sostenible, lo que se va a desarrollar, cómo vincular el medio ambiente y el desarrollo, y por cuánto tiempo (Parris y Kates, 2003). Algunas de las definiciones más utilizadas son:

“Es el progreso que puede alcanzar la satisfacción duradera de las necesidades humanas y la mejora de la calidad de vida con la condición de la renovación de los ecosistemas y/o especies utilizados” (Allen, 1980).

“La sostenibilidad se considera un concepto normativo que indica cómo deben actuar los seres humanos frente a la naturaleza, y la forma en la que son responsables hacia futuras generaciones” (Baumgärtner y Quaas, 2010).

“El desarrollo sostenible consiste en satisfacer las necesidades humanas teniendo en cuenta la preservación de los sistemas vitales de la Tierra” (Kates et al, 2001).

La definición más aceptada y exacta es la ofrecida en el informe Brundtland que define sostenibilidad como *“el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”* (WCED, 1987). Esta definición fue utilizada por la Comisión Mundial y luego aprobada por las Naciones Unidas en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (Brasil) en 1992.

Como se especifica en el mismo informe, el concepto de desarrollo sostenible debe comprender tres aspectos: economía, sociedad y medioambiente. Y, además, como se representa en la Figura 1 un territorio es sostenible, cuando el desarrollo es equitativo (interacción entre la dimensión económica y social), habitable (el medio ambiente encaja con las necesidades de vida, calidad de vida) y viable (el desarrollo económico debe respetar los ecosistemas evitando así el agotamiento de los recursos no renovables) (Tanguay et al. 2010). Es decir, la sostenibilidad debe garantizar el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social, a esto se le conoce como la triple línea de la sostenibilidad.

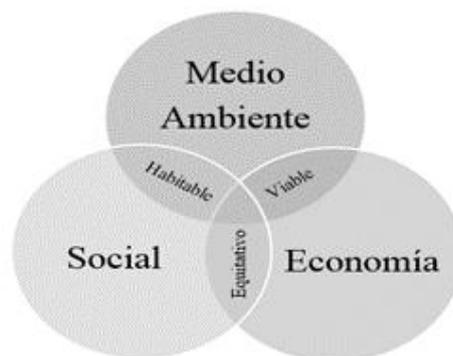


Figura 1. Esquema de sostenibilidad.
Fuente de elaboración propia basada en Tanguay et al. 2010.

En general, el término de sostenibilidad puede interpretarse como el camino para solucionar los problemas causados por la acción antrópica, como son la contaminación atmosférica, las alteraciones climáticas, la pérdida de biodiversidad, el consumo acelerado de los recursos.

Los tres pilares que componen el término de sostenibilidad son:

- **Economía:** es el más importante a la hora de desarrollar un proyecto, actualmente el mundo se mueve por dinero, sin él no puede realizarse ningún tipo de actividad, por lo

tanto todo lo que se desarrolle debe de generar un beneficio económico a corto o largo plazo.

- Social: igual de importante es la sociedad a la hora de desarrollar un proyecto sostenible, ya que no solo deben de salir beneficiados económicamente los autores del proyecto sino, la sociedad también debe de recibir algún beneficio de forma indirecta o directa.
- Medio ambiente: debido a que algunos recursos naturales son limitados, todos los temas que afecten al medio ambiente deben desarrollarse con extrema precaución.

En resumen, según lo anteriormente descrito una buena definición de sostenibilidad puede ser *“la evolución de la población hacia las necesidades actuales respetando el entorno natural y sin comprometer los recursos de las generaciones futuras, es decir, un desarrollo consciente del medio ambiente y de las necesidades de las próximas generaciones”*. Donde se incluyen los pilares fundamentales que son, la economía, el medio ambiente y la sociedad, todas ellas igualmente importantes.

Sostenibilidad urbana

Si se continúa consumiendo los recursos sin tener en cuenta las necesidades futuras, se espera un agravamiento de los problemas ambientales, sociales y económicos (Daily, 1997). Conscientes de esto, algunas organizaciones internacionales; ONU Hábitat, Banco Mundial, la OCDE y la Comisión Europea, están fomentando la urbanización sostenible. Surgiendo en consecuencia muchos conceptos y definiciones sobre este término. Entre los que se encuentran las siguientes definiciones:

- Ciudad sostenible es *“aquel lugar donde se realizan logros en el desarrollo económico, social y físico para continuar”* (Soegijoko et al., 2001).
- *“Sostenibilidad urbana es un estado deseable de las condiciones urbanas que persisten en el tiempo”* (Adinyira, Oteng-Seifa, y Adjei-Kumi, 2007).
- Según la Comisión Europea (2006), la sostenibilidad urbana se define como el reto de *“resolver tanto los problemas producidos dentro de las ciudades como los causados por las ciudades”*.
- *“El desarrollo urbano sostenible puede definirse como el resultado de la combinación y la co-evolución entre los grandes subsistemas que componen una ciudad (economía, social y ambiental), garantizando a la población local un nivel no decreciente de bienestar en el largo plazo, sin comprometer las posibilidades de desarrollo de las zonas circundantes y contribuyendo a la reducción de los efectos nocivos del desarrollo de la biosfera”* (Camagni, 1998).

Además de conocer qué es la ciudad sostenible debemos saber qué es la sostenibilidad social, definida como *“el desarrollo y/o crecimiento que es compatible con la evolución de la sociedad, fomentando un ambiente con mejoras en la calidad de vida de todos los sectores de la población”*. La sostenibilidad social es una de las dimensiones indispensables para medir la sostenibilidad urbana.

En los últimos años este concepto se ha convertido en un término muy importante para las decisiones políticas, ya que ayuda a evaluar el progreso urbano. Existen numerosos métodos, técnicas e instrumentos para la evaluación de la sostenibilidad que nos ayudan a determinar cómo las ciudades pueden ser más sostenibles, entre ellos, los indicadores, objetivo principal para la elaboración este proyecto.

1.2. Agenda Local 21. Desarrollo de una estrategia de sostenibilidad

La Agenda Local 21 es un Plan de Acción medioambiental promovido y desarrollado por las autoridades locales para el desarrollo sostenible de sus comunidades, es un compromiso para la mejora ambiental de un municipio.

Este concepto surge en la Conferencia de las Naciones Unidas para el medio ambiente y el desarrollo sostenible, celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en el año 1992. En un primer momento, el concepto de desarrollo sostenible fue dirigido a los países a través de la Agenda 21, pero un gran número de expertos reconocen que se obtienen mejores resultados a una escala local, es decir, a nivel de municipios, ciudades, etc. Teniendo todo esto en cuenta se llevó a cabo la Agenda Local 21, aprobada por miles de municipios de todo el mundo.

Fue apoyada por 178 países miembros de las Naciones Unidas. Estos países se comprometen a aplicar políticas ambientales, económicas y sociales orientadas a conseguir un desarrollo sostenible. Cada región o localidad, desarrolla su propia Agenda Local 21 en la que deben de participar tanto ciudadanos, empresas y organizaciones sociales, con el fin de desarrollar un programa de políticas sostenibles.

Se trata de un documento compuesto por 40 capítulos, en concreto, el capítulo 28 propone una serie de actuaciones programadas en el ámbito local para que el desarrollo sea sostenible. Por lo tanto, la Agenda 21 puede definirse como una estrategia global que se lleva a la práctica de manera local y que implica todos los sectores de una comunidad: social, cultural, económico y ambiental. Resulta ser un compromiso hacia la mejora del medio ambiente. Debe contemplar tres aspectos: el medio ambiente, la justicia social y el equilibrio económico. Las principales medidas que se proponen son intentar detener la destrucción del medio ambiente y eliminar las desigualdades entre los diferentes países.

Los temas que trata la Agenda 21 son numerosos, alguno de los objetivos en los que se centra son: la protección de la atmósfera, la conservación y el uso racional de los recursos forestales, la lucha contra la desertización, la protección de los ecosistemas de montaña, el desarrollo de la agricultura sin agredir el suelo, la conservación de la biodiversidad, la protección de los recursos oceánicos y de agua dulce, la seguridad en el uso de los productos tóxicos y la gestión de los desechos sólidos, peligrosos y radiactivos.

La estructura que presenta la agenda local 21 es la siguiente:

- *Diagnóstico integral de la realidad municipal*: resulta necesario conocer todas las variables que influyen en el desarrollo de un municipio, así que se realizan análisis ambientales, económicos, sociales, etc.

- *Plan de acción:* una vez que se ha realizado el diagnóstico de las diferentes variables se propone un plan de acción, teniendo siempre en cuenta los resultados obtenidos en el punto anterior.
- *Diseño y aplicación del modelo de ciudad considerado más conveniente:* en este punto deben participar todos los agentes sociales implicados en la vida de un municipio. Una vez llegado a un acuerdo se debe aplicar, a través de un Programa de Actuaciones.
- *Consecución de los objetivos y seguimiento de los mismos:* debe de llevarse a cabo el diseño que fue definido, además se efectuarán controles para verificar que efectivamente se están realizando las actuaciones establecidas.

La finalidad de la Agenda 21 es mejorar la gestión de los municipios y por lo tanto la calidad de vida de los ciudadanos.

2. Características de la movilidad en las ciudades

2.1. La ciudad

La urbanización es considerada uno de los procesos sociales más importantes, ya que es en este ámbito donde se desarrollan los principales progresos económicos, sociales y ambientales, además se produce un importante impacto sobre el medio ambiente a escala local, regional y global. Las consecuencias del crecimiento urbano son numerosas y complejas. Por ejemplo, actualmente el consumo de energía es diferente al del pasado. La demanda de energía aumenta en relación a la evolución social y el desarrollo, es por ello que los recursos están siendo agotados generando un importante impacto sobre el medio ambiente. Los nuevos sistemas energéticos de nuestras ciudades, la organización general y la planificación de las zonas urbanas sostenibles son temas que requieren un replanteamiento urbano.

Actualmente, se asocia sostenibilidad con mantener en equilibrio las políticas económicas, el crecimiento de la población, las infraestructuras y la contaminación en las zonas urbanas. De tal manera que el progreso dentro de las zonas urbanas se realice en armonía, limitando el impacto negativo del medio ambiente.

Por todo esto, es importante conocer con exactitud que es una ciudad. Las ciudades han sufrido numerosos cambios, estando siempre en constante evolución y crecimiento continuo, adaptándose siempre a las necesidades actuales de la sociedad. Todas pueden clasificarse en dos grupos: ciudades difusas o compactas.

En un primer momento, la tendencia de los centros urbanos era compacta, con una elevada mezcla de usos y funciones, razonablemente eficientes y con una buena cohesión y calidad del espacio público. Debido al crecimiento continuo y al proceso global de urbanización, la tendencia actual es de una ciudad difusa, siendo éstas el resultado de un modelo de ciudad compacto alterado en las últimas décadas (ver Figura 2). Las ciudades difusas son lugares que no dejan de crecer, dicha expansión se realiza de manera diseminada, incrementándose las distancias de recorrido, modificándose la localización de las actividades, segregando a la población según su capacidad económica e introduciéndose el vehículo privado como medio de transporte.

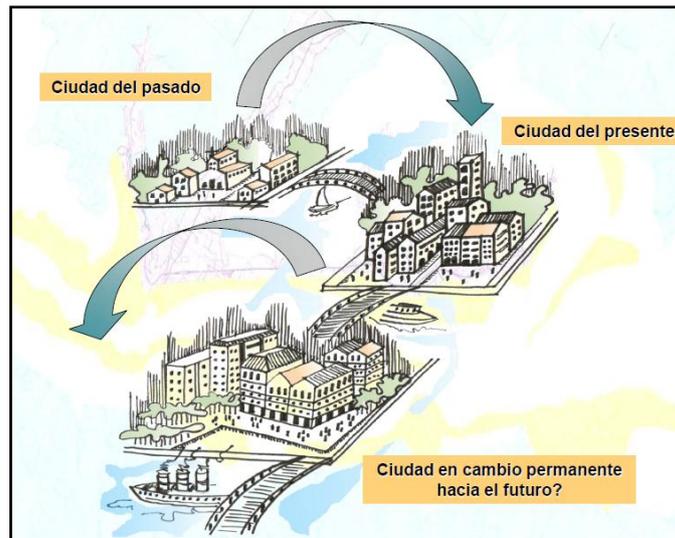


Figura 2. Evolución de las ciudades.

Fuente: Luz J. Gómez R. (2011) Ecología Urbana y Movilidad. III Seminario Iberoamericano de Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño.

La ciudad difusa (Figura 3) se manifiesta como disfuncional puesto que, causa la dispersión de las actividades, la degradación ambiental, la desigualdad social fruto de la segregación del espacio, el excesivo consumo del suelo, la energía y los recursos naturales, la explotación ilimitada de los ecosistemas naturales a escala local, regional y global. Esta tendencia hacia la dispersión está generando una serie de consecuencias negativas, entre otras, el aumento de las necesidades de movilidad y del gasto energético, el consumo de agua o la tasa de generación de residuos. En definitiva, este modelo de ciudad basa su crecimiento en un mayor consumo de los recursos, resultando un camino cada vez más insostenible y cuyas repercusiones sobre los ecosistemas aumentan a medida que evoluciona el modelo de ciudad difusa.



Figura 3. Esquema de ciudad difusa.

Fuente: Salvador Rueda Palenzuela (1999), Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles.

La manera en la que nos desplazamos en las ciudades difusas tiene un gran impacto en las emisiones, ya que los coches son los grandes emisores de CO₂. Produciéndose el empeoramiento del medio ambiente. Por ello, para proteger el medio ambiente se ha vuelto a proponer medidas que alcancen una ciudad compacta.

El modelo de ciudad compacta (Figura 4) es el que mejor se ajusta a una ciudad sostenible. Presenta una estructura con cierta compacidad, esta cohesionada socialmente, genera espacios de sociabilidad, existe una cercanía a los servicios y propicia el encuentro de actividades.



Figura 4. Esquema de ciudad compacta.

Fuente: Salvador Rueda Palenzuela (1999), Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles.

Una ciudad compacta tiene menos contaminación, una movilidad más eficiente, mayor calidad en los espacios públicos, menor consumo energético y una mayor integración en su entorno territorial, lo que la convierte en una ciudad con salud ambiental.

El desarrollo de la ciudad compacta puede ocasionar:

- Un aumento de la movilidad peatonal.
- Una disminución del vehículo privado, ya que sería sustituido por sistemas eficientes de transporte público.
- Un incremento de la calidad ambiental como componente de la calidad de vida.
- El máximo aprovechamiento del espacio.

Concienciados por los efectos negativos producidos en las ciudades difusas, se están realizando una serie de políticas urbanas y ambientales dirigidas a la protección de la ciudad compacta.

Para la creación de ciudades sostenibles, resulta de gran ayuda conocer en qué campos una ciudad está realizando mejores actuaciones sostenibles que otras, y el progreso hacia la sostenibilidad. Por ello resultan indispensables los métodos para medir las tendencias actuales. Además, cada vez más ciudades adoptan la sostenibilidad como meta, siendo necesario determinar si las acciones emprendidas están consiguiendo unas ciudades más sostenibles. La formulación de un método que evalúe e informe sobre la sostenibilidad es un requisito imprescindible para lograr el desarrollo urbano sostenible. Dentro de todas las áreas que abarca una ciudad sostenible, este trabajo se centra en la movilidad, en concreto en la movilidad urbana sostenible, cuya introducción a este concepto se desarrolla en los siguientes puntos.

2.2. Elementos de una ciudad sostenible

La clasificación de una ciudad en sostenible no se realiza de manera aleatoria, y aunque no existe una única ciudad sostenible, todas ellas deben de cumplir al menos con los siguientes aspectos básicos:

- **Acceso a los recursos públicos básicos.** Se trata de conseguir que la población tenga acceso a todos los equipamientos públicos básicos (transporte público, centros educativos, etc.)
- **Acciones de renovación urbana.** Implementar acciones de renovación urbana con el objetivo de favorecer el futuro de una ciudad consolidada. Esto implica la adaptación de las calles, plazas y el espacio urbano en general. Pues una ciudad sostenible está integrada, nunca aislada o jerarquizada.
- **Reducción de emisiones de CO₂.** La reducción de los gases de efecto invernadero es uno de los indicadores más significativos para valorar el compromiso medioambiental de una ciudad. Esto se logra con el uso de energías renovables, fomentando los desplazamientos en transporte público, a pie y en bicicleta, y promoviendo las viviendas de nueva construcción con ahorro de energía y agua.
- **Favorecer el comercio justo.** Estas ciudades impulsan modelos de comercio justo, fomentando el comercio y la distribución local.
- **Reducir, reutilizar y reciclar.** Los gestores de la ciudad deben proponer acciones para concienciar a la población sobre la importancia del reciclaje y el consumo responsable. Esto evitará el uso desmedido de los recursos naturales.

La movilidad sostenible pretende mejorar el estado medioambiental incluyendo varios aspectos de una ciudad sostenible, como la reducción de las emisiones de CO₂, permite dar acceso a los recursos públicos básicos, se realizan acciones para la renovación urbana, etc. Por lo tanto, alcanzar una ciudad sostenible puede tener múltiples beneficios para los habitantes de la misma, ya que una de sus finalidades es definir políticas que reduzcan el uso del transporte privado, considerado el modo de transporte que más contamina, y fomenten el transporte público.

2.3. Distribución modal del transporte en las ciudades

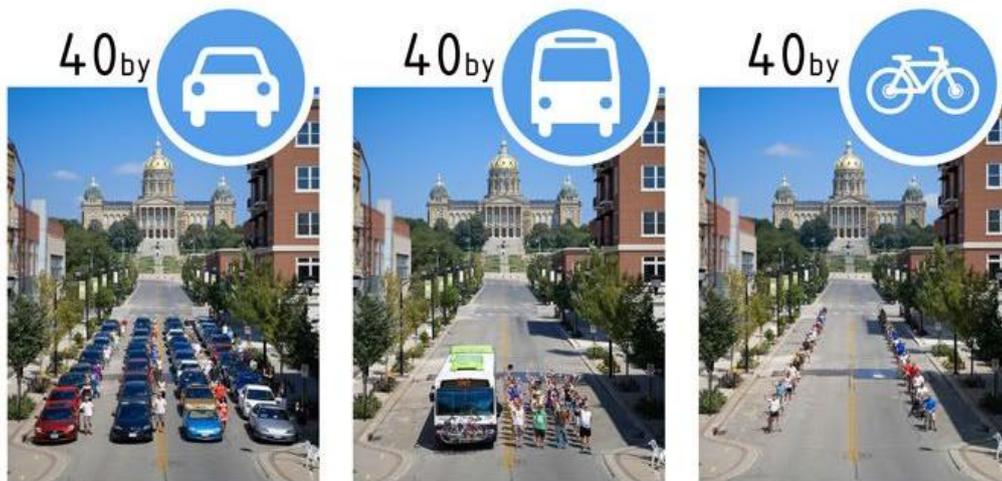
Para determinar la eficiencia de un sistema de transporte y el grado de repercusión de sus impactos nos basamos en la energía necesaria para transportar a una persona una distancia determinada. Cuanto mayor es la energía empleada mayor será el coste energético y menor su eficiencia. Por tanto, para limitar y reducir los impactos económicos, sociales y ambientales debemos optimizar el consumo de energía.

Los medios de transporte más costosos son los que más energía consumen por viajeros, ya que no solo se considera el consumo de la energía de tracción- *la necesaria para desplazarnos*- sino la energía necesaria para la construcción del vehículo, de la infraestructura por donde circula y su mantenimiento. El consumo energético por viajero se obtiene dividiendo el consumo total de energía por el número total de viajeros y kilómetros recorridos. Por este motivo, cuanto mayor sea el número de viajeros desplazados menor será la cantidad de energía consumida, y

mayor la rentabilidad económica y energética. El automóvil es el medio de transporte que más energía necesita aunque se suponga una tasa de ocupación máxima.

El espacio ocupado durante el tiempo de circulación, depende de la relación entre el tamaño del vehículo y la cantidad de viajeros que pueda llevar. El automóvil es el medio de transporte que más espacio público requiere, tanto en circulación como parado, el espacio que ocupa un viaje diario medio del hogar al trabajo es 90 veces mayor que el mismo efectuado en metro, y 20 veces más que si realiza en autobús o tranvía. Los 60 coches que se utilizan para transportar a 75 personas equivalen a un autobús. En la figura 5 se muestra la cantidad de espacio requerida para transportar el mismo número de personas en coche, autobús o bicicleta. Por lo que, el automóvil es el medio de transporte que más energía consume: cuatro veces más que un autobús con el mismo número de viajeros. En consecuencia, es el principal foco emisor y el responsable de la contaminación en las ciudades, siendo el tráfico la mayor parte de la contaminación del aire de nuestras ciudades. De la misma manera, la principal fuente de contaminación acústica es el tráfico, que supone el 80% del ruido urbano.

En la siguiente imagen, queda especificado la cantidad de espacio que se necesitan para transportar 40 personas en coche, autobús y bicicleta. Como se muestra, el transporte en autobús es mucho más compacto que cuando se mueven en coche.



Amount of space required to transport the same number of passengers by car, bus, or bicycle.

Figura 5. Cantidad de espacio requerida para transportar el mismo número de personas en coche, autobús o bicicleta. Fuente: www.tobinbennett.com

Como también podemos observar en la tabla 1, el modo de transporte que mayor contaminación genera en un sistema urbano son los turismos.

Tabla 1. Kg de CO₂ por kilómetro y pasajero de los diferentes medios de transporte.

Fuente: <http://www.eoi.es/blogs/merme/page/10/>

Modo de transporte	Kg de CO ₂ por kilómetro y pasajero
Pie	0
Bicicleta	0
Tranvía	0,042
Metro	0,06
Tren	0,065
Autobús	0,069
Ciclomotor	0,073
Motocicleta	0,094
Coche pequeño	0,11
Coche mediano	0,133
Coche grande	0,183

Según los datos de la Organización Mundial de la Salud, alrededor de 3 millones de muertes están relacionadas con la contaminación en el mundo. Si se analizan los datos para España, la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) en sus últimos datos expone que en España murieron en el año 2013 (último año del que se tiene datos oficiales), 23.940 personas por muerte prematura a causa de las partículas contaminantes existentes en el aire. 4.280 más fallecieron a causa del NO₂ (dióxido de Nitrógeno) y 1.760 más por sobreexposición al O₃ (Ozono). En total suman 29.980 personas. Nadie fallece directamente por la contaminación, sino que esta agrava de forma decisiva enfermedades previas como las cardiovasculares, respiratorias o distintos tipos de cáncer.

Según los datos de la AEMA, el 13% de las partículas contaminantes en los 28 países de la Unión Europea son ocasionados por el transporte por carretera. Si se extrapolara ese porcentaje al número de fallecimientos en España por la contaminación, al transporte por carretera se le atribuirían 3.897 muertes. El año pasado, según los datos de la Dirección General de Tráfico (DGT) murieron 1.160 personas en accidentes de circulación.

A continuación, se representa la distribución modal del transporte en España, se han elegido las ciudades de Madrid, Murcia y Vitoria como ejemplo. Estas ciudades han sido seleccionadas porque representan distintos tamaños de ciudades, y emplean diferentes sistemas de transporte público, por ejemplo, Madrid pese a tener una extensión media y un número elevado de habitantes el porcentaje de transporte público es alto, como se puede ver en la figura 6.

La población de Murcia es de 439.889 habitantes (2015), con una extensión de 881,9 km². El sistema de transporte es el siguiente; su flota de autobús está dividida en tres tipos de líneas, autobuses urbanos que cubren 11 líneas, autobuses regionales con 19 líneas y autobuses

interurbanos con 15 líneas. La red de tranvía solo tiene una línea que cubre dos destinos principales, pero está prevista su ampliación en dos líneas más. También disponen de 2 líneas de trenes de cercanías.

El municipio de Vitoria tiene una expansión de 276,8 km² y una población de 246.042 personas (2015). Al igual que Murcia, dispone de autobús y tranvía, pero Vitoria fomentan el transporte público con numerosas campañas, por ejemplo, tienen una aplicación de móvil propia que se llama “TranVit” con la que se tiene un fácil acceso a los horarios de autobús y tranvía.

Madrid cuenta con 6.464.078 habitantes (2015), con una extensión de 605,8 km² disponen de un sistema bastante completo, pues dispone de unas de las redes de metro más extensas del mundo con casi 300 kilómetros, una flota de 2000 autobuses que realizan los recorridos de más de 200 líneas, y trenes de cercanías que conectan con las principales poblaciones de la Comunidad de Madrid.

Como se observa en la siguiente figura 6, el vehículo privado representa un alto porcentaje del total, y en algunos casos como la ciudad de Murcia y Vitoria la utilización del transporte público es mínima, sin embargo, en Madrid, debido a la planificación del transporte público, este porcentaje es mayor. Es interesante destacar el elevado valor que alcanza el apartado otros en Murcia y Vitoria, ciudades de menor tamaño, que facilitan el acceso a pie, y sobre todo el uso de la bicicleta desarrollado en una campaña por Vitoria.

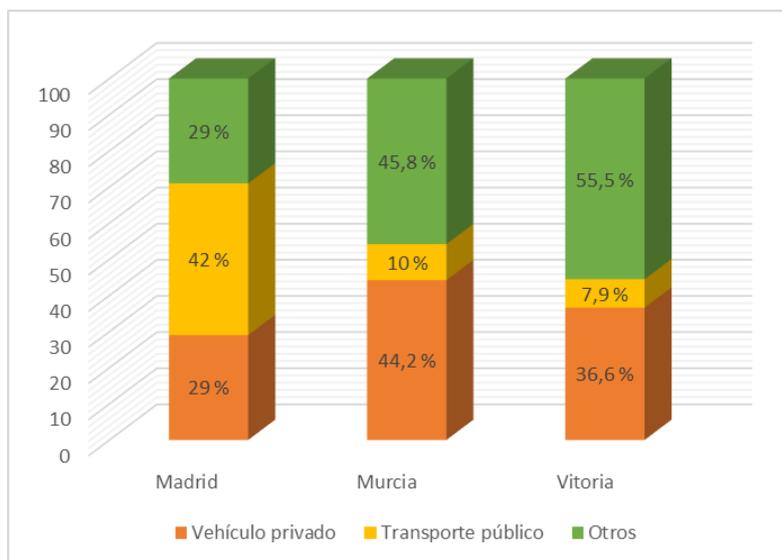


Figura 6. Distribución modal actual del transporte. Fuente de elaboración propia basada en los datos del Plan de movilidad urbana sostenible de Madrid 2014, Plan de movilidad urbana sostenible de Murcia 2010, y Plan de Indicadores de Vitoria-Gasteiz 2006.

En la figura 7 se representan las tendencias de distribución modal previstas para el año 2020. En las tres ciudades estudiadas existe una inclinación hacia el modelo ciudad compacta, donde el uso del vehículo privado sea reducido y los demás modos de transporte ampliados, estos cambios pueden reducir, en principio, las emisiones respecto al modelo de ciudad actual.

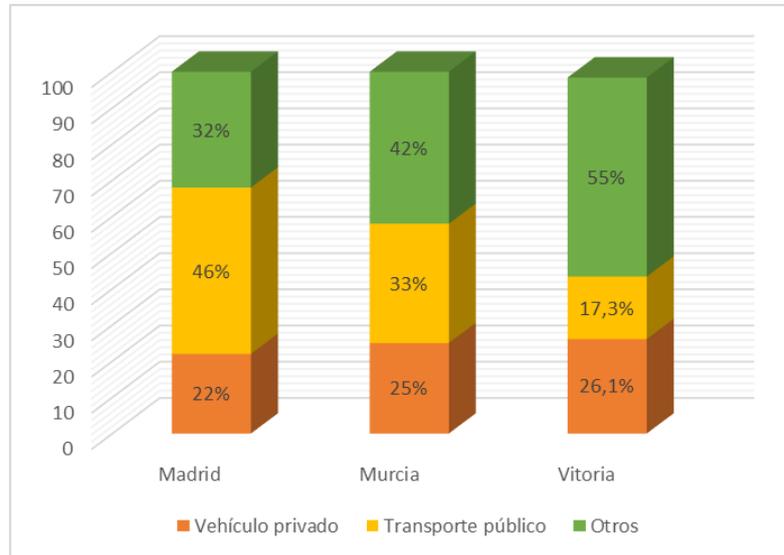


Figura 7. Tendencias de la distribución modal de transporte para el año 2020. Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Plan de movilidad urbana sostenible de Madrid 2014, Plan de movilidad urbana sostenible de Murcia 2010, y Plan de indicadores de Vitoria-Gasteiz 2010.

2.4. Movilidad urbana sostenible

2.4.1. Características de la movilidad

La movilidad es un parámetro que mide la cantidad de desplazamientos realizados por personas o mercancías en un ámbito social. La finalidad de estos movimientos es salvar la distancia que separa a las personas de los lugares donde satisfacer sus necesidades o deseos, es decir, la accesibilidad. Por ello, la accesibilidad es el objetivo que persigue la movilidad a través de los medios de transporte.

En muchas ocasiones el término de accesibilidad provoca confusiones, pues no se trata de disponer de muchos medios de transporte que alcancen distancias cada vez mayores, sino de dar accesibilidad a los diferentes servicios.

En las últimas décadas, el coche ha adquirido una gran importancia llegando a dejar de lado al transporte público, y es que poseer un vehículo privado supone una sensación de libertad debido a la flexibilidad horaria que ofrece. Además las políticas actuales no son de gran ayuda porque favorecen y fomentan su uso.

Las características que pueden definir la movilidad son:

1. Problemas puntuales de tráfico en horas punta. Porque si la movilidad no tiene una buena organización durante las horas punta pueden producirse problemas de congestión, ya que tal y como muestra la figura 8 el incremento del vehículo privado

supone un aumento de la congestión, y a su vez un intento de mejorar el transporte, que en numerosos casos termina en una descentralización de la ciudad, lo que actualmente conocemos como ciudad difusa.

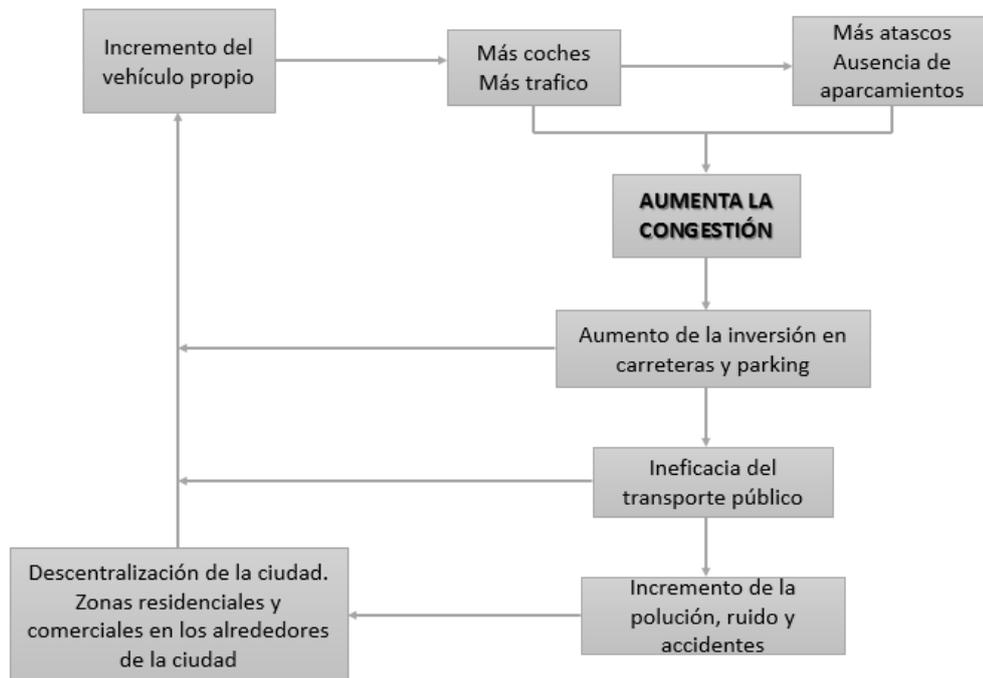


Figura 8. Esquema de problemas asociados con la sostenibilidad. Elaboración propia. Fuente: Herramientas para el análisis de movilidad. Pilar Jiménez Gómez. (2013).

2. Interoperabilidad de los elementos. Para conseguir una buena movilidad lo ideal es que exista interoperabilidad entre los diferentes medios de transporte, fomentando así la utilización de los diferentes transportes públicos.
3. Existe una estrecha relación entre los usos del suelo y la movilidad. Como hemos comentado el modelo de ciudad compacto es el que menos problemas de movilidad genera porque sus actividades se encuentran cerca las unas de las otras, por lo que no se necesita el vehículo privado.
4. Sistema dinámico. La población evoluciona según las necesidades, por ello el modelo de movilidad de las ciudades debe adaptarse a estas necesidades y evolucionar a la misma vez que la población.

2.4.2. ¿Qué se pretende con la movilidad urbana sostenible?

Las actuaciones de movilidad urbana sostenible son entendidas como las acciones destinadas a reducir los impactos negativos producidos por los diferentes modos de transporte, principalmente el automóvil, ya sean prácticas de movilidad realizadas por personas sensibilizadas con estos problemas como pueden ser por ejemplo; desplazarse a pie, en bicicleta o en transporte público, compartir un coche entre compañeros para acudir al trabajo, etc., o a través del desarrollo de tecnologías por parte de las empresas, administraciones u otros agentes sociales para ampliar las opciones de movilidad sostenible.

A menudo este concepto sólo es vinculado con las nuevas tecnologías, vehículos eléctricos o híbridos. Sin embargo, esto es un error, pues la movilidad urbana sostenible prioriza la proximidad y la accesibilidad sobre la movilidad y el transporte, promoviendo un modelo más compacto en el que:

- Se puedan satisfacer las mismas necesidades con desplazamientos más cortos.
- Se favorezca el transporte colectivo, de mayor eficiencia energética, ambiental, social y económica.
- Se dé un nuevo tratamiento al espacio público en el que el peatón sea el protagonista.

2.4.3. Oportunidades económicas que ofrece un modelo de ciudad más sostenible

Muchos se cuestionan si las propuestas para hacer más sostenibles las ciudades no suponen un freno a la económica y al bienestar de la población. Lo que supone una cuestión más para el debate.

Según numerosos autores la sostenibilidad no implica una paralización de la evolución urbana sino que modifica en otra dirección el enfoque de las actuaciones a realizar sobre la ciudad. La economía seguiría creciendo si se aprovechan las nuevas necesidades. Las acciones que generarían un aumento de la economía pueden ser:

- La rehabilitación y el reciclado del suelo urbanizado.
- La incorporación de tecnología para cada m² urbanizado.
- Diseño de nuevos edificios.
- Diseño del espacio público y de un nuevo paisaje urbano de calidad.
- Nuevos modos de transporte.
- Incorporación de actividades productivas a la ciudad.
 - Sector de las TIC (Tecnologías de información y comunicación).
 - Incorporación de producción limpia, más eficiente tecnológicamente.
- Se potencian las actividades del conocimiento. Mezcla de las actividades productivas, con centros tecnológicos de I+D+i, de investigación y formación.
- Se potencia el sector del medio ambiente clásico. Reutilización de los materiales.
- Regeneración del suelo contaminado.
- Tecnología para el ahorro del agua, ahorro energético y ahorro de materiales.
- Uso de las nuevas tecnologías de la información.

2.4.4. Sistema de Movilidad Sostenible

Según el Consejo de Transporte de la Unión Europea, un sistema de movilidad sostenible es aquel que:

- Garantiza las necesidades básicas de acceso de individuos, empresas y sociedades, con seguridad y de manera compatible con el medio ambiente y la salud de los individuos, y promueve la igualdad dentro de cada generación y entre generaciones sucesivas.

- Resulta asequible, opera de manera equitativa y eficiente, ofrece una elección de modos de transporte, apoya una economía competitiva y el desarrollo regional equilibrado.
- Limita las emisiones y residuos dentro de la capacidad del planeta para absorberlos.
- Utiliza nuevas tecnologías más ecológicas para el transporte.

2.4.5. Los problemas de la movilidad

Con anterioridad se pensaba que los únicos problemas generados por la movilidad eran la congestión o una mala comunicación. Pero en la actualidad se ha demostrado que el transporte motorizado produce un gran número de impactos negativos, los cuales tienen una fuerte repercusión en la calidad de vida de las personas.

Los problemas de movilidad presentes son consecuencia de dos procesos que se han ido retroalimentando en el tiempo. El primer proceso tiene que ver con el uso del suelo para la creación de infraestructuras del transporte, cada vez se necesitan salvar distancias mayores para realizar las actividades de sociedad y con ello también aumenta la ocupación del suelo formándose un círculo expansivo. El segundo proceso es el uso del suelo para la creación de espacios monofuncionales, es decir, lugares donde se desarrolla únicamente un tipo de actividad (Gonzalez, 2007). De este modo, las actividades quedan alejadas las unas de otras produciéndose un desplazamiento mayor.

Estos problemas originan lo que ya conocemos como ciudad difusa. En esta ciudad no solo se consume más energía, resultando más cara y contaminada, sino que también se margina a las personas sin automóvil. Además, el transporte público resulta poco atractivo por su mala gestión y su falta de accesibilidad en las zonas de baja densidad, lo que discrimina aún más a estas personas.

Está claro que la ciudad y el transporte operan conjuntamente, por ello si se quiere modificar el transporte deben de contemplarse los planes urbanísticos y los usos del suelo.

En definitiva, el modelo actual de transporte urbano basado en el automóvil es la principal causa de; los problemas de congestión, que se materializan en pérdidas de tiempo a la hora de desplazarse; afecciones a la salud directas provocadas por la contaminación acústica y del aire; y por último las indirectas que pueden ocasionar repercusiones psicológicas originadas por la ocupación y fragmentación del territorio.

Todo esto conduce a la necesidad de establecer nuevas estrategias en las ciudades para alcanzar una movilidad urbana más sostenible, de manera que se mejore la calidad de vida de las personas, manteniendo el ritmo de evolución y adaptándose a los tiempos actuales. A continuación se presentan algunas de las medidas que pueden llevar a una ciudad a ser más sostenible. Han sido divididas en cuatro términos, que serán explicadas en profundidad más adelante:

- Nueva movilidad, modificaciones que pueden suponer una movilidad más eficiente y reduzcan la contaminación.
- Logística, son medidas implementadas por las empresas de mercancías.
- Smart cities, algunas medidas tecnológicas que ayudan a proteger el medio ambiente.

- Calidad de vida, actuaciones que mejorarían las actividades sociales y la calidad de vida.

2.5. Planes de Movilidad Urbana Sostenible

El transporte público es una alternativa la cual proporciona una calidad de vida digna, su finalidad deber ser competir con el transporte privado. Es por ello que las administraciones deben de potenciar su uso, al igual que el de la intermodalidad, y poner de relieve los problemas de movilidad que genera el transporte privado. Para esto es necesario desarrollar un Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), que garantice la financiación para la realización de infraestructuras y el desarrollo de políticas de fomento, mejore la cobertura e intensidad de los servicios, potencie la intermodalidad y fomente campañas divulgativas del transporte público.

Un PMUS es un conjunto de actuaciones cuyo objetivo es reducir los impactos medioambientales producidos por los desplazamientos realizados en la ciudad, compatibilizando estas medidas con el crecimiento económico, la cohesión social y la defensa del medio ambiente. Estas acciones incluyen desde la manera en la que nos desplazamos-caminando, bicicleta, transporte público- hasta el tipo de combustible que usamos para este medio. Es un programa estratégico basado en prácticas de planificación existente, teniendo en cuenta los principios de integración, participación y evaluación que satisfacen las necesidades de movilidad de las personas en el presente y en el futuro, de manera que exista una mayor calidad de vida en las ciudades.

La práctica ha demostrado que las políticas dedicadas exclusivamente a las infraestructuras no resuelven los problemas de movilidad y tráfico. Por ello son necesarias medidas de gestión de la demanda que orienten a los ciudadanos hacia modos de transporte más sostenibles.

El objetivo de un Plan de Movilidad Urbana Sostenible es crear un sistema de transporte que:

- Garantice la accesibilidad a todos los lugares.
- Mejore la seguridad.
- Reduzca la contaminación, las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía.
- Aumente la eficiencia y la efectividad de costes tanto de los transportes de pasajeros como los de mercancías.
- Aumente el atractivo y la calidad del entorno urbano.

Seguidamente en la Figura 9 se muestra un esquema de los pasos seguidos para la elaboración de un PMUS:



Figura 9. Proceso para elaborar un PMUS. Fuente: Sustainable urban mobility plans.

Los beneficios que se pueden obtener de estos planes son:

- *Una mejora de la ciudad.* Al basarse en planes de movilidad urbana sostenible la imagen de la ciudad resultara innovadora.
- *Un progreso en la movilidad y accesibilidad.* Los planes de movilidad van enfocados a las personas mejorando así los movimientos de los ciudadanos y facilitando el acceso a las áreas urbanas y servicios.
- *Mayor calidad de vida.* Como hemos mencionado los planes están pensados para las personas y no para los vehículos, es por ello que la calidad de vida de los ciudadanos se ve mejorada.
- *Beneficios de salud y medioambientales.* El trabajo está orientado para mejorar la calidad del aire, reducir el ruido y disminuir los cambios asociados al cambio climático.
- *Decisiones apoyadas por los ciudadanos.* Planificar para personas implica que éstas participen en ello.
- *Ciudades más competitivas y acceso a financiación.* Cuando varias ciudades compiten por financiación pública, las ciudades con dichos planes pueden resultar ventajosas.

2.6. El transporte sostenible

Este apartado analiza el concepto de transporte sostenible. Desde que en el informe Brundtland de 1987 fue definido el concepto de desarrollo sostenible, académicos y profesionales han aplicado sus principios al contexto urbano. Los autores sostienen que para tener éxito en el transporte sostenible no se deben olvidar los sistemas donde el transporte está incluido. Sin embargo, el sector del transporte resulta ser un problema para el avance de las políticas sostenibles. El transporte es un sistema muy complejo desde el punto de vista técnico y económico, pues no es un sistema cerrado, sino que se encuentra estrechamente entrelazado con otros sistemas. Es decir, para cualquier análisis o evaluación de proyectos deben colaborar personas de diferentes sistemas como pueden ser economistas e ingenieros. Un ejemplo de ello es la congestión del tráfico. Si analizamos la congestión sin pensar en conjunto, la solución puede mover el problema a otro lugar sin resolver dicha cuestión.

Las políticas desarrolladas para abordar las cuestiones de sostenibilidad, solo han conseguido cubrir una pequeña fracción de todos los sistemas de actividad humana en los que está integrado el transporte. Las tendencias actuales no son alentadoras, ya que por lo general en todas las regiones del mundo los viajes aumentan más rápido que la tasa de crecimiento económica, la tasa de reducción de la energía y la contaminación.

2.6.1. El significado de "transporte sostenible"

En la conferencia organizada para la cooperación económica y desarrollo de 1996 se desarrollaron políticas para poner en práctica el concepto de "transporte sostenible". En estos proyectos se tomaron dos direcciones distintas: los que prevén el transporte sostenible como una vía y los que lo imaginan como un estado final.

El transporte sostenible como vía

Las personas incluidas en este grupo consideran que a través de un conjunto de esfuerzos se puede lograr la sostenibilidad. Estos esfuerzos necesitan de políticas que guíen a la sociedad hacia un camino más sostenible, los cuales deben ser medidos por un conjunto de indicadores.

Un ejemplo es el enfoque tomado en la Conferencia Europea de Consejeros de transporte (ECMT) en el programa del "transporte urbano sostenible" (SUT) (1997-2001). Aquí no se definió el transporte sostenible, sin embargo, se patrocinó una serie de programas para hacer frente a la pregunta "porque la aplicación de políticas sostenibles es tan difícil".

El Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) en su programa de "Movilidad Sostenible" también se abstiene de proporcionar una definición, sin embargo, proponen un conjunto de 11 indicadores para medir los siete objetivos que mejoran la movilidad sostenible. Dicho proyecto se basa en unas iniciativas fáciles de entender tanto para los responsables políticos como para el público. Sin embargo, no pueden lidiar con las complejidades y contradicciones del transporte sostenible.

La sostenibilidad como una visión de estado final

Este otro punto de vista se esfuerza en definir el transporte sostenible. Tras la conferencia de 1996, la OCDE llevó a cabo un proyecto a largo plazo el cual se centraba en el Transporte Ambientalmente Sostenible (EST). Este proyecto definió transporte sostenible como *"aquel transporte que no pone en peligro la salud pública o los ecosistemas y además cumple con las necesidades de acceso, todo ello combinado con el uso de los recursos renovables por debajo de sus tasas de regeneración, y el uso de los recursos no renovables por debajo de los índices de desarrollo de los sustitutos renovables"*. Esta definición significa que para que un sistema de transporte sea considerado sostenible, deben cumplirse los siguientes criterios: los niveles admisibles de nitrógeno, ozono, partículas y ruido para la salud; los objetivos internacionales referidos a las emisiones de dióxido de carbono; y los objetivos de protección de los ecosistemas.

El Consejo de Ministros de Transportes de la Unión Europea adoptó una definición de transporte sostenible más amplia en abril de 2001. El transporte sostenible es el que:

- Permite que las necesidades básicas de acceso y desarrollo de las personas se cumplan de manera segura y compatible con la salud humana y los ecosistemas, y promete la equidad entre las generaciones sucesivas.
- Es asequible, opera equitativamente y con eficacia, ofrece una elección de modos de transporte y apoya una economía competitiva, así como el desarrollo regional equilibrado.
- Los límites de emisiones y residuos están dentro de la capacidad del planeta para absorberlos, utiliza los recursos renovables por debajo de su tasa de regeneración, y los recursos no renovables por debajo de las tasas de sustitutos renovables, además reducen al mínimo el impacto sobre la tierra y la generación de ruido.

2.7. Estrategias de movilidad urbana sostenible

Hoy en día, cientos de ciudades están llevando a cabo estrategias para la implementación del transporte sostenible, de forma aislada o incluidas en iniciativas de sostenibilidad más amplias.

Seguidamente se destacan algunas de las direcciones más ambiciosas e innovadoras que la política de sostenibilidad ha tomado en los últimos años, han sido organizadas en cuatro grupos de actividades: nueva movilidad, logística, smart cities y calidad de vida.

Esto no es una tipología completa de las políticas de sostenibilidad, de hecho existe una superposición entre los cuatro grupos propuestos y algunas cuestiones que no han sido tratadas, como el combustible. Simplemente se exponen innovaciones que están empezando a consolidarse como políticas del transporte sostenible. Estas medidas pueden adoptar distintas formas dependiendo de las necesidades locales, los niveles de desarrollo económico, las culturas, las formas urbanas, las estructuras económicas, y los sistemas de transporte de la ciudad en cuestión.

2.7.1. Nueva movilidad

Esta primera estrategia despliega nuevas tecnologías y modelos de negocios para proporcionar alternativas al vehículo privado. Esta táctica de “nueva movilidad” fomenta nuevas formas más eficientes de moverse en la ciudad, proporcionando otras opciones moverse por la ciudad. Con estas medidas se puede reducir la cantidad de recursos no renovables consumidos, y por lo tanto representar un camino hacia la sostenibilidad.

Información de viajes. Hoy en día, en las principales áreas metropolitanas se están desarrollando sistemas de transporte inteligentes que proporcionan información en tiempo real a los viajeros. Estos sistemas pueden informar sobre los tiempos de conducción al destino deseado, las vías menos congestionadas, cuando es el próximo autobús que llegara y los aparcamientos disponibles. Muchos de estos datos se encuentran disponibles a través de páginas web o aplicaciones de dispositivos móviles.

Sistema de integración tarifaria. Esta estrategia supone la integración de todos los servicios de transporte público en un único billete, con lo que se consigue la interoperabilidad de los diferentes medios de transporte. Las principales ventajas son un aumento de la demanda, ya que el acceso a los diferentes modos de transporte es más sencillo, permite desarrollar nuevas políticas para una ciudad o región, las operaciones son simplificadas y el usuario tiene una mejor experiencia. Además se potencia el uso del transporte público lo que supone una movilidad más sostenible. Londres, París, Bremen y otras ciudades tienen emprendidas ambiciosas estrategias de integración de tarifas.

Por ejemplo en Bremen (Alemania) se ha elaborado una tarjeta inteligente que puede utilizarse como medio de pago en los transportes públicos y como medio de acceso al coche compartido (*Carsharing*). Dicha tarjeta también puede utilizarse como monedero electrónico para diferentes compras.

Carsharing o préstamo de vehículos. Este nuevo sistema se confirma cada vez más como una pieza clave en las políticas de gestión de movilidad urbana. Se trata de un sistema de alquiler de automóviles, en el que el usuario puede alquilar un vehículo según sus necesidades, a través del teléfono o Internet. Empresas como “*Carsharing*” y “*car clubs*” se están desarrollando en EE.UU. y Europa. Con estas empresas se proporcionan aparcamientos reservados en diferentes barrios de la ciudad y una variedad de vehículos eficientes en combustible, principalmente, coches eléctricos. Esto genera importantes beneficios ambientales.

San Francisco, Philadelphia y muchas otras ciudades europeas promueven activamente el carsharing, proporcionando estacionamiento preferente o mediante la contratación de grupos de “carshare” en lugar del mantenimiento de grandes flotas municipales. En California, los investigadores están explorando modelos de negocio para las zonas menos favorecidas, tales como la organización de familias, viajeros y empleados de empresas para compartir coches en diferentes momentos del día de una manera permanente. En Berlín, se realizan “*cash cars*”: los usuarios alquilan vehículos de los concesionarios para su uso personal, y los prestarán a carsharing cuando no los necesiten. Esto resulta atractivo para aquellas personas que necesitan usar el automóvil en unas ocasiones determinadas. En España este sistema existe en las principales ciudades aunque no es un sistema muy utilizado.

Con este modelo se reduce el consumo de energía entre un 10- 15% ya que la conducción se produce de manera más eficiente. Se promueve el uso del transporte público y se libera espacio urbano, puesto que se calcula que un coche de este sistema equivale a 8 coches privados, que pasan gran parte de su vida útil aparcados.

Bikesharing. Es una alternativa de transporte sostenible que cuida del medio ambiente, consiste en el préstamo de bicicletas según las necesidades de los usuarios, generalmente durante un plazo de tiempo corto. Los programas *Bikesharing* se disponen normalmente en entornos urbanos, con múltiples estaciones de bicicletas donde los usuarios pueden recoger y devolver las bicicletas. Las operaciones son de autoservicio, el cliente puede reservar la bicicleta, trasladarla y devolverla según considere oportuno. Los clientes pagan por minuto, el día o la semana, y pueden utilizar el teléfono móvil para localizar las bicicletas más cercanas. En Lyon, las bicicletas están equipadas con sensores para diagnosticar de forma automática e informar de las acciones de mantenimiento necesarias. Las cuotas establecidas en el *Bikesharing* suelen cubrir los costes de la compra, mantenimiento así como el almacenamiento y estacionamiento.

De esta manera se tiene un mayor acceso a más lugares ya que muchas más personas se pueden permitir este medio de transporte. Con esto se pretende fomentar el ciclismo como sistema de transporte, de modo que se convierta en un transporte diario. Algunos de los beneficios de bikesharing son:

- Aumento de las opciones de movilidad.
- Reducción de los costes de operación.
- Disminución de la congestión del tráfico.
- Aumento del uso del transporte público.
- Mayor conciencia ambiental y beneficios para la salud.

Vivienda libre de vehículos. Algunas ciudades ofrecen incentivos para reducir los automóviles en propiedad. En la Bahía de San Francisco, se han concedido bonificaciones para nuevas viviendas con la condición de que los nuevos inquilinos se comprometan a no disponer de coche. En estos lugares han sido implementadas zonas de carsharing de manera que los propietarios de las viviendas puedan usar este sistema en caso de necesitar un coche. Estas zonas también se han visto en Bremen y otras ciudades alemanas.

Nuevos servicios. Las agencias de transporte también están empezando a reinventarse a sí mismos según las nuevas necesidades de los clientes. Algunas estrategias de marketing que están desarrollando son:

Servicios integrados puerta a puerta. París ha estado a la vanguardia de este enfoque. Su agencia de transporte, RATP, ofrece en tiempo real servicios de puerta a puerta para planificar sus rutas de tren y autobús. Además, proporciona información acerca de todos los modos de transporte, así como información sobre entretenimiento y otros servicios. Se está convirtiendo en un servicio de movilidad transparente, integrando ofertas de tránsito tradicionales con alquiler de bicicletas, carsharing y otros servicios.

Demanda carta a carta (DRT, Demand Responsive Transport). Este sistema trata de adaptar el transporte público a las necesidades de los usuarios, es decir, no existen unas líneas regulares sino que la red de paradas, líneas y horarios es según la demanda de los usuarios. El servicio está orientado totalmente al cliente ya que éste debe de comunicarse con el operador para hacerle llegar sus necesidades, esto se realiza a través de métodos telefónicos y telemáticos. Está pensado para áreas con pequeñas demandas de transporte público, aunque también ha demostrado ser una excelente herramienta de eficiencia energética para el sector del transporte en zonas con elevada población y altas necesidades de movilidad. Es una buena alternativa para las personas con movilidad reducida. Los vehículos prestados normalmente son de tamaño pequeño o mediano, las compañías pueden ser privadas o públicas y la prestación del servicio es irregular.

En Paterna (Valencia) establecieron CridaBUS, este sistema presta servicios los sábados para satisfacer la demanda de transporte de una manera eficiente. Es un servicio “off-line”: durante la semana y hasta el viernes a las 20.00 h se reciben reservas para el sábado. El sábado se confeccionan las rutas y se envían las propuestas de recorrido a los usuarios que han reservado, que deben confirmar o rechazar la propuesta.

Existen otros sistemas más complejos como el que puso en marcha Helsinki (Finlandia). Se trata de un sistema en el que los usuarios eligen entre una amplia lista de paradas, el lugar de recogida y parada. Además pueden realizar el pago directamente desde el teléfono móvil. Este sistema es un poco más caro que los autobuses normales pero más barato que un taxi.

Actualmente, desde del punto de vista de la legislación existen problemas para implementar este servicio, ya que se encuentran en un vacío legal pues la estructura está diseñada para los autobuses convencionales, los taxis y el alquiler del vehículo privado. Además, se enfrentan a una barrera para la entrada en el mercado ya que los actuales modos de transporte público tienen sus industrias establecidas, su financiación y sus estructuras reguladoras.

2.7.2. Logística

El transporte de personas, en concreto el vehículo privado, es el principal elemento negativo en la movilidad, pero el transporte de mercancías también tiene un papel importante en la contaminación de las ciudades.

El tráfico de carga urbana está creciendo rápidamente. Una de las causas que ha facilitado este crecimiento es el comercio electrónico. Las políticas en el transporte de mercancías buscan reducir los movimientos de camiones vacíos a través de barrios y centros urbanos congestionados, mejorando la eficiencia ambiental y económica de las operaciones transporte de mercancías.

La importancia del transporte urbano de mercancías.

En los últimos años, los niveles de tráfico y sus impactos han recibido una especial atención, pero la gran parte de este interés ha sido dirigido hacia el transporte público y el vehículo privado, prestando poca atención al transporte de mercancías.

Sin embargo, el transporte de mercancías es importante por las siguientes razones:

- Es fundamental para mantener el estilo de vida actual.
- Desempeña un papel importante para las actividades industriales y comerciales.
- Cuando este sector es eficaz existe competitividad entre las industrias.
- Está directamente relacionado con la economía.
- Tiene efectos ambientales negativos como el consumo de energía, la contaminación, el ruido, la intrusión visual, etc.

Impactos del transporte de mercancías.

Los vehículos del transporte de mercancías emiten, en general, una mayor contaminación por kilómetro recorrido que otros vehículos de motor, como los automóviles y las motocicletas. Esto se debe a que el consumo de combustible es mayor por distancia recorrida.

Los sistemas de carga y transporte en las zonas urbanas crean la siguiente variedad de impactos (Mesa Redonda sobre el Desarrollo Sostenible de UK, 1996):

Impactos económicos: la congestión, la ineficiencia y los residuos de los recursos.

Impactos ambientales: las emisiones de contaminantes como el dióxido de carbono, principal gas del efecto invernadero, el uso de combustibles fósiles no renovables, los productos de desecho como neumáticos, aceites y otros materiales, la pérdida de hábitats y la amenaza asociada a las especies.

Impactos sociales: consecuencias físicas en la salud producidas por las emisiones de los contaminantes (muerte, enfermedad, peligros, etc.), lesiones y muertes como consecuencia de los accidentes de tráfico, el ruido, la intrusión visual y otros asuntos de la calidad de vida (incluyendo la pérdida de zonas verdes y espacios abiertos, consecuencia de las infraestructuras del transporte).

Como señalan Plowden y Buchan (1995) "El transporte de mercancías es esencial para la economía moderna". Sin embargo, el aumento de la congestión en las zonas urbanas pone restricciones para alcanzar nuevas mejoras.

Estrategias de sostenibilidad para el transporte urbano de mercancías.

El transporte puede hacerse más sostenible de varias maneras. Existen dos grupos diferentes que son capaces de cambiar el sistema de transporte urbano de mercancías:

- Cambios implementados por los órganos de gobierno. Estos cambios consisten en la introducción de nuevas políticas y medidas que obligan a las empresas a cambiar sus acciones para ser más eficientes ambiental y socialmente.
- Empresa impulsada por el cambio. En este caso las empresas aplican medidas para reducir el impacto de sus operaciones ya que con estos cambios obtienen beneficios. Pueden introducir mejoras en los sistemas de entregas y recogidas, en la eficiencia del combustible de los vehículos, en las tecnologías, etc.

Algunas de las posibles mejoras a aplicar en este campo se enumeran a continuación:

Puntos de recogida vecinales. En ocasiones las empresas de reparto de mercancías disponen de puntos de recogida, de manera que los clientes pueden recoger su pedido en lugares especificados, lo que reduce significativamente los viajes a las residencias y por tanto los

costes para el cliente y el vendedor. Pueden ser puntos de recogida en una tienda local o de alta tecnología como 'Tower24' en Dortmund, Alemania, que es una instalación de almacenamiento totalmente automático donde los vecinos pueden recoger sus paquetes 24 h al día.

Almacén centralizado. EL vendedor online dispone de un almacén central (o varios) que abastecen una zona geográfica. La mercancía se encuentra almacenada hasta que el cliente realiza la compra. La entrega de estos bienes se produce con vehículos de combustible limpio. En el centro de Múnaco y Bremen, todas las entregas se realizan a través de almacenes centralizados. Algunas ciudades holandesas han establecido sistemas de licencias mediante los cuales las empresas participantes reciben ciertos privilegios (por ejemplo, horas de entregas más largas) a cambio de compromisos (por ejemplo, utilizando sólo los vehículos eléctricos).

Los efectos positivos de este tipo de programas pueden ser sustanciales por ejemplo en Bremen, el número de viajes efectuados por camiones en la ciudad se redujo alrededor de un 70%.

Logística en la construcción. Un claro ejemplo de esto es lo sucedido durante la reconstrucción de la Potsdamer Platz. Las autoridades municipales de Berlín exigieron que la producción del hormigón se realizará in situ, y que la mayor parte de los materiales fueran trasladados en ferrocarril. Esto condujo a la creación de una logística encargada de la coordinación de los servicios de transporte del lugar. El resultado fue un éxito ya que el proyecto fue completado 6 meses antes. De esta manera se adoptó en Alemania la coordinación de logística como política nacional para grandes proyectos.

Zonas ambientales. Muchas ciudades europeas como Copenhague, Estocolmo y Ámsterdam, han restringido el acceso a los centros urbanos a camiones de unas ciertas características, como puede ser su edad, de esta manera se pretende cumplir con los límites de emisiones. Entre 2002-2003, Copenhague realizó esta política con una tarifa de precios medioambiental, fue establecido el pago de una tasa para acceder a las zonas de carga en el centro de la ciudad.

2.7.3. Smart cities

Con el objeto de fomentar la sostenibilidad aparece el concepto de Smart City. Una Smart city engloba la sostenibilidad, seguridad y eficiencia de los sistemas de transporte e infraestructuras. (Libro Blanco de las Smart cities, 2012). Algunas de las medidas propuestas para la configuración de estas ciudades serían:

Supermanzanas. Esta propuesta consiste en la creación de urbanizaciones en las que el tránsito de los vehículos privados sólo está permitido en el exterior de éstas, limitando su uso en el interior. De esta manera se consigue la liberación del 60-70% del espacio, fomentando el uso del transporte público o medios de transporte limpios, como la bicicleta. En la Figura 10 se muestra un esquema de supermanzanas.



Figura 10. Esquema de básico de supermanzanas. Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, Propuestas de transformación de supermanzanas de San Martín

Esta medida está contemplada en el PMUS de Vitoria. Entre los años 2016-2019 se prevé la realización de supermanzanas con las que se pretende restringir el tráfico en las zonas céntricas y reducir el espacio destinado al aparcamiento, dando así prioridad a los peatones.

Previamente a la ejecución de esto fue desarrollado un plan piloto en el barrio de San Martín (Figura 11), donde las principales acciones fueron:

- *Reorganización del tránsito de vehículos.* El acceso del vehículo privado en el interior de la manzana está restringido, son habilitadas calles de acceso a la supermanzana y se eliminan plazas de aparcamiento en los tramos de acceso a la supermanzana. (Ver Figura 13)
- *Aumento del espacio público.* Se eliminan plazas de aparcamiento y se mejoran la red de carril bici y aceras para el tránsito de peatones. (Ver Figura 12)
- *Dotación de infraestructuras.* Se construyen aparcamientos subterráneos para eliminar las plazas de aparcamientos en las calles, aumentando así la accesibilidad al espacio público, son construidos centros de distribución para la carga y descarga de mercancías.

La creación de supermanzanas resulta una actuación interesante, ya que con una sola acción se repercute en la totalidad de indicadores, mejorándolos todos ellos.

Tasa por congestión. Es una tarifa para reducir las externalidades negativas generadas por el tráfico excesivo. Con esta medida se pretende desalentar el uso de vehículos privados en los mayores periodos de contaminación. Está relacionada con la conducción de vehículos en áreas urbanas, habitualmente esta restricción se produce durante el periodo laboral.

En algunos lugares dichas tasas se colocan en autopistas o autovías, en otras ocasiones en los accesos al centro urbano, pero ambas medidas limitan el acceso de vehículos a estas áreas, reduciendo con esto la congestión y mejorando la eficiencia de los sistemas de transportes públicos.

Un buen ejemplo es la ciudad de Londres, que implemento esta tasa en 2003 (Figura 14). Los vehículos que circular por el centro de Londres deben de pagar una tasa. Dicha tarifa ha ayudado a mejorar el servicio de transporte público y financiar mejoras en este sector. Con la aplicación de esta tarifa se pretendía; reducir la congestión, mejorar los servicios de autobús y los tiempos de viaje respecto al vehículo privado y alcanzar una logística urbana más eficiente. Este cobro ha reducido tanto la congestión en el centro de Londres que desde su implementación se han ampliado las restricciones.

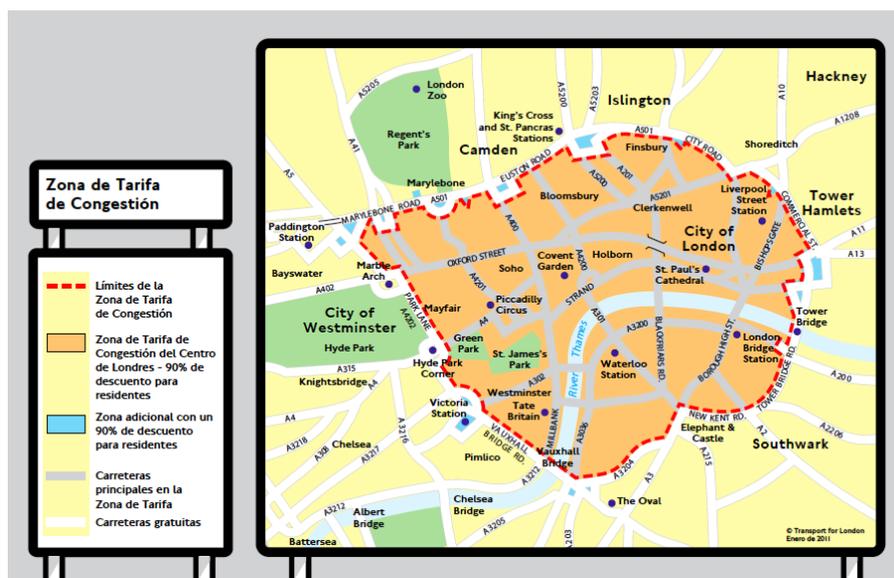


Figura 14. Cinturón establecido en Londres para el pago de la tasa por congestión. Fuente: <https://trucoslondres.com/tarifa-congestion-londres/>

Las tasas por congestión han demostrado lo siguiente en Europa:

- Una disminución de la congestión.
- Una reducción del número de vehículos privados.
- Un incremento de la velocidad del transporte público en hora punta.

Aunque los beneficios son numerosos; reducción de la contaminación, mejora de seguridad vial, los beneficios económicos recaudados se utilizan para invertir en otros transportes más

sostenibles como son la bicicleta o los espacios peatones. Existe gente posicionada en contra que argumentan lo siguiente:

- Desplazamiento del tráfico a zonas adyacentes.
- Pérdidas económicas en los comercios de la zona.
- Costes de instalaciones.
- Mayores costes sumados a los numerosos impuestos ya existentes.

Es por esto que existen alternativas a la tasa por congestión:

Espacios peatonales. Algunas ciudades prefieren invertir en la peatonalización de las calles y en aumentos de los espacios destinados al transporte público antes que en dicha tasa.

Restricción de accesos. Existen zonas de tráfico limitado, donde el acceso está restringido a usuarios concretos como son residentes, taxis, autobuses, personas con discapacidad, lo cuales tienen que pagar una cuota anual para disponer de un permiso.

Impuesto por aparcar en el lugar de trabajo. Una gestión de la oferta de aparcamiento y los costes del mismo pueden llegar a conseguir los mismos objetivos que la tasa por congestión.

Gestión integral del sistema de autobuses. El transporte público es imprescindible en las estrategias de movilidad de una Smart city, ya que en términos de eficiencia y sostenibilidad supera al transporte privado. En la siguiente figura se muestra el consumo directo de energía del transporte de viajeros según los vehículos, y como se puede comprobar el autobús es mucho más eficiente que los vehículos privados:

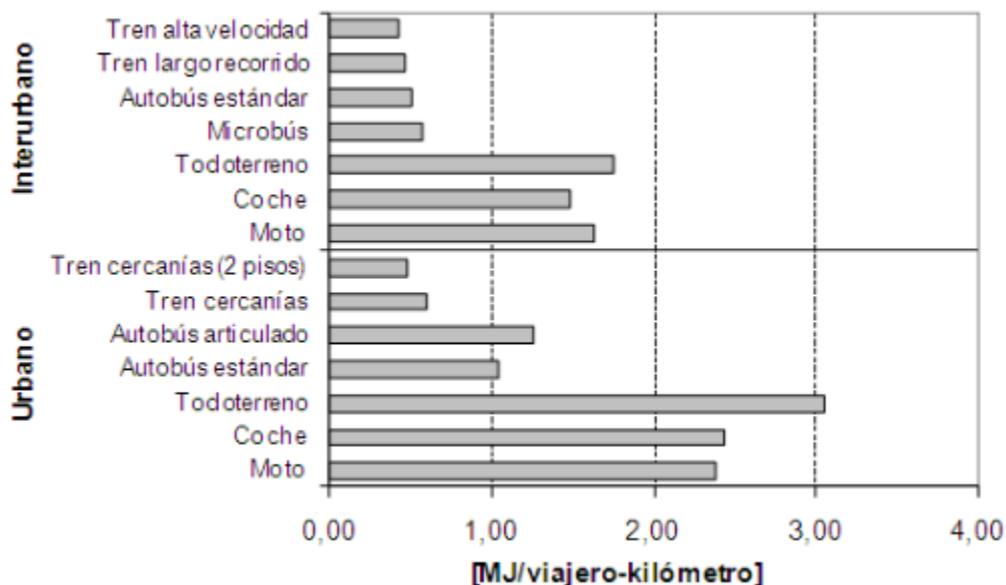


Figura 15. Consumo directo de energía en transporte de viajeros según vehículo y tipo de servicio. Fuente: Centro de Investigación del transporte. ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

Por ello es imprescindible realizar algunas de las siguientes medidas:

- Concienciar a los ciudadanos del impacto del transporte privado.

- Mejorar las conexiones del transporte público y diseñar nuevas vías e intercambiadores para el transporte público.
- Dotar al transporte público de unos precios económicos.
- Implementar políticas que favorezcan su uso, como precios reducidos para personas mayores o estudiantes.
- Poner énfasis en la accesibilidad de personas con movilidad reducida.

En Londres, una vez establecida la tasa por congestión y con el fin de abordar el aumento de la demanda de pasajeros de autobús, se comenzó a mejorar y transformar el servicio de autobuses por toda la ciudad. La frecuencia de servicios fue aumentada (utilizando los ingresos de la tasa de congestión) a través del establecimiento de una vía prioritaria para el autobús. Se puso en marcha una iniciativa para proporcionar una alta fiabilidad y mejorar los servicios de autobús. Esta iniciativa prevé la creación de 70 rutas 'Bus Plus' que cuentan con información mejorada para pasajeros, muestran la llegada de autobuses en tiempo real, mejor calidad de los vehículos, prioridad de tránsito en las señales de tráfico, sistemas de localización de vehículos y la instrucción de conductores automáticos para reducir la concentración de autobuses y mejorar la fiabilidad. También se están incluyendo incentivos financieros para que los operadores mejoren la calidad de los servicios ofrecidos, atrayendo así pasajeros.

2.7.4. Calidad de vida

Este último ámbito se centra directamente en la relación entre transporte y sociedad. La calidad de vida, incluye la preocupación por la accesibilidad, el diseño del espacio público, las oportunidades para el desarrollo social, la salud y el bienestar económico de los residentes. El aumento de la motorización produce efectos negativos sobre la vitalidad económica y social de una ciudad, es decir, la calidad de vida. Por ello, resulta clave el fomento de las siguientes medidas:

Espacios peatonales. El ruido, la contaminación, la inseguridad, la apropiación del espacio, son algunas de las consecuencias físicas y ambientales que supone la presencia del vehículo en la ciudad. La experiencia nos dice que la solución a este problema no es simple. La mayoría de las actuaciones que se realizan buscan minimizar el impacto negativo de la motorización aumentando la integración de otros medios, más saludables y sostenibles, mediante la transformación del espacio y la modificación de las costumbres relacionadas con el uso del transporte.

La ampliación del ancho de la acera, la adaptación del espacio para el uso público, la intermodalidad del transporte y la reducción de la velocidad máxima permitida, han sido las fórmulas más conservadoras para enfrentar este problema.

Otra solución es la creación de espacios peatonales, consisten en zonas restringidas a los vehículos, es decir, solo están orientadas para el paso de peatones, normalmente se realiza en los núcleos urbanos de las ciudades. Los residentes de las áreas suelen preferirlo porque mejora su bienestar, reduce el ruido y aumenta la movilidad. Además ayudan a reducir la contaminación atmosférica. También influyen en la economía ya que si en esas zonas existen comercios, dichos propietarios ven aumentados el volumen de su negocio.

Un ejemplo es la ciudad de Bogotá, los domingos suele cerrar sus carreteras a los automóviles, de modo que puedan ser utilizadas con fines recreativos. Recientemente, también ha desarrollado una red de calles de uso exclusivo para bicicletas y peatones.

Otro ejemplo es Nuremberg (Alemania) que en la década de los 70 su centro histórico fue gradualmente peatonalizado, cerrando al tráfico plazas y calles significativas del mismo, fundamentalmente para conseguir una mejora de la calidad del aire. Este proceso culminó en 1989, cerrando la entrada a vehículos, permitiendo solo el acceso a los residentes y creando rutas con restricciones horarias para la entrega de mercancías. Con estas medidas todos los contaminantes disminuyeron, tanto dentro como fuera del centro. Varios sectores de la población se oponían a estas medidas pensando que provocaría un caos circulatorio en las zonas contiguas, pero esto no ocurrió. Por el contrario, una parte importante del tráfico desapareció, los conductores fueron dejando de utilizar su vehículo de forma progresiva. Además, el sector del comercio se vio beneficiado pues la zona se activó con su peatonalización. De hecho, más tarde, el Ayuntamiento pretendió reabrir el centro al tráfico, pero tuvo que abandonar la idea ante el rechazo de la población.

Espacios compartidos “Shared Space”. Los espacios compartidos son lugares donde coches, ciclistas y peatones conviven en igualdad de condiciones. En estas áreas han sido eliminadas las señales de tráfico, semáforos y las distinciones entre los diferentes modos de transporte. Se pretende que los habitantes sean conscientes de sus acciones, desarrollando así una mayor interacción visual para reaccionar ante las situaciones.

Los espacios compartidos han sido evolución de los conocidos “*espacios woonerf*”. Estos lugares tienen como finalidad la convivencia entre los automóviles, los peatones y los ciclistas. Para conseguir esto se obstaculiza el acceso a vehículos, obligando a disminuir su velocidad.

Muchas ciudades han desarrollado sus propios enfoques de calidad de vida. En algunas ciudades de Reino Unido, Dinamarca, Suecia, Alemania y los Países Bajos se han rediseñado calles de barrios para crear estos espacios compartidos. Han sido implementados en zonas de uso residencial, comercial, centros urbanos, es decir, lugares donde coexisten múltiples tipos de tráfico. Normalmente está pensado para calles anchas, para zonas más estrechas la mejor opción es la peatonalización.

En un primer momento se podían considerar espacios poco seguros, pero un estudio en 2008 de la Universidad Politécnica de Madrid analizó las ciudades de los Países Bajos donde habían sido establecidos, obteniendo los siguientes resultados:

- Una reducción general de la velocidad y del número de vehículos.
- Recuperación de ambientes de plaza o de espacio social, que no existe en los lugares con presencia del tráfico.
- Una leve disminución del número de accidentes.

Además, se obtuvieron otros beneficios como una reducción de la congestión y un incremento del transporte público, creando un paisaje urbano más estético.

Aunque los datos reflejan una mayor seguridad vial, la escasez de experiencias no permite extraer conclusiones definitivas en lo referente a la accidentabilidad, tal y como se muestra en la Figura 16 solo en algunos casos como Opeinde, Wolvega, Drachten se ha reducido la accidentabilidad, en los demás se ha mantenido.

Sin embargo, sí que queda confirmada la reducción de velocidad y la recuperación de la vida y el ambiente urbano.

Gráfico 8 .Accidentabilidad antes del espacio compartido

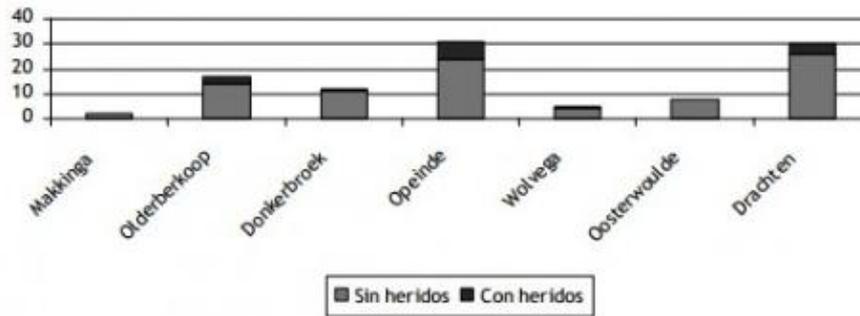


Gráfico 9 .Accidentabilidad después del espacio compartido

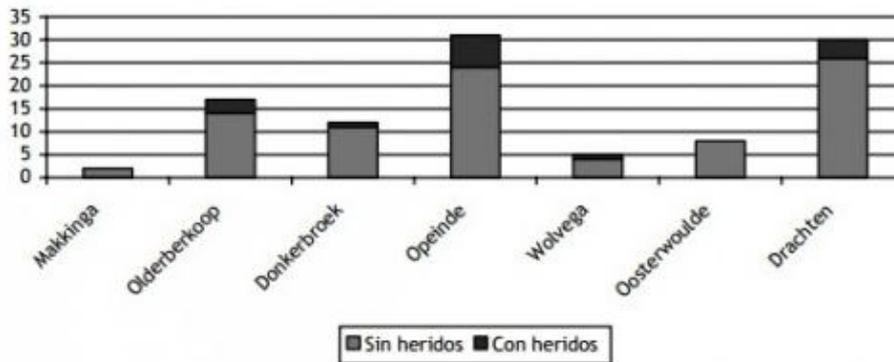


Figura 16. Comparación de los espacios compartidos. Fuente: Los espacios compartidos. Mateus Porto Schettino (2008).

Normalmente, estas propuestas se desarrollan en lugares con poca afluencia de personas, aproximadamente 5.000 habitantes. Aunque actualmente existen proyectos en zonas de 64.000 habitantes, en las que las intensidades de circulación son medias, y la afluencia de peatones y ciclistas elevada.

Los cuatro modelos analizados en esta sección sólo representan una parte de los muchos esfuerzos innovadores puestos en marcha en todo el mundo. Continuamente se prueban nuevas ideas, las mejores prosperan y se adaptan a otras partes. Por lo que queda reflejado que para alcanzar el transporte sostenible es necesario el liderazgo de figuras políticas y profesionales. Además, para que estas medidas se puedan implementar y resultar beneficiosas deben trabajar en conjunto las diferentes instituciones.

3. Sistema de indicadores para la sostenibilidad urbana

3.1. Conceptos básicos

A continuación, se presentan los conceptos básicos de los indicadores:

Indicadores

Un indicador es una magnitud utilizada para medir o comparar los resultados obtenidos durante la elaboración de un estudio, proyecto o actividad (<http://www.definicion.org/indicador>). En términos de sostenibilidad, un indicador nos proporciona información sobre el desarrollo sostenible. Es decir, permiten evaluar el grado de aceptación de la implementación de las políticas de sostenibilidad al modelo de ciudad tanto al inicio de la actuación urbanística (planificación) como una vez haya sido implementada y esté funcionando (uso y gestión). (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona).

Además, es importante aclarar la diferencia entre indicadores y datos o variables observadas. Un dato o variable observada se convierte en indicador cuando es establecida la evaluación de un fenómeno. Por ejemplo, el número de desempleados es un dato o variable, entonces una vez que está determinado que un aumento en el número de desempleados expresa resultados económicos negativos para un territorio, este número se convierte en indicador.

Índices o indicador compuesto

Un índice o indicador compuesto es la síntesis de los indicadores. Un ejemplo de esto es el índice de desarrollo humano (IDH) que explica claramente el matiz entre índice e indicador. El IDH se compone de tres índices (longevidad, nivel de educación y nivel de vida). Cada índice es el conjunto de varios indicadores. Por ejemplo, el nivel de educación es la síntesis de los indicadores “tasa de alfabetización bruta” y “tasa bruta de educación”.

Ponderación

La ponderación implica la atribución de un valor mayor a un indicador o índice que a otro. Este enfoque presenta muchas críticas porque es un proceso arbitrario en el que no está justificada la atribución de un peso a un indicador dado.

Umbral

El concepto de umbral es el valor de referencia de un fenómeno para el cual se produce un cambio de estado y dicho cambio es irreversible. Se aplica principalmente a los desafíos del medio ambiente (por ejemplo, la contaminación del agua, la contaminación del suelo, la contaminación del aire). Este valor umbral nos permite establecer límites a la sostenibilidad y conocer la evolución de las medidas. Supongamos por ejemplo que un criterio se ocupa de la conservación de un acuífero, y que la tasa de extracción máxima o valor de referencia está en

85 m³/día. Si después de un cierto período de mediciones se indica que debido a un uso más racional del agua la tasa de extracción media es de 79 m³/día, ha habido una ganancia de 7%.

Valor crítico

El valor crítico corresponde a un valor de referencia derivado de las normas. Tiene en cuenta los intereses individuales y/o grupales.

Rendimiento relativo

El rendimiento relativo son los valores de referencia basados en otros territorios del mismo tipo. Estos puntos de referencia son utilizados para construir estadísticas con respecto a los mejores y peores resultados.

Con el fin de evaluar, controlar e informar sobre la evolución de los factores sociales, medioambientales y económicos, y de las actuaciones que se están llevando a cabo para mejorar el medio ambiente, surge la necesidad de crear un sistema de medidas estandarizado, llamado sistema de Indicadores de sostenibilidad.

La función principal de los indicadores es proporcionar información sobre el desarrollo sostenible. El problema de estos es que existe gran variedad de indicadores lo que hace difícil definir las características básicas.

3.2. Objetivos de los sistemas de indicadores para la sostenibilidad

El conjunto de indicadores creados para la sostenibilidad deben:

- Permitir el seguimiento de la aplicación del Plan de Acción Ambiental.
- Medir la evolución del medio ambiente respecto a las actuaciones que se llevan a cabo siguiendo el Plan de Acción Ambiental.
- Favorecer la obtención de información de una manera rápida y eficaz.
- Ofrecer información a los ciudadanos.
- Determinar el grado de implicación de los agentes del Plan de Acción.
- Ayudar a la toma de decisiones políticas para proteger el medio ambiente.
- Obtener una visión de los intereses predominantes en el municipio.

3.3. Clasificación de los indicadores

Para la creación de un sistema de indicadores se deben tener en cuenta cuatro tipos de indicadores que son: Indicadores económicos, indicadores sociales, indicadores ambientales, indicadores específicos. En la figura 17 siguiente se muestra un esquema de un sistema de indicadores para la sostenibilidad.

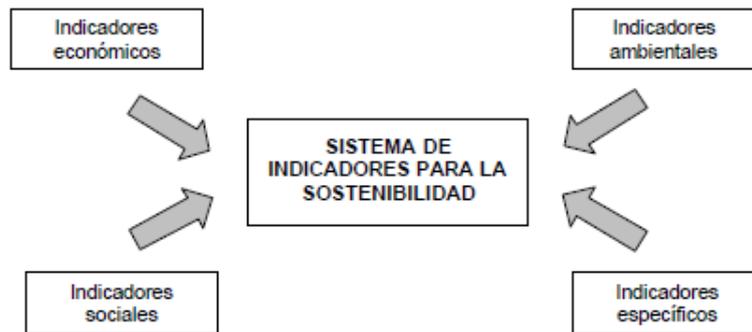


Figura 17. Esquema del Sistema de Indicadores para la sostenibilidad. Fuente: Código de buenas prácticas ambientales A-Agenda 21 Local

Indicadores económicos

Su función es evaluar el nivel económico y el progreso de un municipio a través de cálculos, estadísticas y estándares establecidos. Estos indicadores utilizados de manera tradicional no reflejan la sostenibilidad de un municipio, pero si pueden hacerlo si se combinan con otros tipos de indicadores como son ambientales y sociales.

Algunos ejemplos son: el número de compañías y empresas, los ingresos medios y la tasa de paro.

Indicadores sociales

Al igual que los indicadores económicos, los indicadores sociales no miden por si solos la sostenibilidad de un municipio, pero sí que lo hacen en conjunto con el resto de indicadores de un sistema. Estos indicadores miden el nivel de bienestar de una sociedad y todos aquellos estándares relacionados con la calidad de vida.

Algunos ejemplos de indicadores sociales generales: índice de alfabetismo, número de centros sanitarios, índice de uso de bibliotecas.

Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales son aquellos que evalúan el estado y la evolución de factores ambientales como pueden ser el agua, el aire, el suelo, etc. Muchos de estos indicadores expresan parámetros puntuales, otros pueden obtenerse a partir de un conjunto de parámetros relacionados con cálculos más complejos. Estos indicadores de manera independiente tampoco miden la sostenibilidad de un conjunto.

Ejemplos de indicadores ambientales son: niveles de contaminación acústica, niveles de contaminación atmosférica, utilización del transporte público municipal.

Indicadores específicos.

Son aquellos indicadores que pudiendo ser de carácter ambiental, económico o social, hacen referencia a aspectos específicos de un municipio.

3.4. Creación de un sistema de indicadores para sostenibilidad

Si se consigue establecer un conjunto de indicadores para el desarrollo urbano incluyéndose la movilidad urbana, que sirva a los gestores para seleccionar alternativas, optimizar y gestionar

programas y proyectos, identificar experiencias con éxito en otros municipios, y que además permita a los ciudadanos participar en el desarrollo, ejecución y control de las políticas, se habrá dado un paso importante en el progreso hacia un desarrollo más sostenible (Agenda 21).

Este proceso de clasificación en función de la situación o progreso de las ciudades desde el punto de vista de la calidad ambiental, puede crear alicientes para los gestores políticos y agentes socioeconómicos y una competencia saludable que puede llevar no sólo a compartir problemas sino también soluciones, lo que se denomina en inglés “*comperation*”.

Las dificultades encontradas por la Agenda 21 en relación a los indicadores son:

1. No existe un conjunto de indicadores globales.
2. No existe un método apropiado que identifique los indicadores adecuados para cada estudio y/o ciudad.
3. No es fácil realizar una comparación entre ciudades (países desarrollados/países en desarrollo).
4. Hay una dificultad para la obtención de datos.
5. Perdurabilidad a lo largo del tiempo.
6. Sistema de monitorización –retroalimentación.

Resultaría interesante que todos estos problemas fueran resueltos, aunque como podemos comprobar en el siguiente punto cada vez se realizan más trabajos para intentar superar estas dificultades.

4. Estado del conocimiento de los indicadores de movilidad urbana sostenible

Habiendo quedada demostrada la importancia del transporte en una ciudad. A continuación, se hace una revisión bibliográfica donde se realizan resúmenes de diferentes artículos relacionados con la movilidad urbana sostenible, dentro de cada apartado se ha destacado lo más interesante relacionado con la movilidad urbana, señalando los indicadores que cada autor ha utilizado en sus documentos.

4.1. Directrices cuantitativas para la sostenibilidad urbana (Wash et al., 2006)

Para lograr un espacio sostenible es necesario conocer la cantidad de recursos disponibles para las próximas décadas, estableciéndose así una gestión y un límite del consumo de los recursos.

En este documento son revisados los niveles de los usos de recursos en las ciudades de los países desarrollados y en desarrollo, estableciéndose unos niveles adecuados para las poblaciones del futuro, de esta manera se cuantifican los requisitos de sostenibilidad. Determinar el nivel de recursos suficiente para permitir una vida agradable es un reto para Wash et al. En el texto se cuantifican lo siguiente:

- Niveles sostenible de energía.
- Niveles sostenibles de agua.

- Niveles sostenibles de alimentación.
- Niveles sostenibles de los recursos no renovables.
- Niveles sostenibles de transporte.
- Niveles sostenibles de vivienda
- Niveles sostenibles de gestión de residuos.

La cuantificación de estos niveles sostenibles se realiza en dos pasos. En primer lugar, se establecen los niveles actuales de uso del conjunto de recursos urbanos esenciales, seguidamente se intenta cuantificar los niveles de consumo desde las tres perspectivas sostenibles siguientes:

- Cantidades de recursos disponibles en el futuro.
- El nivel de uso y sus consecuencias.
- Los niveles de uso que serán adecuados no sólo para la supervivencia humana, sino para una vida productiva y satisfactoria.

Un enfoque importante considerado en este texto es que los requisitos tienen dos componentes. Por un lado, los requisitos directos; se refieren a las cantidades de recursos empleados dentro del área urbana. Por otro lado, los requisitos indirectos; son los impactos que se producen en otros lugares derivados de los requisitos urbanos.

A continuación, se exponen los niveles de cuantificación de la energía y del transporte sostenible, pues son interesantes desde el enfoque de este proyecto.

- *Cuantificación de los niveles sostenibles de energía.*

La energía es esencial para el funcionamiento de las ciudades, pues a través de ella se proporcionan los servicios que sustentan la actividad económica y permiten a los residentes satisfacer necesidades básicas como son la alimentación, vivienda, salud, educación y movilidad.

La planificación urbana tiene un impacto significativo en el uso de energía, en particular, en la vivienda y en el sector del transporte. En la Tabla 2 se proponen los requisitos percibidos actualmente y lo que se podrían reducir para ser sostenible:

Tabla 2. Energía sostenible percibida y requerida (MJ/cap. Día). Fuente de elaboración propia basada en Walsh et al. 2006

	Requisitos percibidos	Requisitos sostenibles
Industria	111	41
Transporte	124	16
Residencial	70	15
Otros, incluidos servicios	109	27
Energía total consumida	370	99

Como se aprecia en la tabla 2, actualmente, el sector del transporte necesita de 124 MJ/capacidad día, según este estudio los requisitos podrían reducirse hasta 16 MJ/capacidad día, por lo que deben de establecerse políticas para su disminución.

- *Cuantificación de los niveles sostenibles de transporte.*

La población necesita movilidad para alcanzar sus necesidades. Los medios actuales que cumplen con esta movilidad producen los siguientes impactos negativos: congestión, contaminación, emisiones de gases de efecto invernadero, interrupción de los barrios y ruido.

Con el fin de minimizar la dependencia del automóvil pero conservando la capacidad de transporte necesaria, se recomiendan los siguientes requisitos de sostenibilidad:

El tiempo de viaje personal debe verse reducido de 1.1 horas a 33 min. La distancia de viaje personal disminuirá de 14,6 km media actual a 4,4 km. Y el transporte de mercancías por carretera pasará a ser de 0,2 ton-km a 0,68 ton-km actual.

Finalmente, quedan cuantificados los niveles sostenibles de energía y transporte, pero para poder alcanzar estos niveles es necesario el establecimiento de unas políticas que permitan llegar a estos valores.

4.2. Medición de la sostenibilidad en las ciudades. El uso de indicadores locales. (Tanguay et al., 2010)

Las administraciones públicas utilizan los indicadores de desarrollo sostenible (SDI, *sustainable development indicators*) para realizar estrategias de sostenibilidad, ya que el empleo de éstos permite realizar una evolución y seguimiento de las medidas implementadas.

En este artículo Tanguay et al., basándose en los problemas actuales, tratan de encontrar un método de selección de indicadores que abarque el mayor número posible de componentes de desarrollo sostenible con el menor número de indicadores. Para ello, analizan el uso de indicadores de desarrollo sostenible en 17 casos de países occidentales. Los autores decidieron estudiar estos casos por cuatro razones principales. En primer lugar, las ciudades son las que deben ser objeto de este análisis ya que es en ellas donde se producen los problemas de desarrollo sostenible. En segundo lugar, los datos disponibles eran para aglomeraciones de más de 5.000 personas. Tercero, es en las ciudades grandes donde se han adoptado estrategias de desarrollo sostenible demostrando una falta de consenso entre los objetivos y las evaluaciones. Además de todo esto, Campbell (1996) recomienda trabajar a nivel de ciudad, puesto que a esta escala es más fácil determinar todas las partes involucradas y controlar las acciones.

La muestra final para el análisis, abarca ciudades y municipios de diferentes tamaños de EE.UU., Canadá y Europa. Observando las principales características de los indicadores de los diferentes estudios, consiguen llegar a dos conclusiones: los 17 estudios utilizan entre 10 y 86 SDI, además, estudios con áreas mayores utilizan menos SDI.

Fueron seleccionados 188 indicadores, concluyéndose que el 72% de los indicadores son aplicados en uno o dos estudios y muy pocos se encuentran en más de cinco prácticas.

Todo esto revela una falta de acuerdo en la selección y en el número óptimo de indicadores que deben ser elegidos, lo que resulta llamativo pues muchas ciudades comparten los mismos valores y características.

Una vez seleccionados los indicadores se realiza una clasificación. En primer lugar se dividen de acuerdo a las tres características principales del desarrollo sostenible: economía, medio ambiente y social. Después de esta agrupación, se forman 20 categorías para estructurar mejor los indicadores, entre las categorías están energía, transporte, calidad de aire, ruido, agua potable, seguridad, salud, empleo, etc.

La principal conclusión a la que llegan los autores una vez realizado un primer análisis es que debido a la amplia definición de desarrollo sostenible y a las diferentes interpretaciones a las que da lugar, existe una falta de acuerdo para la selección y establecimiento de SDI.

Basándose en esta conclusión y en los estudios revisados, se propone una estrategia para seleccionar un conjunto de SDI, demostrándose la necesidad de obtener una lista genérica de indicadores que cubran lo más ampliamente posible con todos los componentes de desarrollo sostenible y reduzcan al mínimo el número de indicadores. Para elaborar esta lista tienen en cuenta las siguientes cuestiones:

- Las descripciones y las unidades de medida utilizadas deben ser sencillas, ya que un indicador puede describirse o medirse de diferentes formas (por ejemplo, la contaminación puede medirse por la toxicidad o el contenido de CO₂).
- Por otra parte, conviene tener en cuenta las externalidades negativas. Por ejemplo, los indicadores relacionados con los servicios públicos pueden indicar una buena calidad de vida, pero estos servicios consumen grandes cantidades de energía por lo que indica un peor rendimiento desde el punto de vista del desarrollo sostenible (Brazzini-Mourier, 2006; Koller, 2006).
- Es importante definir los objetivos para los que se utilizan los indicadores (Verry y Nicolas, 2005). Estos objetivos deben de reflejar los factores específicos para cada municipio o ciudad, permitiendo que se realice una comparación entre municipios del mismo tipo. Por otra parte, las interpretaciones del desarrollo sostenible deben ser coherentes con el informe Brundtland y reflejar los componentes económicos, sociales y medio ambientales.
- Muchos autores aseguran que un indicador debe ser SMART: "Específico- claro y conciso, evitando términos imprecisos, Medible- deben ser medibles para cuantificar el proceso, Alcanzable- capaces de alcanzar el objetivo, Realistas- pudiéndose realizar dentro del presupuesto y los plazos, Tiempo- completado en una fecha determinada" (Instituto de Estadística de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico, 2007).
- Es necesario establecer un marco conceptual para garantizar que los indicadores seleccionados cubren con los objetivos para los que han sido definidos. Los principales marcos conceptuales están centrados en objetivos, componentes del desarrollo sostenible y las relaciones de causa y efecto; estos últimos también se les conocen como modelos de "presión-estado-respuesta" (PSR, *pressure-status-response*). El

modelo PSR agrupa una serie de indicadores que representan la presión antrópica sobre el medio ambiente, el estado resultante del medio ambiente y las reacciones o respuestas (políticas, acciones, cambios en el comportamiento, etc.) a los problemas encontrados. Sin embargo, para que el modelo sea efectivo, cada categoría de indicador (transporte, energía, educación, salud, aire, etc.) debe dividirse en indicadores de presión, estado y respuesta, por lo que el número de indicadores resultante es elevado. Las Naciones Unidas fueron pioneras en este tipo de enfoque en 1990, pero fue abandonado en 2006 porque no permitía lograr el objetivo para el que los indicadores habían sido creados (Bell y Morse, 2008).

Finalmente, la estrategia óptima para construir la lista de indicadores es la siguiente:

1. La lista de indicadores debe de representar las características principales y todas las categorías, es decir, debe cubrir las tres características principales y las 20 categorías de desarrollo sostenible.
2. Se seleccionan los indicadores más repetidos; 32 indicadores se utilizan cuatro veces o más, 23 se utilizan cinco veces o más y 13 aparecen seis veces o más.
3. Se cubren las características principales y las categorías de desarrollo sostenible. Eligiéndose los indicadores que más categorías de desarrollo sostenible cubren, que son aquellos que se repiten “cinco veces”. Aunque con estos indicadores 6 de las 20 categorías no están cubiertas, las cuales son: energía (excluyendo transporte), ruido, otros, salud, bienestar, servicios sociales y comunitarios. Aunque estas categorías parecen ser un poco más “secundarias” se cree que deben ser representados por al menos un indicador.
4. Eligen los indicadores más simples para facilitar la recogida de datos, la compresión y difusión.

El resultado es una lista de 29 indicadores. Este método, llamado subseleccionar, consigue obtener un nivel óptimo de indicadores y aporta nuevas perspectivas para los debates relacionados con la selección de indicadores urbanos. Esto puede verse como un paso preliminar en el proceso de selección, cuyo objetivo es proponer a los planificadores y tomadores de decisiones una base científica y operativa.

Siguiendo con el objetivo de este proyecto, observamos que en la lista definitiva de indicadores sólo 1 indicador está relacionado con la movilidad sostenible, “**Usuarios de transporte público** - Porcentaje de usuarios del transporte público vs otros medio de transporte”. Esto resulta significativo, pues puede ser que para la finalidad del estudio de Tanguay sea suficiente, pero como ya hemos mencionado la movilidad urbana es un punto clave en la sostenibilidad general de una ciudad, por lo que deberían de considerarse en una lista general más de un indicador movilidad.

4.3. Aplicación de indicadores de sostenibilidad urbana. Una comparación entre diversas prácticas. (Shen et al., 2011)

Muchas investigaciones tratan de documentar el grado en el que las ciudades están logrando los objetivos de sostenibilidad a través del uso de indicadores. Sin embargo, el proceso de selección de indicadores no debe ser una recopilación de todos los indicadores, sino la elección de aquellos que mayor información proporcionan. Existen muchas listas de indicadores pero

no hay un conjunto de indicadores que se adapte por igual a todas las ciudades. Por lo tanto, es necesario un grupo de indicadores que permita la comparación, de manera que las ciudades tengan una vía común para compartir y aplicar medidas con éxito (Instituto de Investigación de Medio Ambiente de Italia, 2003).

En este documento se elabora una Lista Internacional de Indicadores de Sostenibilidad Urbana (IUSIL), con la cual se examinan y comparan 9 planes de desarrollo sostenible realizados en diferentes ciudades del mundo. Verificando que una lista internacional de indicadores permite una mayor comprensión y el intercambio de conocimientos para futuras prácticas.

Para la creación de la lista de indicadores, se realizó una revisión de la literatura, recopilando información de libros, revistas académicas, gobiernos e informes institucionales, planes de desarrollo urbano sostenible y sitios web. El objetivo era una lista con base comparativa, que incluyese una amplia variedad de indicadores y ayudará a determinar el rendimiento de la sostenibilidad urbana en una ciudad. La lista elaborada contenía 115 indicadores, divididos en 37 categorías para estructurar mejor los indicadores dentro de las 4 dimensiones del desarrollo sostenible: economía, medio ambiente, social y política.

Para comprender la lista de indicadores de sostenibilidad urbana, es necesario identificar las acciones aplicadas en diferentes ciudades. En un primer momento se identificaron 29 planes de desarrollo urbano sostenible, pero sólo 9 tenían información suficiente para el análisis, se incluyen Melbourne, Hong Kong, Iskandar, Barcelona, Ciudad de México, Taipei, Singapur, Chandigarh y Pune.

Las listas de los indicadores identificados en cada una de las 9 ciudades se someten a un análisis de cumplimiento para cada una de las 37 categorías incluidas en IUSIL. Los resultados son los siguientes:

Como es lógico, cada ciudad examinada ha elaborado su plan de desarrollo sostenible urbano según sus necesidades. Seguidamente, se exponen las diferencias existentes en las prácticas mostradas, según las cuatro magnitudes diferentes.

Dimensión ambiental. Barcelona y Ciudad de México son las ciudades que mejor cumplimentan la dimensión ambiental. En el caso de Barcelona, son los habitantes los que proponen los indicadores, por lo tanto, queda representada la demanda de los residentes hacia una sostenibilidad urbana. En la Ciudad de México la mayoría de sus indicadores se centran en temas ambientales, representando las necesidades urgentes de la ciudad.

Aunque Chandigarh es reconocida como una de las ciudades más verdes de India, su plan tiene un alto cumplimiento en la dimensión ambiental, ya que quieren mantener su buen estado ambiental y alcanzar la posición de la ciudad más verde de la India en un plazo de 30 años. Por otro lado, a pesar de que Pune tiene más problemas ambientales, han decidido abordar solamente los más importantes en función de sus necesidades y enfocar sus esfuerzos para mejorar en un plazo de 10 años.

Dimensión económica. Hong Kong es el que mayor cumplimiento tiene en la dimensión económica. El plan de Hong Kong es considerado como un ejemplo hacia la sostenibilidad urbana, ya que mantiene el equilibrio entre las cuatro magnitudes de la lista de indicadores.

Dimensión social. Iskandar es el que mejor cumple con la magnitud social, ya que es una región en desarrollo y pretende ser un lugar donde los inversores y sus empleados puedan sentirse cómodos.

Dimensión política. En la mayoría de los trabajos analizados, estos indicadores no son incluidos, o si los tienen en cuenta pero los introducen en otros. La principal razón de esto es que la gobernabilidad está bien desarrollada en la mayoría de ciudades examinadas. La única excepción es Pune, que debía de modificar su gobierno para alcanzar los objetivos establecidos en sus planes hacia la urbanización sostenible.

En general, en estos planes se dan una mayor prioridad a la dimensión medioambiental y social.

Debate sobre el cumplimiento general de IUSIL

Barcelona e Iskandar son las que más indicadores cumplen de la IUSIL, quedando demostrado que el uso eficaz de indicadores no está relacionado con el número de éstos. En el caso de Barcelona son los habitantes los que han seleccionado los indicadores, lo que supone la aceptación de ellos y su cumplimiento, sin embargo, es posible que se hayan seleccionado indicadores sin fundamentos suficientes debido a la falta de experiencia. Iskandar es una situación muy diferente, es una región en desarrollo y están bajo supervisión para conseguir una urbanización sostenible.

Ciudad de México y Hong Kong, están al mismo nivel de cumplimiento pero con diferentes necesidades, objetivos y misiones.

A continuación se muestran los indicadores de movilidad urbana sostenible que han sido seleccionados para la configuración de la lista internacional de indicadores de sostenibilidad urbana.

Tabla 3. Lista Internacional de indicadores de sostenibilidad urbana. Indicadores de movilidad urbana sostenible seleccionados. Fuente de elaboración propia basada en Shen et al. 2011.

Dimensión	Categoría	Indicador
Medio Ambiente	Calidad del aire y de la atmosfera	Número de veces que el valor límite de los contaminantes atmosféricos ha sido excedido Emisiones de gases de efecto invernadero
	Eficacia y ecología de los sistemas de transporte	Tiempo de viaje Modos de transporte Intensidad energética del transporte
Dimensión	Categoría	Indicador
Economía	Patrones de consumo y producción	Consumo anual de energía, total y por usuario

Dimensión	Categoría	Indicador
		Porcentaje de fuentes de energía renovables en el consumo total de energía La intensidad del uso de energía, total y por tipo de actividad económica
Social	Transporte	Km del sistema de transporte por 100.000 habitantes Número anual de viajes en transporte público por habitante Conectividad aéreo comercial Velocidad media de viaje en las vías primarias durante las horas pico Muertes en el transporte por cada 100.000 habitantes Número de viajes diarios y tiempo per cápita por tipo de viajes y por modo de transporte Distancia media diaria total cubierta por habitante, tipo de viaje y modo de transporte Modo de transporte utilizado por los niños para ir desde el hogar a la escuela

El uso de IUSIL en este estudio ha demostrado la importancia de una base comparativa. Se prevé que la comparación conduce al desarrollo de procesos estándar, pudiéndose utilizar para guiar los planes particulares, la selección de indicadores, objetivos y estrategias para la implementación de la urbanización sostenible en otras comunidades.

4.4. Análisis de la sostenibilidad urbana basada en indicadores. (Hiremath et al., 2013)

En este texto se realiza un análisis de la situación actual de indicadores, demostrando el papel fundamental que desempeñan para la sostenibilidad de las ciudades. Una buena elección de indicadores permite determinar en qué campos una ciudad está haciendo mejor que otra, de acuerdo a sus objetivos específicos. Una de las finalidades de los indicadores es contribuir a que el desarrollo sostenible de la ciudad sea más visible y transparente y ayudar a construir y armonizar bancos de datos, de manera que se pueda obtener información de todas las partes interesadas, y se estimule y promueva la participación ciudadana.

Antes de obtener un conjunto de indicadores capaz de evaluar la sostenibilidad en una o varias ciudades, deben desarrollarse los indicadores. Esto es importante para las políticas urbanas porque fomenta la participación de todas las partes interesadas. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Estadística de Italia elaboró un informe en el cual se describe el desarrollo de indicadores para las ciudades de Italia, además se esbozaron los criterios y modelos utilizados en el estudio.

La sostenibilidad se ha convertido en un concepto de planificación desde sus inicios, siendo ampliamente aplicada en el desarrollo urbano. Desde que el desarrollo sostenible se convirtió en el tema principal en la mayoría de los debates, se han desarrollado varios métodos para su evaluación. Existen numerosos métodos para evaluar la sostenibilidad expuestos en la

literatura. En este documento los autores explican la metodología para evaluar la sostenibilidad o su manera de elaborar la lista de indicadores de una ciudad, aunque, concretamente en ese trabajo nos centramos en la movilidad urbana sostenible.

El papel de los indicadores en el sector del transporte

En ocasiones, los problemas asociados con el transporte son un obstáculo importante para el progreso urbano a largo plazo, pero resulta ser un elemento importante para la calidad de vida urbana. Seguidamente son resumidos algunos documentos interesantes relacionados con los estudios de los indicadores del transporte.

La iniciativa de Aire Limpio para Ciudades de Asia (CAI- Asia, *Clean Air Initiative for Asian Cities*) (2006) resume las principales conclusiones de la Alianza para el Transporte Urbano Sostenible en Asia (PSUTA, *Partnership for Sustainable Urban Transport in Asia*). Su finalidad era crear indicadores, partiendo de las faltas de información proponía soluciones para reducir los déficits de información en el futuro. Teniendo en cuenta las deficiencias de cada ciudad, se desarrollaron cuestiones para mejorar la sostenibilidad del transporte en cada ciudad. El objetivo de PSUTA no era ampliar la colección de datos, sino identificar datos e indicadores que no estuvieran bien definidos y que pudieran ayudar a cada ciudad en términos de sostenibilidad.

Nathan y Reddy (2011) propusieron un sistema llamado “*Multi-view Black-box*” (MVBB) que trata de explicar la obtención de indicadores de desarrollo sostenible (SDIs, *sustainable development indicators*) en una configuración urbana, aplicado en el caso concreto de la ciudad de Mumbai. En el texto se describe el concepto de transporte sostenible y se revisan algunas de las iniciativas más importantes de los indicadores de transporte sostenible. Para ello, el documento recopila indicadores de la literatura, colocándolos en el contexto de Mumbai y clasificándolos en tres grupos; eficiencia en la sostenibilidad económica urbana, el bienestar social y la aceptabilidad ecológica.

Fedra (2004) describe los ejemplos de metodología y aplicación de SUTRA (*Sustainable Urban Transportation a City of Tomorrow*). El objetivo principal era desarrollar un procedimiento de planificación coherente y completa, basado en modelos de análisis de los problemas encontrados en el transporte urbano, cuya finalidad es apoyar las estrategias de diseño para construir ciudades más sostenibles. Esto incluye la integración de conceptos socioeconómicos, ambientales y tecnológicos, englobando el desarrollo y la demostración de herramientas de simulación para mejorar el diseño de escenarios, la evaluación y la toma de decisiones políticas. La metodología utilizada es un enfoque basado en indicadores que abarcan todas las partes interesadas y optimizan los resultados técnicos para el profesional de la planificación.

Ching (2005) trata de explicar cómo las diferentes políticas e instituciones, el medio ambiente y los vínculos físicos deben de ser tenidos en cuenta a la hora de configurar la sostenibilidad y las cualidades ambientales. El estudio sostiene que el desarrollo orientado al tránsito (TOD, *transit-oriented development*) no puede ser sostenible sin un enfoque integrado y que las mejoras realizadas sin este enfoque pueden realizarse en vano. El TOD realizado en Hong Kong puede servir para ayudar a las comunidades locales a reflexionar sobre el desarrollo sostenible.

Lautso et al (2002) en su trabajo presentan un sistema de modelado, desarrollado para simular y evaluar los impactos de los diferentes usos de la tierra y las políticas de transporte en siete ciudades europeas, está incluido en el proyecto de investigación de la UE de Planificación e

Investigación de Políticas para el Uso del Suelo y Transporte para Aumentar la Sostenibilidad Urbana (PROPOLIS, *Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability*). El objetivo es evaluar las estrategias urbanas y demostrar su efecto a largo plazo en las ciudades europeas. Los resultados del sistema de indicadores de PROPOLIS se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. PROPOLIS sistema de indicadores para los usos de la tierra y transporte. Fuente de elaboración propia basada en Lautso et al. 2002

Sector	Tema	Indicador	
Indicadores medioambientales	Cambio climático global	Gases de efecto invernadero producido por el transporte	
	Polución del aire	Gases acidificantes producidos por el transporte	
		Compuestos orgánicos volátiles provocados por el transporte	
	Consumo de los recursos naturales	Consumo de los derivados de hidrocarburos	
		Cobertura de tierra	
		Necesidad de nueva construcción	
	Calidad del medio ambiente	Fragmentación del espacio abierto	
		Calidad del espacio abierto	
	Indicadores sociales	Salud	Muertes por tráfico
			Lesiones por tráfico
Exposición al ruido del tráfico			
Exposición de NO ₂ del transporte en la vida del medioambiente			
Exposición a PM del transporte en la vida del medio ambiente			
Equidad		Segregación	
		Límites de distribución de beneficios económicos	
		Límites de exposición de PM	
		Límites de exposición de NO ₂	
		Límites de exposición de ruido	
Oportunidades		Estándares de vida	
		Vitalidad del centro de la ciudad	
		Vitalidad de las ciudades adyacentes	
		Aumento de la productiva del uso de la tierra	
Accesibilidad y tráfico		Tiempo total empleado en el tráfico	
		Nivel del servicio del transporte público y modos de recuperación lenta	
		Accesibilidad al centro de la ciudad	
		Accesibilidad a los servicios	
		Accesibilidad a los espacios abiertos	

Indicadores económicos		Beneficios del transporte para los usuarios
		Beneficios de operador del transporte
		Coste de inversión del transporte
		Beneficios del gobierno por el transporte

Banister (2008) en su papel defiende dos partes principales. La primera cuestión está basada en dos principios de la planificación del transporte convencional, lo relativo a las demandas de viaje y a la minimización del coste en los viajes. La segunda parte sostiene que el establecimiento de políticas es necesario para mejorar la sostenibilidad urbana del transporte y para conseguir un cambio. Se describen siete elementos claves, de los cuales el público tiene que decir los más efectivos.

Finalmente, los autores concluyen que no existe una única posibilidad de lista de indicadores para todos los ambientes.

4.5. Revisión de los índices de sostenibilidad. Creación de un nuevo índice de ciudad sostenible (CSI). (Mori et al., 2012)

En este documento se discuten los requisitos conceptuales para la creación de un índice de ciudad sostenible (CSI, *City Sustainability Index*). Para diseñar este índice, se han revisado los indicadores existentes más importantes, como son la huella ecológica, el índice de sostenibilidad ambiental, el índice de bienestar, índice de desarrollo humano, etc. y a través del análisis de estos se llega a la necesidad de la creación de un nuevo índice, ya que ninguno de los indicadores existentes puede satisfacer los cuatro requisitos para ser un CSI.

Algunas cuestiones que desatacan los autores que generan la necesidad de crear un índice de ciudad sostenible son las siguientes:

- *La sostenibilidad.*

Su concepto es un término popular en el campo del medio ambiente aunque su definición sigue siendo ambigua y está expuesta a múltiples interpretaciones, lo que resulta ser un problema a la hora de evaluarla (Tanguay et al. 2010). Su evaluación debe integrar la triple línea con las dimensiones ambientales, económicas y sociales.

- *Sostenibilidad fuerte y débil.*

La sostenibilidad puede clasificarse como débil y fuerte. La sostenibilidad débil está compuesta por; el capital natural, constituido por la existencia de los recursos naturales que llegan a la sociedad; la disponibilidad de capital monetario y la tecnología. Se supone que los recursos agotados pueden ser sustituidos por otros que realicen las mismas funciones siempre y cuando la tecnología evolucione.

En cambio, la sostenibilidad fuerte, considera que el capital natural no es sustituible por capitales sociales y humanos. Defienden que el capital natural no solo es un inventario de los recursos, sino que incluye todos los componentes de la ecosfera y las relaciones entre ellos, lo cual es esencial para la organización de la auto-producción del propio sistema (Wackernagel y Riss, 1997). Medir la sostenibilidad fuerte en las ciudades resulta complicado debido a la

falta de datos del capital natural. No obstante, es crucial para los indicadores sostenibles de una ciudad, porque considera los impactos externos, es decir, los efectos de fugas.

- *Límite de una ciudad.*

La ciudad es una entidad espacial importante para la evaluación de la sostenibilidad, pero uno de sus problemas es la delimitación de sus fronteras. Se trata de crear unos límites para las ciudades mediante la combinación de los límites fijados por la administración y por las políticas de sostenibilidad existentes.

- *Efecto fuga*

Cuando se evalúan los aspectos ambientales de una ciudad sostenible se deben considerar los impactos dentro y fuera de ella. Este impacto externo también es llamado fuga.

- *Brecha entre los países desarrollados y en desarrollo.*

Un aspecto importante a la hora de definir un indicador es la diferencia existente en los países desarrollados y en desarrollo. En los países desarrollados, la discusión se centra más en temas de sostenibilidad ambiental, mientras que en los países en desarrollo los problemas de pobreza y equidad son igualmente importantes que el medio ambiente (Kemmler y Spreng, 2007). Por esto, se debe evitar que los índices o indicadores sobrestimen a los países desarrollados en comparación con los países en desarrollo.

Seguidamente revisan los principales indicadores de sostenibilidad, se analiza si es posible cuantificar los impactos externos (efectos fuga) de las ciudades, y si consideran la triple línea de la sostenibilidad. También se dividen índices/indicadores en categorías de sostenibilidad fuerte y débil. Como se ha comentado, un nuevo CSI debe cumplir con todos estos requisitos.

Los indicadores estudiados han sido:

La **huella ecológica (EF)** es un indicador del impacto ambiental que mide el consumo total de los recursos naturales, es decir, relaciona la demanda humana con la capacidad que tiene la tierra para regenerarse.

La **sostenibilidad basada en satélites** se calcula dividiendo la cantidad de energía emitida por país por el valor total de los servicios de los ecosistemas, por el conjunto de datos de la cubierta terrestre y los valores de los servicios ambientales. No tiene en cuenta los aspectos económicos y sociales.

La **energía** expresa toda la cantidad de un tipo de energía (por ejemplo, la energía solar) que se requieren para producir bienes y servicios designados. La **exergía** se define como la suma de las energías disponibles (Odum y Odum, 2000), resulta útil para evaluar la escasez de energía y la disponibilidad de eficiencia energética en la extracción de recursos naturales (Hoang y Rao, 2010). Obviamente tanto energía y exergía no toman en consideración los aspectos económicos y sociales.

La **Huella Hídrica (WF)** es el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios que serán consumidos por el individuo o la comunidad (Hoekstra y Chapagain, 2007). La huella hídrica total de un país se compone de la huella hídrica interna y externa: la huella hídrica interna es el volumen de agua que se necesita para crecer y proporcionar bienes y servicios que se producen y se consumen dentro de ese país, mientras que la huella hídrica externa es el consumo de bienes importados de agua que se utiliza para la producción de bienes exportados en el país (WWF, 2008).

El **cuadro de sostenibilidad (DS)** es un programa de software matemático, que integra las complejas influencias de la sostenibilidad para crear evaluaciones concisas (Scipioni et al 2009). Es una herramienta que tiene en cuenta las condiciones económicas, sociales y ambientales del desarrollo e incorpora un número de indicadores especiales para evaluar la sostenibilidad, aunque no ofrece un conjunto ideal de indicadores.

El **índice de sostenibilidad ambiental (ESI)** evalúa la sostenibilidad de cada país basado en los 5 componentes principales siguientes; sistemas ambientales, reducción del estrés ambiental, la capacidad social e institucional y la gestión global. Los cinco componentes están formados por 21 indicadores, y estos se descomponen en 76 variables.

El **índice de Bienestar (WI)** es derivado del índice de Bienestar humano (IBH, *Human Well-being Index*) y del índice de bienestar de ecosistema (EWI, *Ecosystem Well-Being Index*). El HWI y EWI ambos constan respectivamente de cinco subíndices. Específicamente, el HWI comprende índices de salud y población, bienestar, conocimiento, cultura y sociedad y equidad. El EWI comprende índices para la tierra, el agua, el aire, las especies, y los recursos. Cubren aspectos económicos, ambientales y sociales de la sostenibilidad.

El **índice de bienestar económico sostenible (IBES)**, el **indicador de progreso genuino (GPI)** y el **índice de sostenibilidad neto beneficio (SNBI, Sustainable Net Benefit Index)** están formulados para aproximar el bienestar económico sostenible de una población, y específicamente, para proporcionar una alternativa a otras medidas económicas nacionales, como el producto interior bruto (PIB) que se considera inadecuado para capturar el bienestar humano (Dietz y Neumayer, 2007).

El **índice de desarrollo de la ciudad (CDI, City Development Index)** mide el nivel de desarrollo de las ciudades, se calcula con cinco subíndices que son; la producción de la ciudad, la infraestructura, los residuos, la salud y la educación (ONU-Hábitat, 2001).

El **índice de desarrollo humano (IDH, Human Development Index)** mide los avances de un país en tres dimensiones básicas: la esperanza de vida al nacer, la tasa de alfabetización de adultos comparando con la tasa de matrícula en la educación, y el PIB per cápita en poder adquisitivos de dólares (PPP) de Estados Unidos (Nourry, 2008; UNDP, 2009).

El **índice de vulnerabilidad ambiental (EVI, Environmental Vulnerability Index)** evalúa la vulnerabilidad del medio físico en un país (SOPAC, 2005), está diseñado para reflejar la medida en que el entorno natural de un país es propenso a los daños y a la degradación.

El **índice de desempeño ambiental (EPI, Environmental Policy Index)** consta de 25 indicadores y se centra en los impactos de los países sobre el medio ambiente, se compone principalmente de indicadores de salud ambiental y de vitalidad de los ecosistemas. Sus dos objetivos fundamentales son: reducir las tensiones ambientales (objetivo la salud ambiental) y proteger los ecosistemas y recursos naturales (objetivo la vitalidad de los ecosistemas) (Esty et al 2008).

El **producto neto ambientalmente ajustado (PIB verde)** es una variación del PIB, es un derivado de la depreciación del capital producido y de la cantidad de agotamiento de los recursos y degradación ambiental del PIB.

Consideración de los impactos externos y la triple línea de la sostenibilidad.

Los resultados del análisis realizado para comprobar si los diferentes indicadores satisfacen los dos requisitos principales; los efectos de fuga y la triple línea de la sostenibilidad muestran que:

- Los indicadores que recogen los efectos de fuga, pero no contemplan las dimensiones ambientales, económicas y sociales de sostenibilidad son: la huella ecológica (EF, *Ecological Footprint*), la sostenibilidad basada en imágenes de satélites, la energía/exergía y la huella hídrica (WF, *Water Footprint*).
- Los indicadores que consideran la triple línea de sostenibilidad pero que no captan los impactos ambientales externos son: el cuadro de sostenibilidad (DS, *Dashboard of Sustainability*), el índice de sostenibilidad ambiental (ESI, *Environmental Sustainability Index*), el índice de bienestar (WI, *Well-being Index*), el índice de bienestar económico sostenible (ISEW, *Index of Sustainable Economic Welfare*), el indicador del progreso genuino (GPI, *Genuine Progress Local*).
- Los indicadores que no cubren la triple línea de la sostenibilidad y el efecto de fugas son: el índice de desarrollo de la ciudad, índice de desarrollo humano, índice de vulnerabilidad ambiental, índice de desempeño ambiental, producto neto ambientalmente ajustado.

Por tanto, no existe ningún indicador que tenga en cuenta la triple línea base y los impactos ambientales externos. Es por ello que se necesita un índice de ciudad sostenible.

Sólo el CDI ha sido creado para las ciudades, aunque presenta serias limitaciones cuando se trata de hacer un análisis comparativo entre ellas. El resto fue creado para evaluar, analizar y comparar la sostenibilidad entre los países y también presentan sus limitaciones. Por lo tanto, es necesario un índice de sostenibilidad que aborde las características de la ciudad.

Con todo esto, queda demostrada la necesidad de crear un índice general, siendo los requisitos para alcanzar un adecuado CSI:

- i) Considerar los aspectos ambientales, económicos y sociales (la triple línea de la sostenibilidad) desde el punto de vista de la sostenibilidad fuerte.
- ii) Conocer los impactos externos (efectos de fuga) de la ciudad en otras zonas, es decir, fuera de los límites de ésta, sobre todo en cuanto a los aspectos ambientales.
- iii) Crear índices para evaluar la sostenibilidad de la ciudad.
- iv) Poder evaluar con esos índices las ciudades del mundo, tanto en países desarrollados como en desarrollo.

4.6. Metodología para seleccionar un conjunto de indicadores de sostenibilidad urbana para medir el estado de la ciudad, y la evaluación de la actuación. (Munier, 2011)

El objetivo de este documento es proponer una metodología que establezca un conjunto de indicadores básicos que engloben la mayor área posible y al mismo tiempo proporcionen la máxima cantidad de información del conjunto de datos. Este conjunto servirá para medir el estado actual de las ciudades, y evaluar el desarrollo, determinando si los cambios producirán mejoras relativas.

Con este método proponen:

- Una manera de determinar el conjunto inicial de datos.
- El uso de la programación lineal (LP) para la selección de indicadores.
- Utilizar el concepto de entropía (Shannon y Weaver, 1947; Shannon, 1948) para maximizar la cantidad de información contenida en el conjunto de datos.

Para el desarrollo de la metodología se ha partido de un conjunto compuesto por los tomadores de decisiones (DM), analistas y partes interesadas, la lista inicial de indicadores, los criterios para determinar las condiciones que los indicadores deben cumplir, el uso de la programación lineal para encontrar una solución y un análisis de sensibilidad.

Después de que el gobierno establezca una política para la vigilancia del medio ambiente, defina las metas y forme un comité de dirección, trataron de definir aquellos aspectos de la sociedad, la economía y la tecnología que constituyen las fuentes de presión sobre el medio ambiente (Universidad de Griffith, 2010). Este método adopta el marco Presión-Estado-Respuesta (PER, *Pressure- State- Response*) que une la presión (P) de la sociedad, el estado del medio ambiente (S), y la respuesta de la sociedad (R) a estos impactos.

El siguiente paso era vincular los indicadores con su entorno urbano, según correspondan al transporte, la salud, el medio ambiente, la sociedad, etc. Una vez realizada la identificación se procede a la evaluación de sus impactos.

Para realizar la recopilación del conjunto inicial de datos partieron de las diferentes fuentes de información. En la tabla 5 se exponen algunos indicadores relacionados con la actividad del transporte. Como observamos en dicha tabla un indicador no puede considerarse de forma aislada, porque sin duda puede provocar un impacto sobre otro u otros, lo que a su vez tendrá efecto sobre otros.

Tabla 5. Ejemplo de indicadores principales relacionados con el transporte urbano. Fuente: Elaboración propia basada en Munier 2011.

Indicador	Receptores directos	Primeras consecuencias del impacto	Segundas consecuencias del impacto
1. Frecuencia del servicio	Personas	Mejor servicio (+)	Aumento del ingreso de la gente por el ahorro del tiempo de espera (+)
2. Conductores/1000 pasajeros	Economía	Generación de empleo (-)	Aumento del PIB local por el aumento de los conductores (+) Incremento de los costes operacionales para el Ayuntamiento (-)
3. Emisiones de los autobuses	Medio ambiente	Contaminación del aire (-)	Aumento de las enfermedades pulmonares por las emisiones de SOx (-)
4. Congestión de la calle	Personas / Economía	Contaminación del aire por los autobuses en espera en las calles congestionadas (-) Tiempo perdido(-)	Incremento de las enfermedades pulmonares por SOx (-) Daños de la propiedad (generación débil de H ₂ SO ₄) Afección a la productividad (-)

5. Tiempo de viaje	Personas	Disminución del tiempo de viaje (+)	Aumento del tiempo de ocio (+)
6. Confort de los pasajeros	Personas	Mejor servicio (+)	Aumenta la productividad del trabajo (+)
7. Consumo de combustible	Medio ambiente	Agotamiento de los combustibles fósiles (-)	Aumento de la necesidad de importar combustible(-) Aumento del transporte de combustible en carreteras (-) Incremento de la productividad en la refinería del combustible (+)

Para considerar este aspecto, se utiliza la gráfica de la fig. 29 que examina la relación de impactos de unos indicadores sobre otros. Los indicadores son representados por nodos (1-7), las relaciones (indicadas por flechas) y los impactos sobre los receptores (nodos de A-E).

El indicador 1. *Frecuencia de servicio* está directamente relacionado con todos los indicadores desde el 2 al 7, y a su vez, por ejemplo el indicador 4. *Congestión de la calle* afecta al nodo (B) (que son los pasajeros) y al (C) (que es el tráfico de la ciudad). Es evidente que la frecuencia del servicio beneficia al usuario, sin embargo, cuanto mayor es la frecuencia de los autobuses mayor es la congestión en ciertas calles, siendo un inconveniente ya que supone retrasos en el tiempo de viaje. Por lo tanto, este efecto en serie debe considerarse al evaluar la importancia de los indicadores en el conjunto de datos inicial.

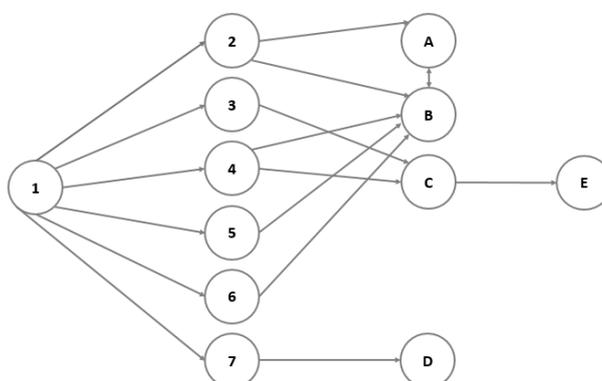


Fig. 29. Impactos directos e indirectos de los indicadores. Fuente: Elaboración propia basada en Munier 2011.

Seguidamente se determina el número de impactos primarios, secundarios y terciarios producidos para cada uno de los indicadores. Después de esto se establece un nivel de corte, en esta ocasión ha sido “4”, lo que significa que se tomarán sólo aquellos indicadores con calificación total por encima de 4. Este procedimiento se repite para cada sector y, en consecuencia, se crea un conjunto inicial de indicadores que abarca todos los sectores. Los indicadores seleccionados deben ser ponderados según una escala de 1 a 10, siendo 10 lo mejor y 1 lo peor.

Hay diferentes maneras de evaluar los indicadores, la más habitual es por criterios, definidos por los expertos, en consulta pública, según los problemas de la ciudad, etc., o por la OCDE (1995) (Huang et al., 1998).

Con esta información se construye la matriz de decisión, donde aparecen los indicadores y los criterios. Se establece una función objetivo donde los indicadores son parte de esta y deben ser ponderados por coeficientes y calculados utilizando la entropía. Para resolver se utiliza el software Solver, que trabaja con la ecuación de forma iterativa e informática. En cada iteración, introduce el algoritmo Simplex, para mejorar los resultados encontrados en la iteración precedente, seleccionando el mejor indicador para entrar en esta solución y el peor para eliminarlo.

El proceso se detiene cuando no hay una mejora adicional posible, es decir cuando alcanza un valor óptimo, que es indicado por la función objetivo. Finalmente, el Solver devuelve la solución óptima de nuevo a Excel, y a partir de esto se seleccionan el conjunto final de indicadores. El conjunto final esta compuesto por un total de 8 indicadores.

Después de analizar y discutir, se introducen nuevas informaciones o correcciones al modelo para volverse a ejecutar, los resultados se analizan y si es necesario, se introducen nuevos datos y se repite el proceso hasta que se alcance una solución satisfactoria para todas las partes interesadas.

A partir del conjunto inicial fijado se pueden realizar numerosas combinaciones para lograr un conjunto representativo. La solución obtenida por los autores es una combinación de indicadores que cumple con todos los requisitos establecidos y en la que se utiliza la máxima información contenida en el conjunto inicial de indicadores.

En conclusión, se ha seleccionado un grupo de indicadores pequeño respecto del número total de datos, pero en el cual se incluye la máxima información del conjunto inicial, lo que permite una evaluación del medio utilizando un número reducido de indicadores. Naturalmente no existe un número ideal de indicadores concreto, por lo que puede ser aumentado incrementándose así la fiabilidad, pero disminuyendo la capacidad de administración.

Este método resulta fiable porque los datos provienen de los expertos y son consecuencia de acuerdos alcanzados entre ellos. En segundo lugar, los indicadores básicos establecidos se basan en un procedimiento de algoritmo LP muy conocido y probado que asegura la eficiencia de Pareto, y por lo tanto la solución no puede ser mejorada. En tercer lugar, el método emplea el concepto de entropía, la solución también contiene la máxima cantidad de información extraída de los datos iniciales, de acuerdo con el teorema de Shannon.

4.7. Transporte, diseño urbano y actividad física: una actualización basada en la evidencia. (Badland et al., 2005)

Este artículo trata de destacar cómo influye el diseño urbano en la salud de los habitantes, ya que el desarrollo de la ciudad además de tener efectos negativos en el medio ambiente puede contribuir a afecciones en la salud de la población. El actual diseño urbano produce un empeoramiento de la actividad física de los habitantes. Por ello, en este documento se proponen algunas recomendaciones para resolver este problema. Este texto resulta interesante ya que algunas de estas propuestas, disminuyen el tráfico y mejoran la salud lo que contribuye a una ciudad más sostenible.

Actualmente, los países industrializados tienen un estilo de vida sedentario lo que supone un riesgo para la salud, se estima que una actividad física insuficiente provoca 1,9 millones de muertes en el mundo al año (Organización Mundial de la salud, 2004).

Las dos poblaciones de riesgos destacadas en este artículo son los niños y los ancianos. Los niños se encuentran en riesgo porque tienen una relación directa con los vehículos del hogar, lo que supone una reducción de los trayectos a pie. Además para los padres supone un peligro que los niños vayan caminando a lugares de juego u otros destinos, por lo que puede desembocar en actividades más sedentarias.

La otra población de riesgo, los ancianos, toman menos viajes en general y a su vez dependen en gran medida de los automóviles. Lo que provoca una vida sedentaria y un mayor riesgo de padecer enfermedades crónicas asociadas a la inactividad física.

Humpel et al. (2002) realizaron 19 estudios en diferentes entornos, la finalidad era observar la relación entre la actividad física y la accesibilidad al transporte. Los resultados reflejaban una inseguridad por parte de los habitantes para realizar los trayectos a pie. McCormack et al. (2004) examinaron 30 estudios de actividad física, evaluando la funcionalidad, seguridad, estética y destinos del transporte público. Demostraron los beneficios que existen cuando se realiza actividad física para coger el transporte público.

Concienciados por estos problemas, se han tratado de realizar políticas que fomenten conjuntamente la salud, el transporte y el diseño urbano. Un diseño urbano sostenible, puede aumentar la actividad física y reducir el gasto de energía.

Una propuesta para mejorar la salud de la población y la sostenibilidad de la ciudad puede ser la realización de manzanas con acceso exclusivo a peatones. Esta modificación propicia la actividad física y tiene beneficios a largo plazo, incluyendo una reducción del gasto sanitario, de la congestión de tráfico, la contaminación y de los costes asociados a las infraestructuras.

Las modificaciones realizadas sobre el tráfico también tendrán una contribución en la actividad física, ya que una disminución de éste aumentaría la seguridad de los peatones. Algunas de estas medidas pueden ser, reducir la velocidad, colocación de glorietas, fomento de viajes no motorizados, etc.

Otra medida es efectuar actuaciones sobre el transporte no motorizado. En algunos países de Europa se ha demostrado que la utilización de la bicicleta como medio de transporte resulta más segura que en otros países industrializados. Además, se ha producido una reducción de los accidentes, que puede ser vinculado con la tranquilidad del tráfico, las restricciones de automóviles, y las políticas que fomentan el transporte no motorizado. Estas políticas pueden ser útiles para promover el ciclismo.

En los últimos años, los investigadores de salud pública se han preocupado por los cambios producidos en las actividades, en lugar de medir el entorno contextual, mientras que el transporte y los profesionales del diseño urbano han pasado poco tiempo centrándose en los niveles de actividad no motorizados (Sallis et al., 2004). Con el fin de garantizar que la investigación tenga beneficios para todas las partes, el diseño urbano, el transporte, y los objetivos de la actividad física necesitan de estudios exhaustivos en los cuales se utilicen unas herramientas de medición. Algunas de ellas son:

- *Herramientas de auditoría:*

Las herramientas de auditoría son relativamente fáciles de usar y pueden incorporar un gran número de variables. La herramienta de auditoría, NEWS (*Neighborhood Environment*

Walkability Scale) fue utilizada en diferentes estudios australianos. NEWS detectó barrios con altas y bajas tasas de personas caminando, mostrando que la población es más propensa a caminar en los barrios en los que existe una buena conexión entre las calles (Leslie et al., en prensa). Pikora et al. (2002) también desarrollaron, una herramienta de auditoría para medir el entorno físico local. Este sistema de análisis del entorno y el peatón (SPACES, *Systematic Pedestrian and Environmental Scan*) consistía en definir en un barrio un radio de 400 m para realizar encuestas a los residentes de manera que se evaluará la funcionalidad, estética y seguridad de los destinos.

- *Sistemas de información geográfica (SIG).*

SIG es una herramienta de mapeo espacial que analiza las capas del entorno construido. Cada vez se utiliza más en estudios de salud y de diseño urbano, en los cuales se incorpora esta tecnología para proporcionar un análisis objetivo del medio ambiente local. Pikora et al. (2002) incorporo SIG en la herramienta SPACE para determinar las características geográficas del entorno auditado. Las bases de datos de SIG se han empleado para medir el espacio verde del entorno y de este modo intentar comprender las influencias de la actividad física (Wendel-vos et al., 2004). El nivel de detalle de la herramienta sigue siendo insuperable y muchas aplicaciones de SIG permanecen sin explotar. A pesar de esto, el coste y los conocimientos especializados de SIG permiten su utilización para grandes colaboraciones.

- *Cuestionarios.*

Existen numerosos cuestionarios de actividad física que han sido ampliamente utilizados en las investigaciones ambientales. Entre ellos, los cuestionarios de actividad física internacionales, estos son utilizados en numerosos estudios medioambientales (Humpel et al., 2004b, De Bourdeaudhuij et al., 2003) porque resultan útiles cuando se quiere comparar la actividad física a nivel internacional (Shephard, 2003). Aunque presentan problemas a la hora de detectar las actividades físicas.

- *Sensores de movimiento.*

Los sensores de movimiento, tales como podómetros y acelerómetros reflejan la actividad física, y se han aplicado con éxito en los estudios ambientales. Aunque los estudios de actividad física a menudo tratan de incorporar sensores de movimiento, existen limitaciones como puede ser: la no medición por falta de sensibilidad a ciertos tipos de movimientos corporales (tales como el ciclismo), el coste de la unidad y la fijación de los sensores a los participantes.

Los sensores de infrarrojos son dispositivos automáticos de medición que se utilizan en la investigación del transporte, pero están limitados en el ámbito de la actividad física. Estos sensores no son capaces de distinguir entre la actividad modal y los individuos, es decir solo pueden medir una persona a la vez, por lo que resultan vulnerables a los diferentes modos de transporte no motorizados. Actualmente, las aplicaciones de los sensores de infrarrojos están limitadas para medir la actividad física en un entorno urbano.

Como observamos en este artículo, el diseño urbano influye directamente en la actividad física de la población y en el transporte urbano. Las modificaciones realizadas sobre el sistema urbano nos pueden ayudar a mejorar la actividad física de la población y la sostenibilidad del transporte urbano, ambas estrechamente relacionadas con la salud de las personas. Sin embargo, para realizar dichas modificaciones resulta interesante conocer qué inversiones urbanas darán mejores resultados, es decir, maximizarán la actividad física y la sostenibilidad del transporte.

4.8. Cómo pueden los responsables políticos cumplir con los objetivos de sostenibilidad. (Anderson et al., 2005)

Este documento trata de explicar cómo mejorar la sostenibilidad del transporte de mercancías, está basado en un proyecto realizado en Reino Unido, en el cual se analizan las operaciones del transporte de mercancías de siete empresas en tres zonas urbanas diferentes. Además se proponen cuatro medidas para mejorar la sostenibilidad y se estudian cómo pueden influir los efectos operativos, financieros y ambientales de dichas medidas en las empresas.

En los últimos años la Universidad de Westminster llevo a cabo dos proyectos de investigación específicos que abordaban el transporte urbano de mercancías. En este documento se describe el proyecto más reciente, que fue completado en enero de 2003. El proyecto se llevó a cabo en colaboración con el Ayuntamiento de Birmingham, Hampshire, Norfolk y varias empresas de distribución y logística.

El objetivo del proyecto era investigar si la introducción de medidas más sostenibles para las operaciones de transporte de mercancías provocaría cambios en las diferentes operaciones de distribución urbana. Además, pretendía mostrar la variación de las operaciones de distribución de una misma empresa en tres áreas urbanas diferentes, indicando si las medidas de política tendrían el mismo o diferente resultado en las tres áreas urbanas estudiadas.

Las operaciones de distribución urbanas fueron estudiadas en Birmingham, Basingstoke y Norwich. Estos lugares fueron escogidos debido a sus diferencias (en términos de escala, forma urbana y ubicación geográfica).

Para el proyecto se recogieron datos significativos de las empresas de mercancías, incluyéndose una encuesta de tres días de las rondas de vehículos y un estudio de la actividad total de distribución donde estos vehículos operaban.

Se seleccionó un conjunto de indicadores para reflejar la sostenibilidad de las rondas de vehículos. Incluyéndose: indicadores operativos (“tiempo necesario”, “velocidad”, “distancia recorrida”, “mercancía del vehículo” y “proporción de repartos en la calle y fuera de ella”), indicadores financieros (relacionados con el coste de hacer entregas y recogidas por la empresa) e indicadores ambientales (incluyendo CO, CO₂, NO_x y PM10).

Para determinar qué medidas de política se establecían en el proyecto, se realizaron reuniones con las autoridades locales de Birmingham, Hampshire y Norfolk. Los tres principios básicos utilizados para este proceso eran:

- Las medidas establecidas tenían que ser iguales para todas las zonas, de manera que se pudieran hacer comparaciones.

- Las medidas englobaban áreas amplias en vez de ser medidas localizadas, es decir, para calles en particular.
- Las medidas seleccionadas eran realistas, es decir, que pudieran ser implementadas en zonas de Reino Unido en los próximos 5 años.

Las cuatro medidas seleccionadas finalmente fueron:

- **Zonas de bajas emisiones.** Los objetivos de una zona de baja emisión (LEZ, *Low emission zone*) son mejorar la calidad del aire mediante la exclusión de los vehículos, considerados altamente contaminantes, y fomentar vehículos más modernos y limpios. Tales zonas no existían en ese momento en Reino Unido.
- **La tasa por congestión,** consiste en pagar una tarifa para poder acceder a una zona geográfica en un momento determinado. El objetivo de este plan es reducir los niveles de tráfico en el casco urbano y las emisiones contaminantes de tráfico. Durham fue la primera ciudad de Reino Unido en implementar la tasa por congestión, actualmente otras ciudades como Londres también lo han establecido.
- **Restricciones por peso del vehículo.** Las recogidas y entregas solo es posible realizarlas durante la jornada de trabajo (10:00 a 16:00 H) además, con esta medida sólo los vehículos con un cierto peso se les permitía entrar en áreas específicas de la zona urbana. El objetivo de esta medida es reducir el número de vehículos de mercancías en el área urbana cuando peatones y otros usuarios están presentes, así como los impactos que se perciben cuando estos vehículos se encuentran en la ciudad, que son la contaminación, la intimidación, la seguridad, las vibraciones y el ruido.
- **Restricciones del tiempo de acceso.** En este caso no hay vehículos de mercancías con acceso a zonas urbanas para hacer recogidas y entregas durante la jornada de trabajo. El objetivo es evitar que los vehículos de mercancías de cualquier peso entren en el área urbana cuando los peatones y otros usuarios de la vía están presentes. Esto podría ayudar a reducir los impactos que los camiones causan, como la contaminación, la intimidación, las preocupaciones de seguridad, vibraciones y ruidos.

Estas cuatro medidas fueron analizadas, a continuación se muestra un resumen de los impactos operacionales, financieros y ambientales, y los efectos sobre las empresas para las cuatro medidas propuestas.

Zonas de bajas emisiones. Estas zonas tienen el menor impacto sobre la organización y el funcionamiento de las actividades de distribución, en cambio sí que tendrán un impacto significativo en los niveles de contaminación. Los costes de operación e impactos ambientales dependerán del tiempo de sustitución de los vehículos de la empresa y de la distancia de entrega y recogida.

La tasa por congestión. La tasa por congestión está relacionada con el nivel de carga, la zona geográfica donde es implementada y si existe mejoras con variaciones en la velocidad. Los efectos en las empresas dependerán de las rondas que realicen en las zonas geográficas implementadas. Es importante generar un ahorro en el tiempo para asegurarse que la tasa por congestión no tiene un efecto económico negativo.

Restricciones de peso. Las empresas estudiadas se verían afectadas de manera muy diferente por las restricciones de peso. Las compañías que operan con vehículos ligeros no se verían afectadas, mientras que las que operan con vehículos pesados que superen los límites de peso

tendrían que hacer cambios a fin de cumplir con los objetivos, es decir, realizar un mayor número de rondas con vehículos más ligeros. También aumentaría el impacto ambiental para aquellas empresas afectadas por la restricción de peso ya que deberían de aumentar la distancia total recorrida, y esto daría lugar a incrementos en las emisiones de combustibles y de contaminantes. Además, aumentaría el tiempo necesario para completar la misma cantidad de recogidas y entregas.

Restricción de tiempo. Esta medida supondría una reducción del tiempo de las actividades de distribución. Las rondas deberían de realizarse antes o al final de la jornada de trabajo. Esto, al igual que las restricciones de peso, tendrá impactos negativos en las operaciones de distribución porque aumentarían las rondas de vehículos, la distancia total recorrida y podría conducir a unas mayores colas en los locales receptores. También aumentaría el impacto ambiental.

Si las empresas operaran por la noche, los resultados demuestran beneficios desde el punto de vista comercial y ambiental. Los efectos negativos podrían ser; problemas de ruido para los residentes y un aumento de los costes de operación para las empresas ya que los salarios de los empleados aumentarían.

El análisis de las cuatro medidas sobre las operaciones de distribución urbana ha demostrado que:

- Cada medida podría producir resultados muy diferentes en cada empresa.
- El tamaño y la forma de la zona urbana influyen de manera considerable en las operaciones de distribución de esa área.
- Los resultados han sido distintos en los tres lugares, lo que produce resultados ambientales diferentes.
- Es necesaria una comprensión de los diferentes patrones de distribución urbana para lograr la distribución urbana sostenible.

Mediante el desarrollo de un conjunto de indicadores ha sido posible reflejar la sostenibilidad de estas operaciones de distribución antes y después de la aplicación de las medidas políticas en términos operativos, financieros y ambientales, por lo que queda reflejado el papel de los indicadores.

Por tanto, para lograr una movilidad sostenible las políticas desarrolladas tienen que tener en cuenta este sector, ya que ha quedado demostrado que las medidas tienen un impacto en las empresas del transporte de mercancías.

4.9. Desarrollo de un conjunto de herramientas de soporte para las decisiones del transporte urbano sostenible en el Reino Unido. (May et al., 2008)

El transporte urbano en la Unión Europea representa el 80% de los costes de congestión, el 15% de las emisiones de gases de efecto invernadero, 20.000 muertes en carretera al año y más de 100.000 muertes prematuras cada año a partir de la contaminación del aire (ECMT, 2006). Lo que significa que existe una falta de sostenibilidad en las políticas urbanas. Es por esto que la Comisión Europea recomienda que todas las ciudades con poblaciones de más de 100.000 personas elaboren planes de transporte sostenible. Para ayudar a esto elaboró el

proyecto de investigación PROPOLIS que identificaba los elementos clave de una estrategia de transporte urbano sostenible.

El objetivo de este proyecto era ayudar a las autoridades locales a establecer un conjunto de indicadores que englobaran los objetivos de las partes interesadas, pudieran medirse y sirvieran para evaluar. La investigación inicial confirmó que la forma de seleccionar y aplicar los indicadores era motivo de preocupación para las autoridades locales (Marsden et al., 2005), incluyéndose la dificultad para reflejar los objetivos, desarrollarlos y entender el proceso de seguimiento.

Entre una larga lista, los indicadores más importantes para evaluar el transporte hacia el desarrollo sostenible fueron (en orden de importancia): publicidad del transporte público, accesibilidad, niveles de tráfico, la seguridad vial, trayectos realizados a pie, el uso de la bicicleta y la congestión. Sorprendentemente, las emisiones de CO₂ y los impactos en la salud no fueron considerados de gran importancia por los encuestados. En general, los encuestados estaban satisfechos con los niveles de seguridad vial y de tráfico, aunque se encontraba insatisfacción con los costes y barreras para el desarrollo de sus propios indicadores locales.

A la luz de estas respuestas, se concluyó que era más útil elaborar orientaciones sobre cómo dirigir y utilizar los resultados de los programas de vigilancia, en lugar de desarrollar otra lista de indicadores recomendados.

Las autoridades locales definieron los objetivos en los que debía centrarse el programa, y a través de las respuestas de las encuestas pudieron especificar las barreras que había que superar. Los resultados de la primera encuesta determinaron que:

- Las etapas para la ejecución de estrategias de transporte sostenible más problemáticas fueron la generación de la opción, el modelado, la evaluación estratégica, financiación, ejecución, seguimiento y evaluación.
- Los problemas principales para la implementación del transporte sostenible fueron la falta de ingresos, la aceptación por parte del público, seguido por los efectos de la privatización del transporte público y las inestabilidades entre las políticas nacionales en materia del transporte, el uso del suelo y la gestión de los gobiernos locales.
- Además los encuestados se encontraba poco satisfechos con: la gestión de los servicios de autobús, tarifas y la planificación del uso del suelo.

Existían problemas entre los distintos departamentos para colaborar en el logro de los objetivos comunes.

También ofrecieron una serie de casos prácticos para ayudar a ilustrar estos problemas. Los estudios elegidos se utilizaron de tres maneras diferentes. Algunos fueron usados para entender los problemas a los que se enfrentaban, otros para ayudar a desarrollar herramientas de soporte y otros permitían probar las herramientas. Fueron utilizados 20 proyectos.

El programa fue diseñado para asegurar que cada proyecto aprendió de, y contribuyó a los demás. En la encuesta inicial, la mayoría de las autoridades indicaron que experimentaban un cierto nivel de dificultad en la generación de opciones. El principal problema era la falta de herramientas y técnicas para el desarrollo de opciones. Por lo tanto, el trabajo proporcionó enfoques para la generación de opciones. Se desarrollaron dos nuevos métodos de generación opción en el que todas las partes interesadas podían colaborar.

También se desarrollaron métodos de evaluación. El proyecto de evaluación se basó en modelos predictivos simplificados.

Generalmente existía un nivel de satisfacción bajo con el grado en que las herramientas de evaluación son capaces de medir los impactos distributivos de transporte y existía una preocupación sobre cuál era la mejor manera de medir y evaluar los efectos sobre los diferentes grupos de impacto.

El proyecto desarrolló una matriz de evaluación que permitía a los usuarios seleccionar un conjunto de indicadores adecuados a sus circunstancias, ponderar los indicadores en términos de importancia, evaluar el impacto de los proyectos propuestos, y finalmente, se combinaba la ponderación y evaluación para obtener una puntuación final que daba una indicación de si un proyecto merece la pena. A partir de esto en Reino Unido se proporcionó una lista de selección de indicadores potenciales.

4.10. Análisis comparativo de la movilidad urbana sostenible: El caso de Curitiba. (Miranda et al., 2012)

La principal dificultad que encuentran los planificadores y administradores públicos es la ausencia de herramientas para la evaluar el desempeño de la movilidad sostenible. Para superar este problema, fue desarrollado el Índice de Movilidad Urbana Sostenible (I_SUM, *Index of Sustainable Urban Mobility*). Este índice es una herramienta que sirve para evaluar las condiciones actuales de movilidad de cualquier ciudad, y ayuda a la formulación de políticas. El índice está formado por ochenta y siete indicadores que cubren treinta y siete temas tanto tradicionales como cuestiones relacionadas con la movilidad sostenible. Estos temas se pueden agrupar en nueve áreas principales.

Para la selección de los indicadores se utilizó un sistema de referencia con 2.700 indicadores y un conjunto completo de indicadores obtenidos de diferentes estudios realizados en distintas ciudades brasileñas. Finalmente, se seleccionaron 87 indicadores (Ver tabla 6), se pretendía obtener un número de indicadores grande para cubrir todos los aspectos relevantes, pero no excesivamente amplio que fuese imposible de calcular.

Todos los indicadores fueron normalizaron individualmente a valores entre cero y uno, pudiéndose agruparse según una regla de decisión. El método de agregación propuesto I_SUM se basa en una combinación lineal ponderada, en el que se combinaron todos los criterios a través de un promedio ponderado.

No solo se trata de movilidad urbana sostenible, sino también es muy importante encontrar ciudades que sirvan como puntos de referencia. La I_SUM se puede utilizar para identificar ciudades que satisfacen esa condición. Además, la aplicación del índice en cualquier ciudad puede ayudar a mejorar el propio índice. Por ejemplo, cuando se encuentren contradicciones, es decir, los resultados del índice son pobres a pesar de que la ciudad tiene una buena reputación.

El objetivo de este trabajo es poner a prueba el rendimiento del índice en una ciudad conocida mundialmente por la calidad del transporte Curitiba (Brasil). En resumen, hay dos metas impuestas: verificar si la ciudad de Curitiba se puede utilizar como punto de referencia de la movilidad sostenible y segundo evaluar el propio índice.

En Curitiba, las principales fuentes de información resultaron ser dos organismos municipales: Instituto de Investigación y Planificación Urbana, y Curitiba urbanización.

Cálculo del índice

El índice de movilidad urbana sostenible requiere de una gran cantidad de datos y de información para su ejecución. Estos datos pueden obtenerse a través de muchas fuentes, por lo general, se pueden encontrar en las administraciones municipales. Sin embargo, puede existir algún dato difícil de obtener, en el caso de que algún indicador no pueda ser calculado, se eliminará de la lista y los pesos de los indicadores restantes dentro de un tema serán redistribuidos para alcanzar el valor de 1. El valor del índice general es más representativo si se calcula con un elevado número de indicadores.

Como existe una gran cantidad de indicadores, los procedimientos de cálculo resultan diferentes. Algunos pueden obtenerse con facilidad, como es el caso de la densidad de población urbana, que es simplemente la división entre los habitantes de un área urbana por esa zona. Otros indicadores, sin embargo, requieren de procedimientos complejos. La principal dificultad se encuentra en el hecho de que muchos municipios no tienen un conocimiento previo y completo de los proyectos del sector privado. Además, el inventario de infraestructuras existentes y servicios de transporte suele estar poco actualizado.

En el caso de Curitiba, fueron calculados setenta y dos de los ochenta y siete indicadores que componen I_SUM.

El valor global para I_SUM Curitiba resultante del cálculo de los 72 indicadores fue 0,747. Este resultado es aproximadamente tres cuartas partes del valor máximo posible, lo que demuestra la efectividad de las políticas, pero no es un ejemplo perfecto de la movilidad sostenible.

La uniformidad de los resultados es una característica esencial de la movilidad sostenible. Lo que puede sugerir que la ciudad ofrece unas condiciones de movilidad justa y equitativa a todos los ciudadanos. Y, aunque todavía no es un modelo ideal su buena puntuación puede indicar que es un referente de movilidad sostenible.

Tabla 6. Indicadores de I_SUM para la ciudad de Curitiba.
Fuente: Elaboración propia. Basada en Miranda et al. 2012.

Dominio	Tema	Indicador
Accesibilidad	Accesibilidad a los sistemas del transporte	Accesibilidad al tránsito Transporte público para los usuarios con necesidades especiales Gastos del transporte
	Accesibilidad universal	Cruces de calles adaptados a usuarios con necesidades especiales Acceso a espacios abiertos Plazas de aparcamiento para usuarios con necesidades especiales Accesibilidad a edificios públicos
	Barreras físicas	Acceso a servicios básicos Fragmentación urbana

Aspectos medioambientales	Legislación para usuarios con necesidades especiales	Acciones hacia la accesibilidad universal	
	Control de impactos medioambientales	Emisiones de CO Emisiones de CO ₂ Población expuesta al ruido del tráfico Estudio de impactos medioambientales	
Aspectos sociales	Recursos naturales	Consumo de combustible Uso de energías limpias y combustibles alternativos	
	Apoyo a los ciudadanos	Información disponible para la población	
	Inclusión social	Equidad vertical (ingresos)	
Aspectos políticos	Educación y ciudadanía activa	Educación para el desarrollo sostenible	
	Participación pública	Participación en la toma de decisiones	
	Calidad de vida	Calidad de vida	
	Integración de las acciones políticas	Integración de los diferentes niveles de gobierno Asociaciones público-privadas	
Infraestructuras del transporte	Adquisición y gestión de los recursos	Adquisición de los recursos Inversiones en los sistemas del transporte Distribución de los recursos (privado/público) Distribución de los recursos (motorizado/no motorizado)	
	Políticas de movilidad urbana	Políticas de movilidad urbana	
	Distribución y mantenimiento de las infraestructuras	Densidad de carreteras Calles pavimentadas Gastos de mantenimiento de las infraestructuras Señalización en las calles	
	Modos no motorizados	Distribución de las infraestructuras del transporte	Número de calles para el tránsito
		Bicicleta	Longitud y conexión de los carriles bici Flota de bicicletas Instalaciones para el aparcamiento de bicicletas
Peatones		Caminos para peatones Calles con aceras	
Planificación integrada	Reducción de los viajes	Distancia de viajes Tiempo de viaje Número de viajes	
	Encargados de la planificación	Medidas para reducir el tráfico motorizado Experiencia de los técnicos y los administradores Formación de los técnicos y administradores	
	Áreas centrales y sitios históricos	Vitalidad de la zona	

	Integración regional	Asociaciones interurbanas
	Transparencia del proceso de planificación	Transparencia y responsabilidad
	Planificación y control de los usos del suelo	Suelo libre
		Crecimiento urbano
		Densidad de la población urbana
		Uso mixto del suelo
		Asentamientos ilegales
	Planificación estratégica e integrada	Planificación del medio ambiente, transporte y zona urbana
		Implementación y secuencia de las acciones planificadas
	Infraestructuras y equipamiento urbano de planificación	Zonas verdes y parques
		Instalaciones urbanas (escuelas)
		Instalaciones urbanas (hospitales)
	Legislación urbana	Plan Maestro
		Legislación urbana
		Legislación urbana aplicación actual
Circulación y el tráfico urbano	Accidentes de tráfico	Accidentes de tráfico
		Accidentes con peatones y ciclistas
		Prevención de accidentes
	Programa de educación vial	Programa de educación vial
	Operación de tráfico y ejecución	Violación de las normas de tráfico
	Transporte privado	Tasa de motorización
		Ocupación de los vehículos
Sistemas de transporte urbano	Disponibilidad y calidad de la circulación	Extensión total de la redes de circulación
		Frecuencia del servicio
		Ejecución puntual
		Velocidad media de circulación
		Edad de la flota de circulación
		Pasajeros por kilómetro
		Número anual de pasajeros
		Satisfacción del usuario con el servicio
	Diversidad de los modos de transporte	Diversidad de los modos de transporte
		Transporte público vs privado
		Transporte motorizado vs no-motorizado

Ley de circulación	Contratos y limitaciones
	Transporte informal
Integración del tránsito	Terminales intermodales
	Integración del tránsito
Políticas de tarifas	Descuentos y viajes gratis
	Tarifas de transporte
	Subvenciones públicas

4.11. Objetivo del desarrollo urbano sostenible: indicadores, complejidad y políticas para medir ciudades (Klopp et al., 2017)

Las Naciones Unidas en 2015 en su agenda de desarrollo sostenible definen como objetivo principal del desarrollo sostenible, desarrollar ciudades que se caracterizan por ser lugares seguros, resilientes y sostenibles. En este documento se muestra una visión general de este objetivo y se ponen de manifiesto las dificultades que se encuentran a la hora de utilizar esto como una herramienta para mejorar las ciudades. Los primeros problemas aparecen en la selección de los indicadores y en el uso práctico de estos una vez que han sido determinados.

Para alcanzar el principal objetivo del desarrollo urbano sostenible los autores proponen crear una nueva herramienta para la movilidad. Esta herramienta podría ayudar a acceder a los recursos y servir para mejorar las ciudades.

Los problemas principales problemas que destacan los autores son los siguientes:

1. Escasa disponibilidad de datos estandarizados y accesibles.
2. Falta de organismos que recopilen datos a escala de ciudad para apoyar lo establecido en el objetivo de desarrollo sostenible.
3. El objetivo es muy específico como para aplicarlo en ciudades muy diferentes.

A continuación, se presentan los objetivos del desarrollo sostenible y los indicadores que pueden ayudar a alcanzar ese objetivo.

Objetivo 1. Para el año 2030, garantizar el acceso de todos a una vivienda adecuada, segura y asequible y servicios básicos y actualización de barrios marginales

Indicador 1.1 Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales o viviendas inadecuadas

Objetivo 2. Para 2030, proporcionar el acceso a un sistema de transporte seguro, asequible, accesible y sostenible para todos. Para ello, se va a mejorar la seguridad vial, ampliar el servicio de transporte prestando especial atención a las necesidades de las personas más vulnerables; mujeres, niños, personas con discapacidad y personas mayores.

Indicador 2.1. Proporción de la población que tiene acceso al público transporte, desglosado por grupo de edad, sexo y personas con discapacidad

Objetivo 3. Para el año 2030, mejorar la urbanización y la capacidad de desarrollo sostenible para conseguir una planificación participativa, integrada y sostenible en las ciudades.

Indicador 3.1 Relación entre la tasa de consumo de la tierra y la tasa de crecimiento de la población.

Indicador 3.2 Proporción de ciudades con estructura de participación directa de ciudadanos en la planificación y gestión urbana.

Objetivo 4. Reforzar los esfuerzos para proteger y salvaguardar los valores culturales y de los patrimonios naturales.

Indicador 4.1 Gasto total (público y privado) per cápita para la preservación, protección y conservación de todo el patrimonio cultural y natural, tipo de patrimonio (cultural, natural, mixto y designado por el Centro del Patrimonio Mundial), nivel de gobierno (nacional, regional y local / municipal), tipo de gasto (gastos de funcionamiento / inversión) y tipo de financiación privada (donaciones, sector privado sin fines de lucro y patrocinio)

Objetivo 5. Para 2030, reducir significativamente el número de muertes, el número de personas afectadas y las pérdidas económicas directas relacionadas con el producto interno bruto causado por desastres naturales, incluidos los relacionados con el agua.

Indicador 5.1 Número de muertes, número de personas desaparecidas y número de personas afectadas por desastres naturales por 100.000 habitantes.

Objetivo 6. Para 2030, reducir el impacto ambiental per cápita adverso de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y a la gestión de residuos.

Indicador 6.1 Porcentaje de residuos urbanos que realizan la correcta gestión establecida con respecto de los residuos totales generados en la ciudad.

Indicador 6.2 Niveles medios anuales de partículas finas (por ejemplo, PM2.5 y PM10) en las ciudades (ponderado respecto a la población).

Objetivo 7. Para el año 2030, proporcionar un medio ambiente seguro, inclusivo y accesible, a través de espacios verdes y públicos, en particular para mujeres y niños, personas mayores y personas con discapacidad.

Indicador 7.1 Utilización media de las áreas edificadas en las ciudades dedicadas al uso del espacio compartido, desglosado por grupo de edad, sexo y personas con discapacidad.

Indicador 7.2 Proporción de personas que sufren acoso físico o sexual, por sexo, edad, estado de discapacidad y lugar de ocurrencia, producidos en los últimos 12 meses.

Objetivo 8. Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las ciudades, zonas periurbanas y rurales. Esto se conseguirá mediante el fortalecimiento de la planificación del desarrollo nacional y regional.

Indicador 8.1 Proporción de la población que vive en ciudades donde se implementan servicios urbanos y planes de desarrollo regional que integran proyecciones de los recursos y necesidades de la población, según tamaño de la ciudad.

Objetivo 9. Para 2020, aumentar el número de ciudades que adoptan e implementan políticas y planes integrados donde se incluyen los siguientes temas; eficiencia de los recursos, mitigación y adaptación al cambio climático, resiliencia a los desastres. También, aumentar aquellas ciudades que desarrollan e implementan políticas para la gestión integral del riesgo de desastre de acuerdo con lo que se establece en el Marco de Sendai, para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

Indicador 9.1 Proporción de gobiernos locales que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres en línea con el Marco de Sendai.

Indicador 9.2. Número de países con estrategias de reducción del riesgo de desastre nacional y local estrategias.

Objetivo 10. Apoyar a los países menos adelantados en la construcción de edificios sostenibles y resilientes, a través de servicios financieros y asistencia técnica.

Indicador 10.1. Proporción del apoyo financiero que se designa a la construcción y modernización de instalaciones sostenibles, resilientes y edificios de recursos eficientes en los países menos desarrollados.

Pese a los problemas identificados, los autores afirman que el tener definidos unos objetivos y a su vez un indicador o varios para cada objetivo puede guiar a las ciudades en las modificaciones que deben efectuar para alcanzar la sostenibilidad. Aunque esto solo es posible si se acompaña de administraciones o instituciones que recopilen datos fiables.

4.12. Metodología para evaluar la sostenibilidad en los proyectos de movilidad urbana. (Cavalcanti et al., 2017)

En 2012 en Brasil, se introduce nuevas políticas nacionales de movilidad urbana. Durante este tiempo se producen numerosas inversiones para mejorar las condiciones de movilidad en las áreas urbanas. Para evaluar estos proyectos las principales instituciones consideran los siguientes criterios; coste, licencia medioambiental, compatibilidad y funcionalidad. Sin embargo, no se tiene en cuenta la contribución del proyecto a la movilidad urbana. Por eso, este documento tiene como objetivo desarrollar un método para evaluar la sostenibilidad de los proyectos, eso implica la selección de indicadores y el desarrollo de una herramienta para la evaluación de los proyectos. Además, se propone un índice de sostenibilidad para proyectos de movilidad urbana sostenible, que fue probado en cinco proyectos de movilidad urbana. Este índice consiste en 17 indicadores de sostenibilidad, que están agrupados según aspectos medioambientales, sociales y económicos. Se muestran a continuación:

Indicadores ambientales

A1- Acciones para reducir las emisiones de aire contaminado - Medidas que promueven la reducción de las emisiones contaminantes del aire producidas por los motores de vehículos.

A2 - Acciones para reducir el tráfico de vehículos privados – Prácticas que promueven la reducción del tráfico motorizado individual.

A3 - Acciones para aumentar la velocidad media del tráfico - Medidas que promueven el aumento de la velocidad media del tráfico, considerando todo usuarios de la ciudad.

A4 - Vías para el transporte público - Proporción de caminos designados para el transporte público (relación entre la longitud de las vías dedicadas al transporte público y longitud total de todas las carreteras).

A5 - Alcance y conectividad de los carriles bici - Cobertura y conectividad de los carriles bici: (relación entre la longitud de la red de carriles bici y la longitud total de las carreteras).

A6 - Proporción de aceras - Porcentaje de calles con aceras en ambos lados, con un ancho de más 1.20 m (relación entre la longitud de las carreteras con aceras en ambos lados y el total de carreteras).

A7 - Distribución de recursos (modo no motorizado x modo motorizado). Relación de las inversiones realizadas en infraestructura para modos motorizados e infraestructuras para modos no motorizados (INM / IM).

Indicadores sociales

S1 - Accesibilidad universal - Acceso a los servicios para personas con necesidades especiales o restricciones de movilidad.

S2 - Accesibilidad al transporte público - Distancia media entre las paradas del transporte público.

S3 - Reducción de las expropiaciones – Acciones encaminadas a reducir las áreas que requieren expropiación.

S4 - Compatibilidad entre el plan de movilidad y las políticas locales para la movilidad urbana. - Compatibilidad del proyecto con el plan de movilidad y las políticas locales de movilidad urbana.

S5 - Acciones para mejorar la seguridad del usuario del transporte público - Medidas que contribuyen a mejorar la seguridad del usuario del transporte público.

S6 - Diversidad de modos de transporte. Cantidad de modos de transporte motorizados disponible para los usuarios.

S7 - Terminales intermodales. - Porcentaje del transporte urbano que permite a los pasajeros el intercambio entre dos o más modos.

S8 - Mecanismos de prioridad automáticos para el transporte público y los peatones. - Existencia de mecanismos de prioridad automáticos para el transporte público y para los peatones.

Indicadores económicos.

E1 - Eficiencia económica del proyecto - Existencia de proyectos y presupuestos detallados que permitan la comprensión del objetivo del proyecto, de manera que se eviten aquellos cambios que supongan gastos adicionales.

E2- Integración del transporte público - Grado de integración de los sistemas de transporte público urbano y metropolitano en el área de intervención del proyecto.

El método propuesto podría emplearse para identificar posibles cambios en las políticas de movilidad urbana, conduciéndose así al desarrollo sostenible.

4.13. Examen de la percepción pública de los indicadores de transporte urbano sostenible en la ciudad de Dhaka (Munira et al., 2017)

Para que las políticas que se implementen en una ciudad funcionen es importante la aceptación pública por parte de los ciudadanos. Esta verificación es un desafío en las ciudades en desarrollo, como es el caso de Dhaka, donde se pretende asegurar la movilidad para todos los grupos sociales sin influir en el medio ambiente y en la seguridad. En este documento se realiza un análisis de como las personas perciben las acciones del transporte sostenible en Dhaka. Además, se pone de relieve la ausencia de un conjunto de indicadores que evalué el rendimiento del transporte sostenible en la ciudad. Por esto, los autores desarrollan un conjunto de 14 indicadores basados en una extensa revisión de la literatura y con el apoyo de expertos locales.

Los indicadores seleccionados son los siguientes:

1. Adecuación del transporte público (disponibilidad del transporte público, especialmente durante las horas pico)
2. Servicio de transporte público (Equidad-comodidad del transporte público)
3. Coste de viaje (asequibilidad del gasto mensual de los viajes realizados)
4. Tiempo de viaje (tiempo medio dedicado a viajes diarios)
5. Seguridad de viajes (número de accidentes)
6. Accesibilidad del transporte público (accesibilidad de las estaciones de autobús desde el hogar o el lugar de trabajo)
7. Accesibilidad para las mujeres (entorno de viaje seguro y cómodo para las mujeres)
8. Medios de transporte para personas con discapacidad (instalaciones de transporte accesibles para personas con discapacidad)
9. Instalaciones de NMT (seguridad y adecuación de las instalaciones de NMT (vías peatonales y ciclistas))
10. Instalaciones para el transporte terrestre (adecuación del área de la carretera y la instalación de estacionamientos)
11. Eficiencia de los recursos (uso eficiente de los recursos del gobierno en la planificación del transporte urbano)
12. Contaminación del aire (producida por las actividades de transporte)
13. Contaminación acústica (producidas por las actividades de transporte)
14. Número de vehículos privados (uso sin restricciones del automóvil privado)

Una vez seleccionados el conjunto de indicadores, los autores realizan un análisis y se muestran los siguientes resultados:

-Una insatisfacción general de la gente con el sistema del transporte.

-El sistema de transporte de la ciudad presenta numerosas deficiencias. Los indicadores peor valorados son el tiempo de viaje, la accesibilidad y la seguridad. Sin embargo, el coste de los viajes no supone ser un problema para los usuarios.

-El sector del a población más preocupado por la sostenibilidad son los jóvenes con altos niveles sociales.

Este estudio puede servir a la administración para promover nuevas políticas que mejoren el rendimiento y sostenibilidad del transporte.

4.14. Revisión y análisis de la movilidad urbana en México (Leo et al., 2017)

Este documento realiza una revisión y análisis de las estrategias de movilidad urbana en México, la finalidad es identificar las variables que afectan de manera positiva y negativa al desarrollo, proponiendo mejoras que contribuyan a la resolución de los problemas de movilidad de las principales ciudades.

Los autores establecen como las principales variables de la movilidad los siguientes puntos: ahorro de dinero, tiempo, seguridad, congestión, accidentes, sistemas inteligentes y contaminación.

Para una planificación urbana y gestión de la movilidad es importante contar con el apoyo e intervención de los gobiernos, a través de promover programas que contribuyan a cada una de las variables.

Los autores resaltan que disponer de estrategias de gestión de movilidad puede ayudar a lograr los objetivos de planificación. Entre los objetivos se pueden encontrar, reducir la contaminación, ahorro de dinero y tiempo, disminución de los accidentes de tráfico y mejora de las opciones de movilidad. La gestión de la movilidad también ayuda a alcanzar objetivos de igualdad social como es la accesibilidad de los diferentes grupos sociales de la población.

En el texto uno de los principales objetivos de la gestión de la movilidad es reducir la congestión, para lograrlo se pueden aplicar algunas de las siguientes estrategias: mejorar los modos alternativos de transporte, revisar las tarifas para que el transporte sea accesible para todos los grupos sociales, reorganizar el espacio vial y la recolección de tarifas de estacionamiento y peajes. Otro objetivo importante es la seguridad, por lo que además de aplicar estrategias para mejorar los modos de transporte, se deben implementar programas de control de tráfico y velocidades.

Otra estrategia es apoyar los sistemas intermodales, con aparcamientos para bicicletas en las estaciones.

Para reducir el uso del vehículo privado proponen invertir en los sistemas de autobuses, utilizando una mejor conexión, mejorando la accesibilidad a las estaciones y los estacionamientos cerca de las mismas (Caminos peatonales, aparcamientos para bicicletas). Así, además, se reducirá la contaminación.

Algunos de los programas de implementación que se sugieren es mejorar el transporte público, medidas para disminuir los niveles de congestión, reducción en los tiempos de viaje al trabajo, reformas en la planificación, programas para compartir coche.

4.15. Indicadores de movilidad sostenible en ciudades Indias: metodología de selección y aplicación (Jain et. Al, 2017)

Se han desarrollado varios indicadores de movilidad sostenible, siendo difícil seleccionar los indicadores más relevantes que son útiles en un contexto específico, y que son medibles y alcanzables al mismo tiempo.

Los indicadores son ampliamente utilizados para evaluar el progreso, nuevos proyectos y políticas implementadas, por lo que sirven de ayuda para establecer metas y objetivos. Contribuyen a evaluar, simplificar, estudiar tendencias, comunicar problemas y comparar lugares y situaciones (Boyko et al., 2012; DETR, 2000; Toth-Szabo y Várhelyi, 2012). Un conjunto de indicadores apropiados permite a los responsables tomar decisiones y evaluar las consecuencias de las acciones. Aunque la necesidad de un conjunto de indicadores para evaluar las políticas establecidas es importante, es poco común su uso (Gudmundsson y Sørensen, 2012).

Actualmente en la India el porcentaje de transporte no motorizado y el transporte público es alto, pero la mayoría de los usuarios pertenecen a grupos con bajos ingresos que no pueden pagar otros modos de transporte, por lo tanto, es probable que cambien al vehículo privado cuando puedan permitírselo. Esto requiere una planificación de la movilidad para garantizar el acceso a todos los usuarios del sistema de transporte independientemente de su nivel económico.

Por esto, el objetivo de este documento es seleccionar un conjunto de indicadores que midan diversos aspectos relacionados con el transporte urbano.

Los principales problemas que encuentran los autores en la investigación son, como explicar la relación entre los indicadores y evitar el doble conteo. Con su método de selección tratan de abordar estos problemas.

Los criterios utilizados para seleccionar los indicadores han sido la facilidad para obtener los datos, que sean medibles y de fácil interpretación. La mayoría de los estudios enfatizan la importancia de la disponibilidad de datos para medir los indicadores.

Se identifican 20 factores relevantes de una lista inicial de 31 factores para el cual se incluyen 35 indicadores. Los indicadores han sido seleccionados para poder cuantificar restricciones de límite de velocidad, alumbrado público y accesibilidad para personas desfavorecidas. Los indicadores seleccionados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 7. Indicadores de movilidad sostenible para ciudades Indias. Fuente propia basada en Jain et al (2017).

Nivel	Factor	Indicador
Transmisor (Causa)	Asequibilidad	Asequibilidad del transporte público Porcentaje de la población con bono para el transporte público
	Inversión Infraestructura	Gastos en infraestructuras Calles con aceras Promedio de intercambios que se realizan en el transporte público por viaje
	Uso del suelo	Tierra dedicada a las instalaciones de transporte

	Límite de velocidad	No hay indicador
	Alumbrado público	No hay indicador
	Ubicación de infraestructuras	Porcentaje de estaciones a 10 minutos a pie de la parada de transporte público
	Forma urbana	Densidad de carreteras y transporte público Mezcla del uso de la tierra Densidad
	Política de tarifas	Heterogeneidad del nivel de ingresos Modo de cargo impositivo Porcentaje de ayudas Otros cargos recaudados
Central	Tipo de flota	Tamaño de la flota de vehículos por tipo de combustible y edad media
	Duración del viaje	Frecuencia de duración del viaje Duración media del viaje Duración media del viaje según el propósito del viaje
	Tiempo de viaje	Media del tiempo de viaje
	Cuota modal	Participación modal por tipo de viaje Participación modal por grupos socioeconómicos
	Seguridad	Porcentaje de la población que se siente segura caminando o en bicicleta
	Seguridad	Riesgo impuesto Riesgo impuesto según modo de transporte Seguridad en general
Receptor (Fin de la cadena)	Emisiones	Emisiones de gases de efecto invernadero Ciclo de vida de las emisiones
	Energía	Consumo de energía per cápita por el tipo de combustible
	Gastos	Porcentaje de la velocidad de ingresos en el transporte
	Salud	Porcentaje de la población expuesta a la contaminación del aire Porcentaje de la población expuesta a niveles de ruido mayores de 50 dB
	Accesibilidad	Accesibilidad a los diferentes modos de transporte para grupos de movilidad reducida Total de destinos al alcance en tiempo determinado

4.16. Índices de movilidad urbana: Una breve reseña de la literatura (Costa et al, 2017)

Este documento presenta un resumen de la literatura sobre movilidad urbana. El análisis de este texto indica que los autores eligen los indicadores que más se adaptan a su región, en función de la situación urbana existente. Esto demuestra la necesidad de invertir en infraestructuras y políticas para mejorar la movilidad urbana.

Conforme aumenta la población, los centros urbanos crecen y surge el desafío de adaptar este desarrollo urbano y el transporte a las nuevas necesidades, siempre protegiendo al medio ambiente. El crecimiento sin una planificación lleva a un deterioro de la movilidad y a problemas ambientales. Por esto, es importante identificar los factores responsables de los problemas relacionados con la movilidad en los centros urbanos, entre los factores más influyentes podemos encontrar los ingresos, edad, tipo modal de transporte local, etc.

Este trabajo pretende presentar un resumen de la literatura existente sobre movilidad urbana y la aplicación del Índice de movilidad urbana sostenible (IMUS), utilizando los indicadores específicos para el transporte público en una ciudad. Se muestra una revisión de la literatura que aborda la movilidad urbana sostenible, se exponen los índices que han sido utilizados y su propósito, además se muestran los lugares donde han sido aplicados, identificando posibles puntos de investigación para mejorar la movilidad urbana.

De esta revisión de la literatura, se analizan 19 documentos y 8 de ellos utilizan el Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS), es decir, es el que más veces se ha usado, por lo que es seleccionado en este documento para su uso en el análisis del transporte público en una ciudad.

Tabla 8. Revisión de la literatura. Fuente de elaboración propia basada en Costa et al. (2017)

Autor	Índice	Propósito de Índice
Camagni y Gibelli (2002)	Índice de impacto de movilidad (MII)	Analiza el impacto ambiental de la movilidad y caracteriza las variables con el suelo
Miranda y Correia (2007)	Tasas de movilidad sostenible	Evalúa la distribución espacial basada en el índice de movilidad sostenible
Costa (2008)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Frei (2009)	Índice de Muestra de movilidad (SMI)	Introducir un índice puede sintetizar un conjunto de indicadores de movilidad para las ciudades medianas de los centros urbanos
Travisi et al. (2010)	Índice de impacto de movilidad (MII)	Analiza empíricamente la compleja relación entre la expansión urbana y el desplazamiento
Bernhardt (2010)	Índice de movilidad para	Cuantifica la movilidad urbana

	efectos ambientales (MOXE)	sostenible
Miranda (2010)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Pontes (2010)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
D'Amico, Di Martino and Sessa (2011)	Índice de Movilidad urbana sostenible	Evalúa las acciones planificadas hacia la movilidad sostenible.
Machado (2010)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMS)	Representar los principales impactos de la movilidad en la sostenibilidad y calidad de vida urbana.
Assunção (2012)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Morais (2012)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Felix (2012)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Seabra (2013)	Índice de estrategias de movilidad urbana sostenible (IGEMUS)	Ofrecer tarifas a los tomadores de decisiones estratégicas en el proceso de toma de decisiones.
Abdala (2013)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Maia(2013)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Moeinaddini, Shekari y Shah (2014)	Índice de Movilidad Urbana	Identificar los problemas y proponer soluciones para reducir uso del automóvil
Patterson et al.(2014)	Índice de núcleos urbanos	Analiza la movilidad residencial, involucrando a los ancianos en las áreas metropolitanas canadienses
Mendiola, González , Cebollada (2015)	Índice de impacto de movilidad (MII)	Establecer los diferentes tipos de desarrollo urbano, y la relación entre diferentes patrones de movilidad

El IMUS, desarrollado por Costa (2008), consta de 9 áreas, que incluyen 37 temas y 87 indicadores, todos relacionados con los aspectos tradicionales de la movilidad y la

sostenibilidad. Es una herramienta importante para el análisis y el monitoreo de la movilidad urbana y es fundamental para crear políticas sobre movilidad urbana sostenible.

Los indicadores del índice son los siguientes:

Tabla 9. Indicadores de IMUS Fuente de elaboración propia basada en Costa et al. (2017)

INDICADORES de IMUS
Accesibilidad al transporte público
Transporte público para personas con necesidades especiales
Gastos de transporte
Rutas para el transporte público
Extensión de la red de transporte público
Frecuencia del servicio de transporte público
Puntualidad
Velocidad media del transporte público
Edad media de la flota de transporte público
Pasajero por kilómetro
Pasajeros anualmente
Satisfacción del usuario con el servicio de transporte público
Modos de transporte
Transporte público x transporte privado
Modos no motorizados x modos motorizados
Contratos y ofertas
Tráfico ilegal
Terminales intermodales
Integración del transporte público
Ofertas para el uso del transporte público
Tarifas de transporte
Subvenciones públicas

Una vez determinados los indicadores se calcula el IMUS para las condiciones de esa ciudad. El valor resultante es de 0,4661, lo que demuestra que el transporte público en esa ciudad necesita de una mayor atención.

4.17. Indicadores de movilidad urbana sostenible: política vs practica en las ciudades griegas (Tafidis et al, 2017)

En este documento se desarrolla una herramienta para la elaboración de una lista de indicadores para las ciudades griegas. La herramienta desarrollada comprende una escala que incluye calificaciones de 1 (puntuación mínimo) a 5 (puntuación máxima). Luego, se selecciona un número significativo de indicadores mediante la revisión de investigaciones y estudios relevantes (Pitsiava-Latinopoulou, 2012; Dobranskyte-Niskota et al., 2007; Santos y Ribeiro, 2013; Miranda y da Silva, 2012; Shiau y Liu, 2013; Marletto y Mameli, 2012; Choon et al., 2011; Tanguay et al., 2010; Castillo y Pitfield, 2010). Los indicadores seleccionados se organizan en 8 grupos relacionados cada uno de ellos con los principales objetivos de movilidad sostenible. El último paso consistió en la identificación de los datos y la evaluación de la asequibilidad de los datos, principal problema que destacan los autores.

El análisis puso de relieve una situación ambigua. La mayoría de los datos requeridos están disponibles y la frecuencia y la fiabilidad se consideran satisfactorias, pero la cantidad de fuentes de datos diferentes es significativa y la relevancia de las partes interesadas complican el proceso de recopilación de datos.

La lista final de indicadores que proponen es la siguiente:

Integración del uso de la tierra /planificación del transporte

- Cambio en el uso de la tierra por infraestructuras de transporte
- Ley del suelo por modo de infraestructura de transporte
- Mezcla de uso de la tierra
- Densidad de población
- Tasa del uso de la tierra urbana

Accesibilidad

- Acceso a servicios básicos
- Cobertura de la red de transporte público
- Tamaño del transporte público en relación con la población
- Calidad del transporte para personas desfavorecidas
- Cantidad de vehículos de transporte público y paradas con acceso para sillas de ruedas

Aumento de la movilidad

- Tiempo medio de viaje
- Velocidad media de los vehículos privados
- Capacidad de las instalaciones de aparcamientos para vehículos privados y bicicletas
- Condición de las redes de transporte
- Pasajero-km diario o anual por medio por transporte público
- Pasajeros diarios o anuales en vehículos privados
- Longitud de las carreteras pavimentadas
- Tasas de ocupación de vehículos privados
- Tendencias del transporte de pasajeros por modo
- Número de vehículos privados en propiedad
- Densidad de la red de carreteras
- Longitud de la red de carreteras
- Congestión del tráfico

Utilización de vehículos no motorizados

- Densidad de bicicletas
- Longitud de la red ciclista
- Disponibilidad de estacionamiento
- Densidad de la red peatonal
- Longitud de la red peatonal
- Porcentaje de calles con medidas para calmar el tráfico

Fomento del transporte público

- Velocidad media del transporte público
- Número medio de vehículos de transporte público
- Comodidad
- Frecuencia durante las horas pico
- Ocupación
- Fiabilidad
- Seguridad

Preocupaciones ambientales

- Media de edad de la flota de transporte público
- Media de edad de la flota de vehículos
- Casos de enfermedades respiratorias crónicas debido a la contaminación del vehículo
- Emisiones de CH₄
- Emisiones de CO
- Emisiones de CO₂
- Daño ambiental relacionado con el transporte
- Coste externo de las actividades de los modos de transporte
- Consumo final de energía por parte del sector del transporte que se refiere al nivel urbano
- Consumo de combustible de vehículos privados
- Eficiencia del combustible de la flota de transporte público
- Emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del sector del transporte
- Hábitat y perturbación del ecosistema
- Emisiones de NO_x
- Concentración de O₃
- Emisiones PM10 y PM2.5
- Población expuesta a la contaminación del aire derivada del sector del transporte
- Población expuesta a ruido de transporte ≥ 65 dB
- Parte de la flota de vehículos que cumple con ciertos estándares de emisión de aire
- Emisiones de SO_x
- Estructura de la flota de vehículos de carretera
- Residuos relacionados con el transporte y tasas de valorización
- Tipo de combustible utilizado en la flota de transporte público
- Uso de fuentes de energía renovables y biocombustibles

Bienestar económico

- Asequibilidad (proporción de los ingresos dedicados al transporte)
- Contribución del sector del transporte (por modo) al crecimiento de empleo
- Subvenciones directas al transporte público
- Coste directo del usuario que se refiere a viajes en vehículos privados
- Coste directo del usuario que se refiere a viajar por transporte público
- Precios de combustibles e impuestos
- PIB per cápita
- Internalización de los costes
- Inversión en infraestructura de transporte (per cápita y modo como participación del PIB)

- Capacidad de pago del transporte público (proporción de los ingresos de los hogares dedicados a viajes en transporte público)
- Porcentaje del PIB (Producto interior bruto) aportado por el sector del transporte
- Coste social del transporte
- Impuestos de vehículos
- Gasto total en prevención y limpieza de la contaminación
- Total de gastos de transporte per cápita
- Tendencias en los precios del transporte público

Carretera segura

- Índice de incidencia de lesiones y muertes del transporte por carretera
- Seguridad vial y usuarios vulnerables
- Muertes de tráfico
- Accidentes de tráfico con lesiones

Finalmente, concluyen destacando las dificultades encontradas durante el proceso de recopilación de datos, proponen la creación de un observatorio urbano e indican los indicadores más apropiados en términos de los criterios para ser incluidos en una herramienta de evaluación eficiente, realista y completa de las condiciones de movilidad en la ciudad de Thessaloniki.

4.18. Evaluación de la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Thessaloniki (Perra et al., 2017)

La finalidad de este documento es evaluar las actuales condiciones de la movilidad sostenible en una ciudad Griega y proponer medidas hacia esta. La metodología se realiza en los siguientes cuatro pasos: selección de un conjunto apropiado de indicadores de movilidad urbana sostenible, recolección y organización de datos, análisis de datos y estimación de los indicadores, por último, realización de un análisis FODA.

En la metodología se implementó una combinación de 5 métodos diferentes para recopilar los datos necesarios y luego estimar el conjunto de indicadores seleccionados de movilidad sostenible, los pasos seguidos por los autores son:

- Recolección de datos de estudios relevantes y programas de investigación.
- Recolección de datos de varios sitios web y bases de datos estadísticas oficiales.
- Observaciones y mediciones en el campo.
- Realización de un cuestionario en línea.

Posteriormente, los datos recopilados se organizaron en hojas de cálculo y una base de datos GIS.

Los indicadores desarrollados en el documento son los siguientes:

1. Planificación integrada regional/urbana y de transporte

- 1.1- PIB per cápita
- 1.2 -Densidad de población
- 1.3 -Mezcla de uso de la tierra

- 1.4 - Cobertura de red del transporte público
- 1.5 - Acceso a los servicios básicos
- 1.6 – Vehículos privados en propiedad

2. Tráfico eficiente y gestión de estacionamiento

- 2.1- División modal
- 2.2 - Tasas de ocupación de vehículos de pasajeros
- 2.3- Congestión del tráfico (retraso)
- 2.4 - Velocidad media de vehículos privados
- 2.5 - Densidad de la red vial
- 2.6- Asequibilidad (parte de los ingresos del hogar dedicado al transporte)
- 2.7- Seguridad vial

3. Promoción de bicicleta y caminar

- 3.1- Densidad de la infraestructura peatonal
- 3.2- Densidad de la infraestructura ciclista
- 3.3- Porcentaje de calles con medidas para calmar el tráfico
- 3.4- Disponibilidad de estacionamiento para bicicletas
- 3.5- Seguridad vial y usuarios vulnerables

4. Promoción del transporte público

- 4.1- Media de edad de la flota del transporte público
- 4.2- Tipo de combustible utilizado en la flota del transporte público
- 4.3 - Eficiencia de combustible de la flota del transporte público
- 4.4 - Frecuencia del transporte público durante las horas pico
- 4.5 - Velocidad media del transporte público
- 4.6 - Comodidad del transporte público
- 4.7 - Seguridad del transporte público
- 4.8 - Fiabilidad del Transporte público
- 4.9 - Capacidad de las instalaciones de aparcamientos para automóviles y bicicletas
- 4.10 - Asequibilidad al transporte público
- 4.11 - Tamaño de los vehículos de transporte público en relación con la población
- 4.12 - Proporción de vehículos y paradas del transporte público con acceso para sillas de ruedas
- 4.13 - Viajes anuales per cápita a través del transporte público

5. Promoción de tecnologías y medidas "verdes"

- 5.1 - Parte de la flota de vehículos que cumple con ciertos estándares de emisión de aire

El paso final consiste en la realización de un análisis FODA basado en los valores estimados de los indicadores de movilidad urbana sostenible seleccionados a fin de resaltar las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas del condiciones de movilidad en la ciudad de Thessaloniki.

4.19. Otros documentos

Método de cálculo para indicadores de movilidad urbana sostenible

El Proyecto de Movilidad Sostenible 2.0 (SMP, *Sustainable Mobility Project 2.0*) presentado por el Consejo empresarial mundial para desarrollo sostenible (WBCSD, *World Business Council for Sustainable Development*) (2015), tiene como objetivo desarrollar un amplio conjunto de indicadores de movilidad urbana sostenible para las ciudades. Pretenden establecer metodologías que permitan a las ciudades realizar una evaluación estándar de su sistema de movilidad y medir las mejoras resultantes de la aplicación de nuevas prácticas o políticas de movilidad.

Los indicadores propuestos engloban cuatro dimensiones de movilidad sostenible. Tres de las cuatro dimensiones se inspiran en los pilares del desarrollo sostenible:

- Medio Ambiente (indicadores para gases de efecto invernadero, eficiencia energética, etc.)
- Calidad de vida en la ciudad (indicadores de seguridad, de acceso, etc.)
- Éxito económico (indicadores sobre la oportunidad económica, las finanzas públicas, la congestión, etc.)

La cuarta dimensión se ha agregado para considerar el rendimiento del propio sistema de movilidad en la ciudad:

- Rendimiento de la movilidad del sistema (indicadores de conectividad intermodal, tasa de ocupación, etc.)

A continuación, se exponen el conjunto de con los 22 indicadores propuestos, desarrollados por un grupo de expertos de diferentes sectores que participan en la movilidad urbana.

Emisiones de gases de efecto invernadero (GHG, *greenhouse gases*). Son todas las emisiones de los gases de efecto invernadero de los modos de transporte de pasajeros y de mercancías. Refleja las toneladas equivalentes de CO₂ del transporte urbano por año y per cápita.

Financiación pública neta. Representan los ingresos netos de la administración y otras autoridades públicas, y los gastos relacionados con el transporte de la ciudad. Se calcula restando los ingresos de la administración y las autoridades públicas menos los costes operaciones y otros relacionados con el transporte, dividido todo por el PIB. Las inversiones se excluyen de este cálculo.

Congestión y retrasos. Es la congestión del tráfico de carretera y los retrasos del transporte público (tiempo extra necesario para conducir) para todos los modos de transporte durante las horas pico. Se obtiene como la media del número de viajes realizados durante las horas punta en 10 tramos de carreteras principales comparadas con el tiempo en el que se realizaría con unas condiciones ideales de tráfico.

Oportunidad económica. Contribución económica directa para el bienestar del transporte de la ciudad. Se realiza compartiendo el VAB (valor añadido bruto) por el sector del transporte.

Tiempo de viaje. Es el tiempo medio de viaje (trayecto realizado al trabajo o a centros de enseñanza y de vuelta a casa) expresado en minutos por persona y día.

Uso del espacio dedicado a la movilidad. Proporción de la tierra ocupada (m²) por todos los modos de transporte de la ciudad, incluyendo los usos del suelo directo e indirecto.

Calidad de la zona pública. Uso social de las calles y las plazas, se pretende que exista sociabilidad y una buena imagen.

Acceso a los servicios de movilidad. Es el porcentaje de la población que vive a poca distancia del transporte público (parada o estación) o utiliza la movilidad compartida (coche o moto).

Seguridad del tráfico. Son las muertes causadas al año por el transporte urbano, incluidos la carretera y el ferrocarril, por cada 100.000 habitantes.

Ruidos y molestias. Está definido como el porcentaje de la población afectada por los ruidos producidos por el transporte.

Emisiones de contaminantes en el aire. Son las emisiones contaminantes de todos los modos de transporte de pasajeros y de carga. Son calculadas como el daño total de emisiones nocivas del tubo de escape por año y per cápita.

Comodidad y placer. La satisfacción media provocada por la comodidad y el placer de poder moverse en la ciudad.

Accesibilidad para los grupos con movilidad reducida. Expresa la accesibilidad a los diferentes servicios de transporte para los grupos con movilidad reducida.

Asequibilidad del transporte público para el grupo más pobre. Representa el índice de accesibilidad al transporte público para el cuartil más pobre de la población sobre una base del coste de realizar 60 viajes en transporte público y el ingreso mensual medio.

Seguridad. Refleja el riesgo de delincuencia en el transporte urbano, se incluye el transporte público, aceras, carriles bici, carriles y otras instalaciones para el transporte como puede ser los aparcamientos.

Diversidad funcional. La diversidad funcional se refiere a una misma zona con diferentes funciones espaciales. Se expresa como la media (valor 1) o no (valor 0) de 10 funciones espaciales relacionadas con las actividades diarias, sin contar el trabajo, en una superficie de 1km x 1km.

Conectividad intermodal. Determina el número de intercambiadores intermodales en la red del transporte (paradas o estaciones que ofrecen las bicicletas compartidas con respecto a la superficie de la ciudad)

Integración intermodal. Es la calidad de enlace entre los diferentes modos de transporte, referidos a la organización de los subsistemas y la calidad física de las instalaciones de intercambio.

Resiliencia a desastres y perturbaciones ecológicas/sociales. Es el tiempo de respuesta en una emergencia y la capacidad de recuperación del sistema de transporte en caso de que una parte de la red no pueda ser utilizada o se haya estropeado. Se calcula como la capacidad para cruzar

las fronteras de la ciudad y otros límites (como un río) para ser evacuados, más el tiempo de reacción una vez conocida la información necesaria para la evacuación.

Tasa de ocupación. Expresa el factor de ocupación medio de los todos los vehículos pertenecientes a los diferentes modos de transporte. Se determina como la suma ponderada de los factores medios de carga por modo de transporte por la distancia del vehículo en un día cualquiera de trabajo.

Oportunidad para la movilidad activa. Esta referido a la utilización de modos de transporte a pie y en bicicleta. Se define como la longitud total de carreteras y calles con aceras, carriles bicis, zonas con velocidad limitada a 30 km/h y zonas peatonales relacionadas con la longitud total de la red (excluyendo las autopistas).

Eficiencia energética. Es entendido como la energía total consumida en el transporte urbano de pasajeros por km y tonelada (es la media anual de todos los modos).

Selección de indicadores para el seguimiento de las políticas de movilidad urbana sostenible

Mameli et al (2009), en su artículo realizan una revisión de los indicadores actuales para medir las políticas urbanas de movilidad y proponen un número pequeño de indicadores que podrían ser utilizados para medir la sostenibilidad de las políticas del transporte urbano.

Para seleccionar los indicadores se ha definido un marco conceptual formado por macro-objetivos, los cuales abarcan los problemas sociales, económicos y medioambientales, y cada uno de ellos está relacionado con unos objetivos (ver Tabla 10). Este sistema permite vincular cada indicador con un objetivo de la política urbana. Para alcanzar la sostenibilidad social se debe mejorar la accesibilidad, (es decir, crear alternativas de movilidad y facilitar los desplazamientos urbanos) y la habitabilidad (aumentar la disponibilidad del espacio público, la seguridad y la calidad del aire). Lograr la sostenibilidad económica puede hacerse a través de una reducción de los costes de movilidad para los hogares, las empresas y las autoridades públicas. Por último, para conseguir mejoras en el medio ambiente deben reducirse las emisiones de los gases de efecto invernadero y los usos del uso.

Tabla 10. Macro-objetivos y objetivos de las políticas de movilidad urbana sostenible. Fuente de elaboración propia basada en Mameli et al.(2009)

MACRO-OBJETIVOS	OBJETIVOS
Ciudad socialmente sostenible	<i>Accesibilidad</i> Alternativas para la movilidad
	Facilidad de movimiento
	<i>Habitabilidad</i> Disponibilidad de espacio público
	Silencio
	Aire limpio
Ciudad ambientalmente sostenible	Seguridad
	Reducción de las emsiones de los gases de efecto invernadero
	Reducción del consumo del suelo
Ciudad económicamente sostenible	Reducción de los costes de movilidad

En la tabla 11, se proponen un conjunto de indicadores para medir los objetivos de las políticas de movilidad urbana. Todos estos indicadores están basados en la suposición de que el vehículo privado produce numerosas externalidades negativas, mientras que caminar y la bicicleta son medios de transporte más sostenibles. La disponibilidad de los servicios públicos y

privados a través del teléfono y el ordenador es el indicador elegido para cumplir con el objetivo de “alternativas para la movilidad”. Para medir la facilidad en la movilidad se realiza a través de distintos indicadores, según la distribución modal de los viajes: con el transporte motorizado se mide con la congestión, la movilidad lenta se evalúa con los índices de ciclismo y de tránsito, y el transporte público se representa por la cantidad/calidad de servicios de transporte público. La “disponibilidad del espacio público” se puede valorar con el número de vehículos motorizados por km² y por los kilómetros de viaje de vehículos. Mejorar las condiciones la habitabilidad supone reducir el ruido del transporte, tener un aire más limpio y mejorar la seguridad. La reducción de ruido se determina por el porcentaje de la población que está expuesta a los niveles de ruido superiores a los permitidos, la calidad del aire se mide por las emisiones del transporte (niveles de PM10, CONVM, NOX, CO), y la seguridad se calcula con el número de muertes y lesiones del transporte. Para estimar los objetivos medioambientales se utilizan los indicadores de emisiones de CO₂ del transporte, superficie ocupada por las infraestructuras del transporte y el transporte de residuos. Por último, los costes de movilidad serán los gastos de movilidad media anual de los hogares, las empresas y las autoridades públicas.

Tabla 11. Conjunto de indicadores propuesto por Mameli et al (2009). Fuente de elaboración propia basada en Mameli et al. (2009)

OBJETIVOS	INDICADORES
Alternativas para la movilidad	Servicios públicos y privados accesibles por vía telefónica y ordenador
Facilidad de movimiento	Congestión Índice de tránsito Índice de ciclismo
Disponibilidad de espacio público	Cantidad/calidad de servicios de transporte público Número de vehículos motorizados por km ² Kilómetros de viaje de vehículos (vehículo* distancia por km2)
Silencio	Porcentaje de la población expuesta a niveles de ruido del transporte superiores a los límites
Aire limpio	Emisiones del transporte PM10, COVNM, NOX, CO
Seguridad	Muerte y lesiones por transporte
Reducción de las emsiones de los gases de efecto invernadero	Emisiones de CO ₂ del transporte
Reducción del consumo del suelo	Terreno ocupado por las infraestructuras del transporte
Reducción los residuos de transporte	Residuos generados por las actividades del transporte
Reducción de los costes de movilidad	Gastos de movilidad urbana anual de los hogares, las empresas y las autoridades locales

Informe del Programa de Indicadores de ciudad global del Banco Mundial

El Banco mundial propone 53 indicadores de sostenibilidad, divididos en 27 indicadores básicos para poder ser utilizados en todas las ciudades y 26 indicadores de “apoyo”, los cuales no son estrictamente necesarios.

Además de estos indicadores, las ciudades participantes han identificado 33 indicadores adicionales y siete índices que serían útiles para el desempeño de la ciudad, pero aún no han sido recogidos en el conjunto de indicadores. En la tabla 12 se muestran los indicadores e índices futuros deseables de movilidad urbana sostenible.

Tabla 12. Indicadores de movilidad urbana sostenible futuros. Fuente de elaboración propia basada en el informe del Programa de indicadores para ciudades globales del banco mundial. (2008)

Tema	Indicador
Transporte	Gasto per cápita del total de carreteras Distribución modal
Medio Ambiente	Número de días con excedentes de PM10 Indicador de calidad del aire relacionado con los problemas respiratorios

Como consecuencia de la falta de estandarización con la que las ciudades puedan compartir las mejores prácticas y aprender unos de otros, fue preparado y revisado un informe con ciudades piloto. Este informe, titulado Indicadores de ciudad global está disponible en la web *Global City Indicators* en: www.cityindicators.org, en él se consideró esencial que las ciudades adoptarán una definición y una metodología coherente y consensuada para cada indicador, asegurando la posible comparación entre los resultados. Esta metodología está destinada a formar la base de la posterior normalización de los indicadores, por ejemplo a través del proceso Organización Internacional de Normalización.

La Tabla 13 muestra el conjunto propuesto de indicadores e índices de movilidad urbana sostenible. La pregunta central y el indicador básico se identifican en negrita en dicha tabla.

Tabla 13. Indicadores e índices de movilidad urbana sostenible propuestos por el Banco Mundial. Fuente de elaboración propia basado en Informe del Programa de Indicadores de ciudades globales del Banco Mundial. (2008)

Tema	Cuestiones (Preguntas sobre los indicadores básicos en negrita)	Indicadores globales de ciudad (indicadores básicos en negrita, indicadores de apoyo sin negrita)
<i>Transporte</i>		
	¿ Resulta sencillo viajar en la ciudad utilizando los diferentes modos de transporte?	Km del sistema del transporte por 100.000 habitantes
	¿ Existe un buen acceso a la ciudad desde otros lugares del mundo?	Número anual de viajes de transporte público por habitantes
	¿Cómo es el sistema de carreteras?	Conectividad aérea (destinos comerciales) Velocidad media de viaje en las principales viales durante las horas pico Muertes en el transporte por cada 100.000 habitantes Indicador deseable 1: número total de carreteras municipales y gastos de tránsito per cápita (debe incluir los gastos de capital y operaciones) Indicador deseable 2: distribución modal (porcentaje de viajeros que utilizan un medio de transporte que no es un vehículo propio)
<i>Medio Ambiente</i>		
	¿Esta la ciudad contribuyendo al cambio climático?	Emisiones de gases de efecto invernadero medidos en toneladas per cápita
	¿Está el aire limpio?	Indicador deseable 1: Número de días en los que exceden las cantidades de PM10 Indicador deseable 2: Indicador que vincula la calidad del aire con los problemas respiratorios

Indicadores de movilidad urbana sostenible de Voula Megan and Jorn Perdersen

Megan et al.(1998) en su documento para la Fundación Europea para mejorar las condiciones de vida y de trabajo proponen los siguientes indicadores de movilidad urbana sostenible:

Indicador del clima global (GCI). Es la contribución de las ciudades al cambio del clima global. Mide el total de los gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , N_2O y CFC_s). El protocolo de Montreal determina que la emisión de los gases de efecto invernadero tiene que ser 0.

Indicador de la calidad del aire (AQI). Son los números de días al año que se superan los niveles establecidos por la ley, normalmente una medida en estos días es parar el tráfico.

Indicador de movilidad urbana (UM) o indicador del transporte limpio. Es el uso de medios de transporte que protejan al medio ambiente. Con este indicador se mide en primer lugar la movilidad urbana equivalente (U_{meq}), que es el número total de pasajeros por kilómetro recorrido con medios de transporte no favorables al medio ambiente (es decir, coches privados) por habitante y año. Y en segundo lugar U_{meq} forzadas (EUM_{eq}), definido como el número total de pasajeros por kilómetro transportados a pie y en bicicleta, o en transporte público por habitante y por año.

Indicador de seguridad urbana (USI). Es el grado en el que las personas tienen una falta de seguridad. Se determina por el equivalente de seguridad urbana (US_{eq}), que está definido como el porcentaje total de la población afectada por los accidentes de tráfico o la delincuencia.

Indicador de sostenibilidad único. Este indicador define la ciudad por su carácter único, es decir, por las condiciones climáticas y las condiciones locales. Debe representar el grado en el que sus factores conducen a la sostenibilidad urbana.

Indicadores de movilidad en Bangalore 2010-2011

El trabajo realizado en el informe de Indicadores de movilidad de Bangalore (2008) implicó el desarrollo de indicadores de movilidad para esta zona. Estos indicadores ayudaron a evaluar el desempeño de los diferentes aspectos de movilidad de Bangalore y también de otras ciudades. Según las observaciones, se concluyó que en las zonas centrales de la ciudad de Bangalore Oeste, Este y Sur se realizaba una mejor movilidad. Aunque estas zonas fueron las más congestionadas, la accesibilidad al transporte público, las buenas vías peatonales y las políticas de estacionamiento en estas áreas contribuyeron a un mejor rendimiento. Esto nos puede demostrar que en ocasiones una mejor movilidad no depende de un menor número de coches sino de una buena organización en la ciudad en términos de accesibilidad y movilidad.

La lista de indicadores de movilidad urbana fue elaborada con el fin de evaluar el rendimiento del sistema de transporte, para mejorar la ciudad y asignar un sistema de transporte más eficiente se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Indicadores de movilidad urbana sostenible en Bangalore para 2008. Fuente de elaboración propia basada en "Indicadores de movilidad en Bangalore 2010-11".

Indicadores de movilidad urbana en Bangalore		
Congestión	Movilidad	Accesibilidad
Kilómetros recorridos por vehículo	Índice de vehículo lento	Índice de accesibilidad al transporte público
Kilómetros recorridos por persona	Estacionamientos en las calles	Índice de accesibilidad a los servicios
Velocidad media de viaje	Índice de interferencia	Índice de suministro de autobuses
Tiempo de viaje	Índice de tránsito	Cobertura de los servicios
Índice de tiempo de viaje	Índice de para-tránsito	
Retraso en los viajes (vehículo-horas y personas-horas)	Índice de ciclismo	
Retraso en atascos (Vehículo-hora)	Capacidad	
Retraso por persona	Tiempo de planificación	
Retraso por vehículo	Índice de tiempo de planificación	
% de edad de VKT con velocidad media < 30 kmph	Índice de parachoques	
% de edad de VKT con velocidad media <15 kmph		
% de edad de las carreteras con velocidad media < 30kmph		
% de edad de las carreteras con velocidad media < 15 kmph		
Índice de congestión		
Índice de seguridad		
Índice de carga de congestión		
Período punta		

En 2010, se vuelve a redactar un documento cuya finalidad sólo era evaluar y mejorar los indicadores establecidos en 2008. Los indicadores resultantes se dividen en dos temas, los indicadores destinados a valorar el servicio y los que evalúan la movilidad, todos se exponen a continuación:

Indicadores para valorar el servicio ofrecido

Transporte público

1. Presencia del sistema del transporte público en el área urbana (%). Este indicador expresa el porcentaje de vehículos de una compañía respecto del total de autobuses en la ciudad.
2. Oferta del transporte público. Muestra el número total de autobuses por cada 1000 habitantes. En Bangalore, solo se tiene en cuenta el autobús ya que el tren únicamente tiene un servicio interurbano.
3. Cobertura del servicio de transporte público. Relaciona el número de kilómetros que tiene el autobús para realizar sus servicios con el área total de la ciudad.
4. Tiempo medio de espera para los usuarios del transporte público (minutos). Es el tiempo de espera de los usuarios en la parada de autobús.
5. Nivel de comodidad en el transporte público. Asientos disponibles en autobús por el total de pasajeros que van en una ruta.
6. Porcentaje de la flota de autobuses urbanos accesibles a personas con discapacidad. Expresa el porcentaje de autobuses con características para personas discapacitadas respecto del total de autobuses disponibles.

Infraestructuras para peatones

1. Intersecciones señalizadas (%). Indican el porcentaje de intersecciones no señalizadas en las que el tiempo de espera para los peatones es más de 45 segundos respecto del total de intersecciones señalizadas.

2. Alumbrado público. Superficie de las carreteras iluminadas en relación a la superficie total de carretera
3. Porcentaje de aceras. Porcentaje de acera con más de 1,2 m de ancho y disponible en ambos lados respecto de la longitud total de la red viaria.

Instalaciones para el transporte no motorizado

1. Porcentaje de la red viaria dedicado al transporte no motorizado (%).
2. Invasión de las zonas de transporte no motorizado por el establecimiento de vehículos (%). Es la proporción de zonas dedicadas al transporte no motorizado que se ven obstaculizadas por el aparcamiento de vehículos privados, en relación de la superficie total viaria.
3. Plazas de aparcamiento en los intercambiadores (%). Tratan de reflejar el porcentaje de plazas de aparcamiento disponibles en estaciones de ferrocarriles o de autobús.

Nivel de uso de las instalaciones del sistema de transporte inteligente

1. Vigilancia del tráfico (%). Describe el porcentaje de paradas de autobús, estaciones de metro, estaciones de autobús que tienen una vigilancia para su mantenimiento.
2. Sistema de información de pasajeros (%). Es el porcentaje de sistemas que proporciona una buena información del transporte público.
3. Sistema de posicionamiento global (GPS). Representa el número de vehículos con disponibilidad de GPS en relación con el número total de vehículos.
4. Señal de sincronización (%). Es la relación entre las señales no sincronizadas y las sincronizadas expresadas en tanto por ciento.
5. Sistema integrado de ticket (%). Porcentaje de la ciudad que utiliza el sistema integrado de ticket respecto del total de la población.

Velocidad de desplazamiento (motorizada y de transporte público) a lo largo de las travesías principales

1. Velocidad de desplazamiento media del vehículo privado (Kmph)
2. Velocidad de desplazamiento media del transporte público (Kmph)

Plazas de aparcamiento

1. Disponibilidad en la calle de plazas de aparcamiento para pagar (%). Representa la disponibilidad de las plazas de aparcamiento gratuito para todos los vehículos de la ciudad. Un 60 % de estacionamiento libre es un valor significativo.
2. Relación entre la tasa máxima y mínima de pago por aparcamiento en la ciudad.

Seguridad en la carretera

1. Tasa de mortalidad por cada 100.000 habitantes. Número total de accidentes dividido por la población total.
2. Tasa de peatones y de transporte no motorizado. Relaciona el número total de víctimas mortales en transporte no motorizado (peatones o ciclistas) con el total de víctimas totales mortales.

Niveles de contaminación.

Son indicadores para expresar las emisiones de los siguientes contaminantes:

- SO₂

- Óxido de Nitrógeno
- SPM
- RSPM (tamaño menor de 10 micras)

Sistema de transporte de usos de la tierra integrados

1. Densidad bruta de la población económica. Es el número de personas por superficie desarrollada en hectáreas.
2. Mezclado de los usos de la tierra en tramos de carretera y redes principales. Es el porcentaje de áreas con diferentes usos del suelo.
3. Intensidad de desarrollo – Extensión de la ciudad (FSI, *Floor Space Index*). Refleja la expansión de la ciudad en el suelo.
4. Intensidad de desarrollo a lo largo del tramo de carretera (tramo de carretera FSI/ FSI). Es la expansión de las carreteras en toda la ciudad.
5. Tendencia e integridad de la red. Valora como está diseñada la red viaria.
6. Porcentaje de área de carreteras. Es la proporción de carreteras relacionado con el total de superficie de la ciudad.

Indicadores de movilidad

El rendimiento de los sistemas de transporte se mide con la congestión, la movilidad y la accesibilidad. Los aspectos que trata de medir la congestión son, la velocidad de desplazamiento, el tiempo de viaje, kilómetros recorridos por vehículo, kilómetros recorridos por pasajero, índice de congestión, carga de congestión, porcentaje de velocidades, índice de mortalidad de accidentes, índice de lesiones en accidentes e índice de seguridad vial. En la movilidad se mide el índice de vehículo lento, índice de suministro de autobuses urbanos, índice de interferencia de estacionamiento, índice de capacidad para caminar. En accesibilidad se miden las siguientes características: accesibilidad al transporte público y a los servicios.

Índice de seguridad vial. Es igual al índice de seguridad, representa la suma el índice de mortalidad más el índice de lesiones.

Índice de seguridad. Está compuesto por los dos índices siguientes:

Índice de mortalidad. Se define como el número de muertes en accidentes de tráfico por cada 100000 habitantes.

Índice de lesiones. Es el número de accidentes con lesiones por cada 100.000 habitantes.

Índice de congestión. Determina la densidad de vehículos por las carreteras principales de las zonas urbanas a través de la velocidad media del viaje realizado.

Índice de tiempo de viaje. Este indicador expresa la cantidad media de tiempo extra que se necesita para viajar en hora punta en relación con los viajes realizados cuando el tráfico es débil. Se estima que la velocidad de viaje ideal es 40 Km/h.

Índice de vehículo de movimiento lento. Este indicador está relacionado con los vehículos de la India como es la bici-taxi. Expresa la relación de vehículos de tipo lento respecto del total de vehículos

Índice del suministro de autobuses de la ciudad. Representa el grado de disponibilidad de autobuses. Expresa la relación de la disponibilidad de autobuses por cada 100.000 habitantes.

Índice de ciclismo. Es la longitud de carriles bicis disponibles respecto la longitud total de carreteras. En Bangalore este índice es cero porque no existen carriles bicis.

Índice de tránsito. Evalúa el desempeño de la infraestructura peatonal, se toma en consideración la disponibilidad para caminar a pie en los principales tramos.

Índice de para-tránsito. Es el número de vehículos de tipo para-tránsito disponibles por cada 10.000 habitantes.

Índice de interferencia de aparcamiento en la calle. El estacionamiento en la calle ocupa un espacio que podría ser utilizado por el tráfico no motorizado. Este indicador expresa la inversa del porcentaje de la longitud de la carretera principal utilizada para el aparcamiento.

Kilómetros recorridos por vehículo. Son los kilómetros totales recorridos por los vehículos privados.

Kilómetros recorridos por pasajero. Son los kilómetros recorridos por vehículo y por número de ocupantes en función del tipo de vehículo.

Retraso en los viajes (vehículo/hora y hora/hombre). Es el exceso de tiempo que se necesita para realizar un viaje a un destino en condiciones desfavorables, es decir, el tiempo de más necesario para recorrer un trayecto si este no puede realizarse en condiciones de velocidad ideal. Indica la congestión del tráfico. Se calcula como la diferencia entre el tiempo de viaje estimado en condiciones reales y en condiciones ideales (a 40 km/h)

Índice de accesibilidad al transporte público. Es la inversa de la distancia media (en km) de la parada de tren/autobús más cercana. El índice deseable suele ser 500 m para acceder a la parada más cercana.

Índice de accesibilidad a servicios. Es el porcentaje de personas que dedican en ir al trabajo menos de 30 minutos o menos de 15 minutos.

Instrucciones para los indicadores urbanos

El Programa de Hábitat propuesto en el Programa de las Naciones Unidas para Ciudades en 2004, se componen por 20 indicadores claves, considerados importantes para la política y relativamente fáciles de obtener. Normalmente son números, porcentajes y relaciones. Los datos exactos se obtienen de encuestas que están compuestas generalmente por casillas con respuestas de sí o no.

Además, dichos indicadores se agrupan en dos conjuntos para facilitar la recogida de datos:

- Grupo A: indicadores que se obtienen a partir de censos y encuestas a hogares nacionales.
- Grupo B: indicadores que se obtienen a partir de otras fuentes, tales como registros oficiales y estudios publicados de las instituciones gubernamentales, los organismos de vivienda, las instituciones financieras, la policía, las ONG, así como el uso de estimaciones realizadas por pequeños grupos de expertos sobre temas específicos .

A su vez los indicadores están ordenados en 5 categorías; vivienda, desarrollo social y la erradicación de la pobreza, gestión ambiental, desarrollo económico y gobierno. Únicamente

en el apartado de gestión ambiental proponen dos indicadores de movilidad urbana sostenible, ambos pertenecen al grupo B, son explicados a continuación:

Tiempo de viaje. Definido como el tiempo medio en minutos necesario para realizar un viaje al trabajo. Se trata de un promedio de todos los modos de transporte.

Modos de transporte. Es el porcentaje total de viajes de trabajo efectuados por; un automóvil, tren, tranvía, autobús, motocicleta, bicicleta, a pie u otros modos.

Guía y metodología para indicadores del desarrollo sostenible

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 reconoce el importante papel que desempeñan los indicadores para ayudar a los países en la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo sostenible. A nivel internacional, la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) aprobó en 1995 un programa de trabajo sobre los indicadores de desarrollo sostenible. Estos programas han sido aplicados en muchos países, sirviendo como base para el desarrollo de indicadores nacionales de desarrollo sostenible.

En 2002 se realizó una nueva edición basándose en las respuestas a las decisiones de la CDS y en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, esto animó a seguir trabajando sobre los indicadores a nivel nacional.

En la tercera edición de indicadores de la CDS (2007) se proponen los siguientes indicadores de movilidad urbana sostenible:

Distribución modal del transporte de pasajeros. Con este indicador se determina la proporción de cada modo (turismos, autobuses y autobuses y trenes) en el transporte interior de pasajeros, medido en pasajeros por kilómetro. Proporciona información sobre la importancia relativa de los diferentes modos de transporte de pasajeros. El uso de vehículos privados para el transporte de pasajeros es, en general, menos eficiente y tiene grandes impactos ambientales y sociales, tales como la contaminación, el calentamiento global, así como una mayor tasa de accidentes, que el transporte público.

Distribución modal del transporte de mercancías. Este indicador mide el porcentaje de cada modo (carretera y ferrocarril) del transporte terrestre total de mercancías, medido en toneladas por kilómetro. Proporciona información sobre la importancia relativa de los diferentes modos de transporte de mercancías. El transporte de mercancías por carretera tiene mayores impactos ambientales y sociales, tales como la contaminación, el calentamiento global, así como una mayor tasa de accidentes que la producida en el ferrocarril u otras vías.

Intensidad energética del transporte. Se define como el combustible utilizado por unidad de carga transportada por kilómetro (km) y por unidad de pasajeros por kilómetros recorridos. Mide la cantidad de energía necesaria para mover mercancías y personas. Este indicador resulta interesante ya que el uso de energía para el transporte contribuye al agotamiento de los recursos naturales, a la contaminación del aire y el cambio climático. La reducción de la intensidad energética en el transporte puede reducir el impacto ambiental de este sector, manteniendo sus beneficios económicos y sociales.

El proyecto de movilidad sostenible. Movilidad 2030: respuesta a los retos de sostenibilidad

El proyecto de movilidad sostenible desarrollado por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible en 2004, indica la necesidad de unos indicadores que reflejen la sostenibilidad de los diversos elementos de movilidad. Idealmente, estos impactos deben ser medibles. Pero el vínculo entre la actividad de transporte y el crecimiento económico, no son fácilmente cuantificables, y los esfuerzos para ello han sido criticados. Algunos de los indicadores que se describen a continuación son relativamente “fáciles” de medir, pero algunos son “difíciles” o bien los datos necesarios no son recopilados rutinariamente o no está claro cómo se deben o podrían ser medidos.

Finalmente, se seleccionan 12 indicadores resultado de numerosos estudios de la literatura existente y de consultar a las partes interesadas. La elección de los indicadores debe de cumplir con dos perspectivas básicas; tener en cuenta los tres pilares de la sostenibilidad (ambiental, social y económico) y también se tiene que considerar a las personas. Se seleccionaron los siguientes indicadores:

1. Accesibilidad

La movilidad personal. La accesibilidad siempre ha presentado problemas para su medición. Se conoce como “la oportunidad que tiene un individuo para participar en una actividad o conjunto de actividades en una ubicación determinada”. También puede definirse como “el acceso a la movilidad personal”. Y este acceso se mide según la propiedad de vehículos de motor (es decir, la proporción de la población que es propietaria de vehículos de motor, tales como automóviles y ciclomotores); o según la facilidad para alcanzar sistemas de transporte público (es decir, la distancia que las personas deben caminar para llegar al transporte público).

Estas medidas por sí solas no son un indicador adecuado, pero la combinación de los dos sí. Por lo que el indicador adecuado para la movilidad es el porcentaje de hogares que tienen acceso a vehículos motorizados más el porcentaje de hogares que pueden acceder al transporte público caminando.

Buena movilidad en el transporte de mercancías. Es la facilidad o dificultad a la que se enfrentan transportistas o usuarios para obtener un servicio. Es el tiempo necesario para recoger el envío después de solicitar servicio, o el tiempo para entregar el envío después de su llegada y la distancia que un transportista o cliente debe viajar para dejar o recibir el envío. Un intervalo de tiempo corto entre el momento en el que se solicita el servicio y el tiempo en el que se proporciona, supone una buena movilidad para las mercancías.

2. Desembolso económico requerido por los usuarios

En este apartado se pretende reflejar el esfuerzo económico necesario para usar el transporte. No se reflejan los costes externos del transporte.

Por ejemplo, si aumenta la congestión se produce un aumento de los gastos de combustible, por lo que el desembolso económico aumenta. Además, si las sociedades introducen políticas públicas que transforman estos costes externos en costes privados (por ejemplo, mediante la imposición de tasas de circulación a los usuarios durante el empeoramiento de la congestión). El indicador real se define como sigue:

Movilidad personal. Presupuesto por familia destinado a realizar viajes.

Buena movilidad en el transporte de mercancías. Son los costes totales de logística por unidad de distancia, es decir, es el precio que representa todos los costes logísticos asociados a su producción y entrega.

3. Tiempo de viaje

El tiempo de viaje complementa al indicador anterior, ya que el coste de los viajes no sólo se mide por el desembolso económico sino también por el tiempo necesario para realizar dicho trayecto. Para medirse el tiempo de viaje se partirá de un destino de origen base, en el que influirán la velocidad con la que se realizan los desplazamientos, también interviene si el movimiento se realiza con un automóvil privado o en transporte público.

El tiempo de viaje también sirve como un indicador parcial para la congestión, cuando existe congestión el tiempo necesario para realizar un recorrido aumenta.

Por lo tanto, los indicadores son:

Para medir la **movilidad de las personas**, se entiende como el tiempo medio requerido desde el origen hasta el destino deseado, incluyendo todos los obstáculos encontrados, interrupciones, modo de transporte, etc.

Para **evaluar las mercancías**, es el tiempo medio del origen al destino del envío.

4. Fiabilidad

La fiabilidad es el segundo indicador para la congestión. Cubre el grado de certeza de los tiempos de viaje en los sistemas de transporte. Los sistemas de transporte confiables ofrecen la garantía de alcanzar un destino determinado en un plazo razonable de tiempo. Un transporte poco fiable está sujeto a retrasos. La congestión es la fuente principal de esta falta de fiabilidad.

La falta de fiabilidad resulta negativa para la movilidad. De hecho, muchas iniciativas tienen como objetivo mitigar la congestión que repercute en una disminución de la falta de fiabilidad.

Movilidad personal. Es la variación en el tiempo de viaje para un usuario con un sistema de movilidad "típico".

Buena movilidad en el transporte de mercancías. La variabilidad en el tiempo desde el origen a destino para envíos de diferentes tipos.

5. Protección

En términos generales es el número total de tráfico relacionado con muertes o lesiones graves. En concreto:

Para la **movilidad personal**. La probabilidad de que una persona muera o se lesione en un accidente durante el uso de un transporte, y el número total de muertes y lesiones graves.

Para la **movilidad en el transporte de mercancías**. La probabilidad de que un envío determinado se dañe o sea destruido, y el valor total de los bienes dañados o destruidos en un accidente.

De acuerdo con estas medidas, una probabilidad baja de lesión o muerte y de daños durante el servicio de mercancías es bueno desde la perspectiva de protección.

6. Seguridad

Está relacionado con los peligros de sufrir daños corporales, robos, etc.

En la **movilidad personal**: Es la probabilidad de ser acosado, robado, o físicamente asaltado durante un viaje. Además de esto, es el número total de incidentes.

Para la **movilidad en el transporte de mercancías**. La probabilidad de que una mercancía sea robada o dañada. También es el valor total de las mercancías perdidas en un robo u otro tipo de incidente.

7. Emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI)

Para controlar los gases de efecto invernadero se recurre a unidades de carbono equivalentes, donde se refleja el potencial de calentamiento de cada gas en relación con el dióxido de carbono.

Este indicador se define como las emisiones de los gases de efecto invernadero por un periodo de tiempo concreto y medido en unidades de carbono equivalente.

8. Impacto en el medio ambiente y en el bienestar público

Esta medida refleja la preocupación de la sociedad acerca de la movilidad, en concreto sobre el medio ambiente y el bienestar público.

- Emisiones relacionadas con el transporte "convencional". Las emisiones de NOx, CO, partículas de hidrocarburos no quemados y por el plomo durante un periodo de tiempo.
- Impacto en los ecosistemas. Son los impactos relacionados con el transporte de ecosistemas. Además de los usos del suelo.
- Ruido provocado por el transporte. Es el número de individuos (o porcentaje de la población) expuestos a los diferentes niveles de ruidos relacionados con el transporte en varios periodos de tiempo.

9. Uso de los recursos

Este indicador refleja otro motivo de preocupación social, dividido en tres apartados:

- **Uso de energía relacionada con el transporte y la seguridad energética.** Es el porcentaje de suministro de energía de una región procedente de fuera de ella o de otras fuentes.
- **Uso de la tierra relacionados con el transporte.** El aumento de utilización de la tierra puede considerarse un fenómeno negativo para la movilidad sostenible. Sin embargo, una mayor superficie ocupada por el transporte siempre representa mejoras en la movilidad y la accesibilidad.
- **Cantidad de suelo dedicado a las actividades del transporte.** Es el uso de materiales relacionados con el transporte. Los sistemas de transporte son los principales usuarios de materiales, así como de energía. Los vehículos requieren grandes cantidades de material para ser construidos. La construcción y mantenimiento de las infraestructuras del transporte es otro principal usuario de los materiales. Este indicador pretende realizar un seguimiento del: "Volumen total de materiales utilizados para el sector del transporte."

10. Equidad

Con este indicador se trata de reflejar las preocupaciones sobre si un aumento de los servicios del transporte incluirá a todas las personas sin discriminar sus diferentes ingresos, edades, a los grupos con movilidad reducida, etc.

Es deseable que la información refleje a los diferentes grupos sociales. Incluyéndose el acceso a medios de transporte, el coste para obtener personal, las emisiones, el ruido y las amenazas a la seguridad y protección.

11. Impacto en los ingresos y gastos públicos

El indicador definido con anterioridad como desembolso económico no es suficiente para reflejar la economía de la sostenibilidad. Resultan interesantes otros indicadores como son; el impacto en los ingresos y gastos públicos, y la tasa de retorno de bienes para proveedores de movilidad y servicios.

Este indicador representa el nivel y cambio en los gastos de capital y de operaciones para la prestación de servicios de transporte e infraestructuras. Esto incluye ayuda pública para las infraestructuras, subvenciones, ingresos recogidos por el gobierno de las operaciones de transporte y de las cuotas a usuarios.

12. Tasa de prospectiva. Vuelta al negocio privado

Las empresas que producen los bienes utilizados por los sistemas de transporte (vehículos, combustibles, infraestructuras, etc.) y los servicios propios del transporte (transporte por carretera, transporte aéreo, transporte en ferrocarril) tienen una influencia importante en la parte económica de la movilidad sostenible.

Si estas empresas no pueden obtener una tasa de rendimiento adecuada de sus inversiones en las actividades relacionadas con la movilidad, no podrán proporcionar bienes y servicios para la movilidad sostenible.

Sobre esta base, el indicador propuesto es: El retorno potencial de la inversión disponible para un negocio privado eficiente, que oferta de manera particular bienes y servicios relacionados con la movilidad, incluyéndose los costes (de capital y de operación), ingresos (ayudas, subvenciones operativas, subvenciones para financiar el capital, etc.) y los costes impuestos por el gobierno en políticas de regulación.

A diferencia de la mayoría de los otros indicadores, esta medida debe ser vista como un umbral. Una tasa de retorno más alta que este umbral hace que la economía en cuestión sea más sostenible. Por el contrario, una tasa de retorno por debajo de este nivel umbral hace que la economía de la movilidad sea insostenible.

Sistema de indicadores para ciudades grandes y medianas.

En España, actualmente, de acuerdo al Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas, 2010, redactado por la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible para evaluar la sostenibilidad de las ciudades se define un sistema de indicadores, el cual está subdividido en siete grupos; (1) Ocupación del suelo, (2) Espacio público y habitabilidad, (3) Movilidad y Servicios, (4) Complejidad urbana, (5) Espacios verdes y biodiversidad, (6) Metabolismo urbano y (7) Cohesión. Dentro de estos grupos los principales indicadores relacionados con la movilidad urbana, son:

Compacidad absoluta (Cabs): determina la compacidad según el volumen edificado y la superficie total, tratando de realizar modelos de ocupación compactos de manera que se reduzcan las distancias entre los diferentes usos. Haciendo posible que los desplazamientos se realicen a pie.

Compacidad corregida (Ccor): con este indicador se busca el equilibrio entre los espacios construidos y los espacios libres, ya que un exceso de compacidad puede ocasionar problemas de congestión.

Calidad del aire (Caire): indica el porcentaje de población expuesto a los contaminantes de NO₂ y PM10 en relación a la población total.

Confort térmico (Ctérmico): expresa el porcentaje de horas entre las 8h y las 22h en las que la calle ofrece unas condiciones adecuadas de confort térmico para una persona que se desplaza a pie.

Accesibilidad al viario (Aviario): pondera la accesibilidad a los tramos de calle en función del ancho de las calles y de la pendiente del trazado, pues ambos atributos limitan los desplazamientos de las personas con movilidad reducida.

Modo de desplazamiento (RMprivado): vincula los desplazamientos realizados en un vehículo privado con los desplazamientos totales. Por tanto, para alcanzar una ciudad compacta se necesita reducir el uso del vehículo privado, lo que significa disminuir este indicador.

Proximidad de las redes de transporte alternativo al automóvil privado (Predes): relaciona la población con acceso a redes de transporte público respecto a la población total. Incrementar el número de viajes realizados en transportes alternativos al automóvil, hará mejorar este indicador.

Reparto del viario público (Vpeatones): expresa el porcentaje de viario público destinado a los peatones y otros usos respecto a la superficie total del viario público. La tendencia deseable es un aumento, ya que se desea liberar el espacio para uso público.

Proximidad al préstamo de bicicletas (Pbici): mide la proporción de la población con acceso al servicio de préstamo de bicicletas respecto de la población total. El valor deseable de este indicador es que el 100 % de la población tenga cobertura a las bicicletas.

Aparcamiento para el vehículo privado fuera de la calzada (APvehículo): relaciona las plazas de aparcamiento fuera de la calzada y el total de las plazas de aparcamiento. Una reducción de la ocupación de la calzada por parte del vehículo privado sería lo deseable desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Déficit de aparcamiento para el vehículo privado (DAvehículo): refleja la oferta de aparcamientos fuera de la calzada con la demanda de plazas en un área determinada. Está relacionado con el indicador anterior, tratando de garantizar un número adecuado de aparcamientos fuera de la calzada.

Operaciones de carga y descarga fuera de calzada (CD): es la proporción de operaciones de carga y descarga en los centros de distribución urbana respecto al total de las operaciones totales. Trata de garantizar una superficie adecuada en los centros de distribución urbana a fin de liberar el espacio público de las plazas de carga y descarga.

Emisiones de CO₂ (ECO₂): expresa la relación entre las emisiones de CO₂ por habitante y año. El valor deseable de este indicador es reducir las emisiones de CO₂ hasta un valor de 0 por habitante y año.

Implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible.

En el informe sobre implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible, elaborado por la Red Española de Ciudades por el Clima, en la Sección de la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), se desarrolla una herramienta denominada Plan de Evaluación y Seguimiento con el fin de evaluar, controlar e informar de las mejoras de movilidad sostenible producidas en los municipios una vez realizados los PMUS.

Los indicadores son divididos en tres sectores:

Indicadores Modales

Estos indicadores tratan de evaluar la sostenibilidad de los diferentes modos de transporte.

Movilidad peatonal: expresa el porcentaje de personas que realizan sus trayectos a pie respecto del número de habitantes totales.

Movilidad ciclista: calcula el porcentaje de usuarios que usan la bicicleta respecto del total.

Uso del transporte público: es el número de usuarios que utilizan el transporte público relacionados con la población total.

Uso del vehículo privado: porcentaje de vehículos que usan el vehículo privado respecto del total de habitantes.

Uso de coche compartido: refleja el número de habitantes que comparten coche.

Ocupación del vehículo privado: relaciona el número de plazas ocupadas en un coche con el total de vehículos privados que circulan.

Ocupación de aparcamientos: expresa el porcentaje de plazas de aparcamiento ocupadas respecto del total.

Tiempo de viaje: es el tiempo total que dedica cada habitante a realizar desplazamientos.

Indicadores energéticos

Determinan la energía del transporte urbano.

Consumo de energía: relaciona el consumo total de energía respecto del número de habitantes total.

Consumo de energía del vehículo privado: mide el consumo de energía total de los vehículos respecto del total de habitantes.

Consumo de energía del transporte público: es el consumo total de energía del transporte público dividido por el número de usuarios del transporte público.

Consumo de energía del vehículo privado respecto del total: expresa el porcentaje de energía que consumen todos los vehículos privados según el consumo de energía total.

Indicadores ambientales

Son los indicadores relacionados con las emisiones al medio ambiente. Todos ellos expresan las toneladas de contaminante respecto del número total de habitantes, la tendencia favorable es que los valores sean los menores posibles. Se consideran los siguientes contaminantes a medir: emisiones de gases de efecto invernadero, de CO, NO_x, COV, PM y O₃.

Indicadores sociales y económicos

Estos indicadores representan los aspectos importantes que tienen relación con la sociedad y la economía del transporte urbano.

Proporción de zonas 30: estas zonas se consideran seguras para los peatones porque los vehículos circulan a una velocidad reducida, por lo que sería adecuado aumentar este valor. Este indicador representa el porcentaje de superficies de zonas 30 en relación al total de superficie de red viaria.

Población que se desplaza fuera del municipio: expresa la proporción de la población que efectúa viajes fuera del municipio.

Accesibilidad al transporte público: determina el número total de paradas a las que un usuario tiene acceso respecto del total de paradas.

Infraestructuras peatonales: refleja el porcentaje total de kilómetros destinados a peatones en la red viaria.

Infraestructuras para ciclistas: al igual que el indicador “*infraestructuras peatonales*” expresa el porcentaje total de kilómetros de red viaria destinados al uso de los ciclistas.

Cobertura del transporte público: determina el porcentaje total de superficie al que da cobertura el transporte público respecto del total.

Proporción de usuarios cautivos del transporte público: es el porcentaje de usuarios cautivos del transporte público relacionados con el total de usuarios.

Infracciones de tráfico: mide el número de infracciones cometidas según el total de habitantes.

Accidentes: expresa la proporción de habitantes que sufren accidentes en el transporte respecto del total de habitantes.

Indicadores de inversión en movilidad: todos ellos reflejan la inversión en euros realizada en la movilidad en general y en la movilidad para peatones, ciclistas, transporte público y transporte motorizado. Cada una es calculada de manera aislada y según las finalidades de la sostenibilidad, es deseable que todas tengan un valor alto excepto la inversión para el transporte motorizado.

Sistema Municipal de indicadores de sostenibilidad

La Agencia de Ecología Urbana de Barcelona en la IV Reunión del Grupo de trabajo de Indicadores de Sostenibilidad de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible (2010), propone los siguientes indicadores de movilidad urbana sostenible:

Distribución modal del transporte: expresa el porcentaje de viajes realizado según los diferentes modos de transporte. La distribución de viajes según los medios de transporte utilizados en el área urbana es un indicador de la calidad de la movilidad teniendo una clara relación, entre otros, con los niveles de contaminación acústica y del aire, siendo el tráfico una de las mayores consecuencias de la escasa calidad del aire en la ciudad. De acuerdo con la información existente sobre el uso del transporte público y privado, la distribución modal del transporte urbano es un indicador básico, para la definición de las políticas de movilidad.

Espacio viario para peatones: mide el porcentaje de espacio viario destinado para el uso de peatones. El viario peatonal es considerado el espacio dedicado exclusivamente al tránsito peatonal: calles peatonales, ramblas, paseos, bulevares y aceras. El viario no peatonal son: calzadas, aparcamientos y divisores de tráfico.

Los lugares sin automóviles son zonas de calma, que permiten la socialización y comunicación. Por lo tanto, suponen una mejora de la calidad urbana y de vida, porque los valores de la contaminación atmosférica se ven reducidos y se potencian las zonas verdes.

Espacio viario para bicicletas: expresa los metros lineales de viario destinado exclusivamente al desplazamiento en bicicleta en relación con los metros total de calles de una ciudad. La bicicleta puede convertirse en un modo de transporte habitual si se le dota de una red propia interconectada por todo el territorio, con aparcamientos y el acondicionamiento de las diversas unidades de transporte público para el transporte de bicicletas. Su presencia mejora considerablemente la calidad de vida de los residentes, suministrando un medio de transporte alternativo, más saludable y sostenible, especialmente está pensado para cubrir distancias cortas.

Espacio viario para el transporte público: Este indicador mide el espacio viario con carril de autobús urbano disponible en relación a la longitud total de calles de la ciudad. Los medios de transporte público son una clave importante para reducir el uso del automóvil en el modelo de movilidad urbana sostenible. Una de las actuaciones que deberían realizarse, es facilitar el acceso al transporte público para todos los habitantes, de manera que se dé cobertura a la mayor cantidad de población posible.

Indicadores del informe de Alcalá de Henares

En el informe de Alcalá de Henares se realiza una propuesta de indicadores de sostenibilidad cuyo objetivo consiste en la elaboración de un sistema de indicadores territoriales. Es decir, estos indicadores están orientados a evaluar la sostenibilidad de los modelos territoriales, a diferencia de la naturaleza espacial de muchos de los indicadores de sostenibilidad usados actualmente.

El desafío consistía en descomponer el concepto de sostenibilidad en un conjunto de características que pudieran ser medidas territorialmente y diseñar indicadores sencillos, operativos y realistas.

El caso de Alcalá de Henares resulta interesante, debido a que en los últimos años está pasando de ser un modelo urbano tradicional, a un modelo espacialmente más fragmentado y

de mayor complejidad. Se trata de dos modelos urbanos que han sucedido en el tiempo y ahora coexisten.

Debe diseñarse un sistema de indicadores compuesto por un conjunto de componentes que consideren las características de un modelo de movilidad sostenible. Cada uno de estos componentes se desglosa en un conjunto de variables, para las cuales posteriormente se diseñarían indicadores. Los atributos a considerar son:

- Unas pautas de movilidad caracterizadas por un número reducido de desplazamientos, y estos realizados a través de medios no motorizados.
- Un sistema de transporte que favorezca más la accesibilidad que la movilidad de la población y garantice la interconectividad y la intermodalidad tanto en escala intraurbana como interurbana.
- Un modelo urbano caracterizado por el bajo impacto ambiental y social de las infraestructuras del transporte.

Este sistema de indicadores que se muestra en las tablas 15 y 16 tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la población en sus tres vertientes más relevantes (modo, motivo y duración de los viajes) y a su vez nos permite realizar una estimación de la demanda de transporte. Además la evaluación del transporte público trata de medir dos conceptos que se consideran clave para el transporte sostenible: accesibilidad e intermodalidad. Los indicadores han sido divididos en dos sectores, indicadores relacionados con el transporte y de movilidad, son los siguientes:

Indicadores relacionados con el transporte

Número de paradas: Número de paradas de bus en cada zona de transporte.

Paradas por línea: Número de paradas de bus por cada 1.000 habitantes.

Población con acceso a autobús: Porcentaje de la población que se encuentra a menos de 200 m de cualquier parada de autobús.

Frecuencia de paso del autobús: Tiempo de espera medio de un usuario en las paradas.

Índice de rodeo de la red de autobuses: diferencia entre la distancia recorrida por los autobuses para llegar a un destino y la distancia que recorrería un automóvil.

Población con acceso a paradas interurbanas: porcentaje de la población que se encuentra a menos de 200 metros de paradas interurbanas.

Indicadores de movilidad

Viajes no motorizados: Número de desplazamientos realizados con vehículos no motorizados o a pie respecto del total de desplazamientos realizados.

Viajes no estructurantes no motorizados: número de desplazamientos con motivos de ocio realizados a pie respecto de los desplazamientos totales.

Viajes realizados en transporte público: porcentaje de desplazamientos efectuados en transporte público respecto del total de viajes.

Tiempo medio de viajes intraurbanos: Duración media de los desplazamientos intraurbanos.

Tiempo medio de los viajes interurbanos: Duración media de los desplazamientos interurbanos.

Tabla 15. Indicadores del sistema de transporte público en el informe de Alcalá de Henares. Fuente: Elaboración propia basada en el Informe sobre Implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible. (2007)

		Indicador	Unidad	Descripción	Análisis(mejor)
Transporte	Dotación /calidad	Número de paradas	Paradas	Número de paradas de bus en cada Zona de Transporte	>
		Paradas por línea a cada 100 habitantes	Paradas por 1000 hab.	Número de paradas por línea de bus a cada 1000 habitantes	>
		Población con fácil acceso al autobús	%	Porcentaje de población dentro de cada ZT que se encuentra a menos de 200 metros (a través de la red) de cualquier parada de autobús.	<
	Estructura de la red /Accesibilidad	Frecuencia de paso de autobuses urbanos	min	Tiempos de espera medios en las paradas de una ZT (suma de intervalos de espera de cada línea que allí se detiene/nº de líneas)	<
		Población con acceso a paradas múltiples	%	Porcentaje de población dentro de cada ZT que se encuentra a menos de 200 metros (a través de la red) de cualquier parada múltiple	>
		Índice de rodeo de la red autobuses	metros	Diferencia entre la distancia recorrida por los autobuses para llegar desde cada una a todas las demás ZT y la distancia que recorrería un automóvil privado en esos desplazamientos	<
		Grado de conectividad de la zona de la Plaza de Cervantes	Número de transbordo	Distancia topológica (nº de transbordos) a través de la red de autobuses entre el centro de gravedad de ZT y la Plaza de Cervantes	<
		Grado de conectividad de la zona al Hospital	Número de transbordo	Distancia topológica (nº de transbordos) a través de la red de autobuses entre el centro de gravedad de ZT y el Hospital Universitario	<
		Intermodalidad	Población a menos de 500 m de parada interurbana	%	Porcentaje de población dentro de cada ZT que se encuentra a menos de 500 metros (a través de la red) de paradas interurbanas
	Población con acceso a conexión a paradas interurbanas		%	Porcentaje de población dentro de cada ZT que se encuentra a menos de 200 metros (a través de la red) de una parada con conexión directa a paradas interurbanas	>

Tabla 16. Indicadores de movilidad en el informe de Alcalá de Henares. Fuente: Elaboración propia basada en el Informe sobre Implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible. (2007)

		Indicador	Unidad	Descripción	Análisis(mejor)
Indicadores de movilidad	Modo / Motivo	Viajes no motorizados	%	Número de desplazamientos en modo a pie respecto al total de desplazamientos intraurbanos generados	>
		Viajes no estructurantes no motorizados	%	Número de desplazamientos con motivo distinto a trabajo y estudio, en modo a pie, respecto al total generado	>
		Viajes transporte público	%	Número de desplazamientos en transporte público respecto al total generado	>
	Tipo de viaje	Viajes Transporte público intraurbanos	%	Número de desplazamientos en transporte público intraurbanos respecto al total generado	>
		Viajes estructurantes en transporte público	%	Número de desplazamientos con motivo trabajo y estudio realizado en Transporte Público respecto al total generado	>
		Tiempo medio viajes intraurbanos	Mín	Duración media de los desplazamientos intraurbanos	<
		Tiempo medio viajes interurbanos	Mín	Duración media de los desplazamientos interurbanos	<

Indicadores de movilidad sostenible en Tenerife

Los indicadores que se proponen en Tenerife para dirigir la movilidad hacia la sostenibilidad son los siguientes:

Indicadores ambientales

La contaminación producida por los vehículos, fundamentalmente por el uso del transporte privado, tiene una notable importancia. Los indicadores a estudiar son:

- Niveles de ruido en la ciudad.
- Concentración de contaminantes atmosféricos (óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, partículas en suspensión, ozono, etc).
- Consumo energético de la ciudad, prestando especial atención a los gastos energéticos del transporte.

Indicadores de accesibilidad

Otro de los problemas que puede surgir en una ciudad son las congestiones producidas en hora punta. Este problema no se radicará realizando mejores y mayores infraestructuras, porque como ya hemos visto, un incremento de estas fomentará el uso del vehículo privado volviéndose a convertir en insostenible. Es por ello, que las administraciones deben fomentar la utilización de medios de transporte alternativos, potenciando el transporte público. Los indicadores de accesibilidad a estudiar son:

- Inversión (€) en transporte público por habitante y año relacionado con la inversión que se realiza en el transporte privado.
- Kilómetros realizados por persona en vehículo privado, en viajes diarios.
- Tiempo estimado de entrada y salida de las ciudades en diferentes horarios.
- Tiempo necesario para recorrer una ciudad de punta a punta con diferentes medios de transporte y diferentes horarios.
- Número de vehículos que acceden diariamente a la ciudad, y los puntos conflictivos que se originan.

Indicadores de proximidad

El desarrollo sostenible urbano tiene que seguir el principio de equidad de manera que todos los ciudadanos puedan acceder de manera igualitaria a los diferentes servicios de transporte. Los indicadores a estudiar son:

- Porcentaje de personas con acceso a servicios básicos en las inmediaciones de su residencia.
- Áreas sin dotación de servicios.

Indicadores de habitabilidad

Las ciudades deben ser lugares donde destaque la calidad de vida de la población, es decir, lugares donde se disfrute de actividades de aire libre y se reduzca el tránsito de vehículos. El concepto de movilidad sostenible lleva incluido una serie de consideraciones destinadas a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Los indicadores a estudiar son:

- Relación entre la superficie de áreas peatonales, áreas verdes, parques, etc. y la superficie destinada a los vehículos motorizados.
- Determinación de la distribución equitativa entre los servicios existentes y el acceso de todos los habitantes a ellos.
- Número de accidentes, víctimas, etc.
- Cumplimiento de los plazos de ejecución de las obras en materia de infraestructuras.

Indicadores de participación ciudadana

El modelo de ciudad que propone esta administración local debe contar con la participación de los ciudadanos. Los vecinos son una parte fundamental para resolver los problemas de movilidad en el municipio, puesto que son ellos los que sufren los problemas de movilidad. Las administraciones deben concienciar a los vecinos de la necesidad de resolver estos problemas de movilidad y propiciar su participación. Los indicadores a estudiar son:

- Colectivos con interés de implicarse en la resolución de problemas derivados de la movilidad.
- Medios puestos a disposición de los colectivos, para la resolución de problemas de movilidad.
- Número de colectivos que se van incorporando al proyecto de mejora de la movilidad.

- Volumen de información generada y difundida en busca de la mejora de la movilidad sostenible.

4.20. Síntesis de los indicadores de movilidad urbana sostenible

Sabemos que el reparto modal del transporte y su configuración urbana no bastan para cuantificar la sostenibilidad del transporte en una ciudad. Se necesitan instrumentos que evalúen, controlen e informen sobre las actuaciones que se están llevando a cabo y su repercusión a lo largo del tiempo en la ciudad, por eso, buscando una medida estandarizada que permita evaluar y comparar acciones, surgen los indicadores de movilidad urbana sostenible.

En este trabajo se ha realizado una amplia revisión bibliográfica, este análisis muestra diversas propuestas de indicadores de movilidad sostenible utilizados en diferentes partes del mundo, en la siguiente tabla se muestra la recopilación de todos los documentos, en ella se especifica el objetivo del documento y número de indicadores de movilidad urbana sostenible. Queremos destacar que aunque algunos documentos abarcan la sostenibilidad urbana el objetivo de este estudio son los indicadores de movilidad urbana sostenible, por tanto nos centraremos en estos.

Tabla 17. Resumen de la bibliografía. Fuente: Elaboración propia

NOMBRE DEL DOCUMENTO Y AUTOR	OBJETIVO DEL DOCUMENTO	Nº INDICADORES DE MOVILIDAD URBANA
Indicadores de movilidad sostenible en Tenerife (Darías)	El autor elabora una lista de indicadores para guiar hacia la movilidad sostenible en Tenerife	18
Indicadores del informe de Alcalá de Henares (Díaz et al, 2007)	En este documento se realiza una propuesta de indicadores de sostenibilidad cuyo objetivo consiste en la elaboración de un sistema de indicadores territoriales. Estos indicadores están orientados a evaluar la sostenibilidad de los modelos territoriales, a diferencia de la naturaleza espacial de muchos de los indicadores de sostenibilidad usados actualmente.	11
Sistema Municipal de indicadores de sostenibilidad (Agencia de ecología urbana de Barcelona, 2010)	La Agencia de Ecología Urbana de Barcelona en la IV Reunión del Grupo de trabajo de Indicadores de Sostenibilidad de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible propone una lista de indicadores.	4
Implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (Federación Española de Municipios y Provincias)	En este documento se desarrolla una herramienta denominada Plan de Evaluación y Seguimiento con el fin de evaluar, controlar e informar de las mejoras de movilidad sostenible producidas en los municipios una vez realizados los PMUS.	23
Sistema de indicadores para ciudades grandes y medianas (Agencia de ecología urbana de Barcelona, 2010)	Este texto evalúa la sostenibilidad de las ciudades definiendo un sistema de indicadores, el cual está subdividido en siete grupos; (1) Ocupación del suelo, (2) Espacio público y habitabilidad, (3) Movilidad y Servicios, (4) Complejidad urbana, (5) Espacios verdes y biodiversidad, (6) Metabolismo urbano y (7) Cohesión.	13
El proyecto de movilidad sostenible. Movilidad 2030: respuesta a los retos de sostenibilidad (Consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible, 2004)	El proyecto de movilidad indica la necesidad de unos indicadores que reflejen la sostenibilidad de los diversos elementos de movilidad.	12
Guía y metodología para indicadores	A través de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) se establece una guía para	3

del desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2007)	proponer los indicadores de desarrollo sostenible.	
Instrucciones para los indicadores urbanos (Programa de ciudades de las Naciones Unidas, 2004)	La lista de indicadores de sostenibilidad del programa Habitat consta de 20 indicadores clave. Únicamente en el apartado de gestión ambiental proponen dos indicadores de movilidad urbana sostenible.	2
Indicadores de movilidad en Bangalore 2010-2011 (Dirección de Transporte urbano, 2008)	En este informe desarrollan un conjunto de indicadores de movilidad urbana sostenible para la zona de Bangalore.	44
Indicadores de movilidad urbana sostenible de Voula Megan and Jorn Perderson (Megan et al, 1998)	Los autores elaboran un documento para la Fundación Europea para mejorar las condiciones de vida y de trabajo, para ello proponen una lista de indicadores de movilidad urbana sostenible.	5
Informe del Programa de indicadores de ciudad global (Banco Mundial, 2008)	En este documento el Banco mundial plantean 53 indicadores de sostenibilidad, divididos en 27 indicadores básicos para poder ser utilizados en todas las ciudades y 26 indicadores de “apoyo” los cuales no son estrictamente necesarios.	10
Selección de indicadores para el seguimiento de las políticas de movilidad urbana sostenible (Mameli et al., 2009)	Mameli et al, en su artículo realizan una revisión de los indicadores actuales para medir las políticas urbanas de movilidad y proponen un número pequeño de indicadores que podrían ser utilizados para medir la sostenibilidad de las políticas del transporte urbano.	14
Método de cálculo para indicadores de movilidad urbana sostenible (Consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible, 2015)	Proyecto de Movilidad Sostenible 2.0, tiene como objetivo desarrollar un amplio conjunto de indicadores de movilidad urbana sostenible para las ciudades. Pretenden establecer metodologías que permitan a las ciudades realizar una evaluación estándar de su sistema de movilidad y medir las mejoras resultantes de la aplicación de nuevas prácticas o políticas de movilidad.	22
Evaluación de la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Thessaloniki (Perra et al 2017)	La finalidad de este texto es evaluar las actuales condiciones de la movilidad sostenible en una ciudad Griega y proponer medidas hacia esta.	32

Indicadores de movilidad urbana sostenible: política vs practica en las ciudades griegas (Tafidis et al 2017)	En este documento se desarrolla una herramienta para la elaboración de una lista de indicadores para las ciudades griegas.	80
Índices de movilidad urbana: Una breve reseña de la literatura (Costa et al 2017)	Este trabajo pretende presentar un resumen de la literatura existente sobre movilidad urbana y la aplicación del Índice de movilidad urbana sostenible (IMUS) en un lugar concreto.	22
Indicadores de movilidad sostenible en ciudades Indias: metodología de selección y aplicación (Jain et al , 2017)	El objetivo de este documento es seleccionar un conjunto de indicadores para medir diversos aspectos relacionados con el transporte urbano.	33
Revisión y análisis de la movilidad urbana en México (Leo et al., 2017)	Este documento realiza una revisión y análisis de las estrategias de movilidad urbana en México, la finalidad es identificar las variables que afectan de manera positiva y negativa al desarrollo, proponiendo mejoras que contribuyan a la resolución de los problemas de movilidad de las principales ciudades.	0
Examen de la percepción pública de los indicadores de transporte urbano sostenible en la ciudad de Dhaka (Munira et al 2017)	En este documento se establece un análisis de cómo las personas perciben las acciones del transporte sostenible en Dhaka	14
Metodología para evaluar la sostenibilidad en los proyectos de movilidad urbana. (Cavalcanti et al 2017)	Este artículo tiene como objetivo desarrollar un método para evaluar la sostenibilidad de los proyectos.	17
Objetivo del desarrollo urbano sostenible: indicadores, complejidad y políticas para medir ciudades (Klopp et al, 2017)	En este documento se muestra una visión general del objetivo de desarrollo urbano sostenible y se ponen de manifiesto las dificultades que se encuentran a la hora de utilizar esto como una herramienta para mejorar las ciudades.	12
Análisis comparativo de la movilidad urbana sostenible: El caso de Curitiba (Miranda et al 2012)	El objetivo de este trabajo es poner a prueba el rendimiento del índice de movilidad urbana sostenible (I_SUM) en una ciudad conocida mundialmente por la calidad del transporte Curitiba (Brasil)	87
Desarrollo de un conjunto de	La finalidad de este proyecto era ayudar a las autoridades locales a establecer un	0

herramientas para las decisiones del transporte urbano sostenible en el Reino Unido (May et al 2008)	conjunto de indicadores que englobaran los objetivos de las partes interesadas, pudieran medirse y sirvieran para evaluar. Así desarrollan un conjunto de herramientas para ayudar en las decisiones del transporte urbano.	
Cómo pueden los responsables políticos cumplir con los objetivos de sostenibilidad. (Anderson et al 2005)	Este documento trata de explicar cómo mejorar la sostenibilidad del transporte de mercancías. Está basado en un proyecto realizado en Reino Unido, en el cual se analizan las operaciones del transporte de mercancías en diferentes zonas.	0
Transporte, diseño urbano y actividad física: una actualización basada en la evidencia (Badland et al 2005)	Este artículo trata de destacar cómo influye el diseño urbano en la salud de los habitantes, ya que el desarrollo de la ciudad además de tener efectos negativos en el medio ambiente puede contribuir a afecciones en la salud de la población. Además, se proponen algunas recomendaciones para resolver este problema.	0
Metodología para seleccionar un conjunto de indicadores de sostenibilidad urbana para medir el estado de la ciudad, y la evaluación de la actuación (Munier et al 2011)	Este texto propone una metodología para establecer un conjunto de indicadores básicos que engloben la mayor área posible y al mismo tiempo proporcionen la máxima cantidad de información del conjunto de datos.	0
Revisión de los índices de sostenibilidad. Creación de un nuevo índice de ciudad sostenible (CSI) (Mori et al 2012)	En este documento se discuten los requisitos conceptuales para la creación de un índice de ciudad sostenible.	0
Análisis de la sostenibilidad urbana basada en indicadores (Hiremath et al 2013)	Los autores de este artículo realizan un análisis de la situación actual de indicadores, demostrando el papel fundamental que desempeñan para la sostenibilidad de las ciudades.	31
Aplicación de indicadores de sostenibilidad urbana. Una comparación entre diversas prácticas (Shen et al 2011)	En este documento se elabora una Lista Internacional de Indicadores de Sostenibilidad Urbana (IUSIL), con la cual se examinan y comparan 9 planes de desarrollo sostenible realizados en diferentes ciudades del mundo.	16
Medición de la sostenibilidad en las ciudades. El uso de indicadores locales.(Tanguay et al 2010)	Los autores de este texto tratan de encontrar un método de selección de indicadores que abarque el mayor número posible de componentes de desarrollo sostenible con el menor número de indicadores. Para ello, analizan el uso de indicadores de desarrollo sostenible en 17 casos de países occidentales.	1



Directrices cuantitativas para la sostenibilidad urbana. (Wash et al 2006)	En este documento son revisados los actuales niveles de los usos de recursos en las ciudades de los países desarrollados y en desarrollo, estableciéndose los niveles adecuados para las poblaciones del futuro.	0
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Como ya hemos mencionado, en este trabajo se pretende realizar un análisis de los indicadores de movilidad urbana, pues como hemos podido comprobar la movilidad es una parte muy importante e indispensable de la ciudad. Se han revisado 31 artículos, con diferentes finalidades, de los cuales podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. La función de los indicadores es proporcionar información sobre el desarrollo sostenible de manera concreta y cuantitativa. Los indicadores disponibles para evaluar la sostenibilidad urbana son numerosos, de hecho Zavadskas et al. 2007 estima que su número es infinito, ya que cada país establece su propia lista según las características de sus ciudades.
2. La finalidad común de todos los artículos es realizar un análisis de los indicadores actuales existentes, normalmente se suele proponer una lista de indicadores, utilizando cada uno de ellos una metodología y resultando una lista final de indicadores diferente.
3. El transporte de mercancías es poco mencionado en los artículos, sólo uno de ellos está dedicado a estudiar esto. Puede resultar sorprendente ya que como hemos podido comprobar el transporte de mercancías está considerado como uno de los medios de transporte que más contamina, y a su vez es muy importante para la economía de cualquier país, por lo es un factor que influye directamente en la sostenibilidad. En muchas ocasiones está olvidada, pero se pueden realizar acciones dando un gran avance hacia una mayor sostenibilidad.
4. Los artículos de “Directrices cuantitativas para la sostenibilidad y transporte urbano y actividad física”. Resultan interesantes porque pueden ser una buena base para establecer el valor que deben alcanzar los indicadores, ya que en el documento se realiza una cuantificación de los niveles adecuados de sostenibilidad, en el que la energía del transporte debe ser reducida considerablemente al igual que los modos de transporte.
5. Algunos de los documentos hablan de manera general de la sostenibilidad, o desarrollo sostenible, es decir, presentan los indicadores que evalúan la sostenibilidad de una manera más global en la ciudad. Obviando lo importante que es la propia movilidad dentro de una ciudad. Aunque estos documentos no nos han aportado información en lo que se refiere a los indicadores de movilidad urbana sostenible, nos han resultado interesantes para tomar ideas de la realización de los estudios.
6. Todos los documentos coinciden en la importancia de los indicadores de sostenibilidad para alcanzarla.
7. También queda reflejado la dificultad existente para establecer una lista única de indicadores de movilidad urbana sostenible, ya que, dependiendo de la tipología de ciudad y de los objetivos que se quieran alcanzar, se puede generar una lista de indicadores. Siendo todas las listas generadas iguales de válidas.
8. Otro de los problemas, muy destacado en los documentos, es poder obtener los datos para las distintas ciudades, ya que sin la obtención de datos no se pueden calcular los indicadores.
9. Ninguno de los numerosos estudios define con exactitud cuántos ni cuáles deben ser los indicadores que se utilicen para medir la movilidad en conjunto. Por ello se establecen unos criterios generales que permitan elegir los mejores indicadores. El número concreto de indicadores que debe tener nuestra lista no ha sido definido, aunque sí que es cierto ha sido demostrado que un número elevado de indicadores no

permite realizar una mejor evaluación, y con un número bajo podemos quedarnos escasos. Por lo tanto, después de esta revisión bibliográfica sí podemos determinar que lo primero para la elaboración de una lista óptima es establecer los indicadores que más se han repetido en todos los documentos estudiados.

10. En el documento de Mori et al 2012 destacan lo interesante que sería establecer un único indicador que englobarían muchos y permitiesen evaluar la ciudad de una sola vez.
11. Los estudios demuestran que los indicadores son elegidos después de numerosos análisis, manifestándose que existe un gran número de indicadores presente en la literatura, podría decirse que hay tantos indicadores como documentos. Esto puede ser debido a, como hemos visto, la ambigüedad de la definición de sostenibilidad.
12. De todos los documentos, hemos recopilado los indicadores de movilidad urbana, siendo un total de 528 indicadores, esta lista total de indicadores resulta imposible de aplicar en una ciudad, ya que es un trabajo costoso y se desconoce hasta qué punto son o no, todos ellos, relevantes. Por lo que resulta de interés, proponer una metodología para seleccionar los indicadores más adecuados.

5. Metodología propuesta para seleccionar los indicadores de movilidad urbana sostenible adecuados a ciudades

Por tanto, y teniendo en cuenta lo importante que es la movilidad en las ciudades, resultaría interesante crear un conjunto de indicadores global que permita evaluar y comparar todas las ciudades entre sí desde el punto de vista de la movilidad sostenible, ya que la movilidad es un componente fundamental para las ciudades, siendo necesario establecer un metodología que contribuya al alcance de esto.

Es cierto que cada ciudad tiene una casuística diferente, pero resultaría interesante realizar un conjunto de indicadores con las características generales de todas las ciudades que permitiese evaluar y comparar la sostenibilidad entre ellas, así como ayudar en la toma de decisiones sobre las actuaciones.

Basándonos en esto, en este trabajo se pretende proporcionar una lista de indicadores.

De los documentos revisados hemos podido concluir que aunque todos están de acuerdo en la importancia de indicadores, aún no existe una lista definitiva para medir la movilidad urbana en las ciudades.

Por tanto, en este apartado se pretende establecer una nueva metodología para seleccionar los indicadores. Para ello, en primer lugar se ha realizado una primera simplificación de los indicadores recopilados en la bibliografía, solo se valorarán aquellos que se hayan repetido dos o más veces. De este primer cribado, una lista 53 indicadores, esta lista se muestra en la tabla 18:

Tabla 18. Indicadores más repetidos en la bibliografía. Fuente : Elaboración propia

NÚMERO	INDICADOR
1	Emisiones de gases de efecto invernadero (CO ₂)
2	Seguridad del tráfico (muertes por transporte urbano)
3	Tiempo de viaje
4	Eficiencia energética
5	Congestión y retrasos
6	Acceso a los servicios de movilidad
7	Ruidos y molestias
8	Modos de transporte
9	Uso del espacio dedicado a la movilidad
10	Accesibilidad para los grupos con movilidad reducida
11	Asequibilidad del transporte público para el grupo más pobre
12	Índice de tránsito
13	Índice de ciclismo
14	Velocidad media de viaje en las principales viales durante las horas pico
15	Infraestructuras peatonales
16	Edad de la flota de circulación
17	Velocidad de desplazamiento media del transporte público
18	Velocidad de desplazamiento media del transporte privado
19	Frecuencia de paso de autobús
20	Densidad de carreteras
21	Transporte público vs privado
22	Número de vehículos privados
23	Comodidad y placer
24	Conectividad intermodal
25	Tasa de ocupación
26	Servicios públicos y privados accesibles por vía telefónica y ordenador
27	Cantidad/calidad de servicios de transporte público
28	Kilómetros de viaje de vehículos (vehículo*distancia por km ²)
29	Gastos de movilidad urbana anual de los hogares, las empresas y las autoridades locales
30	Número anual de viajes de transporte público por habitantes
31	Porcentaje de aceras
32	km del sistema del transporte por 100,000 habitantes
33	Porcentaje de la red viaria dedicado al transporte no motorizado (%)
34	Vigilancia del tráfico

35	Índice de seguridad vial
36	Equidad
37	Aparcamiento para el vehículo privado fuera de la calzada
38	Infraestructuras para ciclistas
39	Cobertura del transporte público
40	Colectivos con interés de implicarse en la resolución de problemas derivados de la movilidad
41	Medios puestos a disposición de los colectivos, para la resolución de problemas de movilidad
42	Inversión (€) en transporte público por habitante y año relacionado con la inversión que se realiza en el transporte privado
43	Número de colectivos que se van incorporando al proyecto de mejora de la movilidad
44	Distribución de los recursos (motorizado/no motorizado)
45	Distancia de viajes
46	Medidas para reducir el tráfico motorizado
47	Satisfacción del usuario con el servicio
48	Subvenciones públicas
49	Densidad de bicicletas
50	Disponibilidad de estacionamiento
51	Densidad de la red peatonal
52	Porcentaje de calles con medidas para calmar el tráfico
53	Fiabilidad del transporte público

Una vez descartados aquellos indicadores que solo aparecen una única vez en los documentos se establecen 6 criterios para la nueva metodología.

1. El conjunto de indicadores debe ser relevante en el contexto de la movilidad sostenible. Este criterio permitirá evaluar la conexión entre los indicadores con los temas de estudio de la movilidad: accesibilidad, transporte, etc.
2. Los indicadores deben de estar bien definidos de manera que su significado sea fácilmente interpretable, con el objeto de reflejar la evaluación de forma precisa.
3. También deben ser medibles tanto cuantitativamente como cualitativamente ya que la finalidad principal de un indicador es poder comparar entre la situación medida y la situación esperada. Por tanto, para realizar un cálculo correcto debe estar debidamente definido y documentado, pudiéndose así realizar el seguimiento y evaluación.
4. La disponibilidad de los datos también es importante, por tanto se debe valorar la accesibilidad de los datos para utilizarse como parte del estudio. Este criterio se refiere a disponibilidad de datos a través de las posibles fuentes, que deben ser válidas y completas.

5. Además, se deben de determinar aquellos indicadores que sean comparables. Es decir, aquellos que puedan ser válidos para el máximo de territorios y de esta manera poder compararlos.
6. Otra característica a evaluar es aquellos que están implícitos en otros indicadores, por ejemplo, el indicador de distribución modal, está directamente relacionado con la calidad de aire y acústica y con el tráfico, ya que una mayor cantidad de vehículo privado supondría una menor calidad de aire y acústica y un mayor tráfico.

Para cada uno de los indicadores más repetidos se evalúan estas características, se han valorado cada uno de los criterios de 0 (siendo lo mínimo) a 1 (valor máximo). Para poder valorar la facilidad de cálculo hemos definido los indicadores mediante una fórmula.

FORMULAS:

$$\text{Emisiones de gases de efecto invernadero (CO}_2\text{)} = \frac{\text{t Emisiones de CO}_2}{\text{n}^\circ \text{ de habitantes}}$$

$$\text{Seguridad del tráfico (según modo)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de accidentes(según modo)} \times 100.000}{\text{N}^\circ \text{ habitantes}}$$

$$\text{Tiempo de viaje} = \frac{\text{tiempo de desplazamiento total}}{\text{n}^\circ \text{ habitantes}}$$

$$\text{Congestión y retrasos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de vehículos}}{\text{Tiempo determinado}} \left(60 \frac{\text{min}}{\text{h}}\right)$$

$$\text{Eficiencia energética} = \text{Energía total consumida por vehiculo y 100 km}$$

$$\begin{aligned} &\text{Acceso a los servicios de movilidad} \\ &= \frac{\text{Población bajo cobertura de transporte publico colectivo}}{\text{Población total}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Ruidos y molestias} = \frac{\text{personas afectadas por los ruidos}}{\text{n}^\circ \text{ habitantes}}$$

$$\begin{aligned} &\text{Modos de transporte} \\ &= \frac{\text{n}^\circ \text{ de viajes realizados según modo(pie, bicicleta, ve}\ddot{\text{a}}\text{. privado, transporte público)}}{\text{n}^\circ \text{ total de viajes realizados en el municipio}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Uso del espacio dedicado a la movilidad} = \frac{\text{proporción de la tierra ocupada en m}^2}{\text{por modo de transporte}}$$

$$\text{Accesibilidad a personas con movilidad reducida} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de personas con movilidad reducida y que acceden al transporte público}}{\text{total de personas}}$$

$$\text{Asequibilidad para el grupo más pobre} = \frac{\text{Hogares con acceso al transporte público}}{\text{Total de hogares}} \times 100$$

$$\text{Índice de tránsito} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de usuarios que caminan}}{\text{n}^\circ \text{ de habitantes totales}}$$

$$\text{Índice de ciclismo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de usuarios de ciclistas}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes}}$$

$$\text{Velocidad media durante las horas pico} = \frac{\text{Distancia recorrida}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Infraestructuras para peatones} = \frac{\text{metros lineales de viario para peatones}}{\text{metros lineales totales}} \times 100$$

$$\text{Edad de la flota de circulación} = \frac{\text{Sumatorio de las edades de los vehículos que dan servicio de transporte público}}{\text{total de vehículos que prestan servicios}}$$

$$\text{Velocidad media del transporte público} = \frac{\text{Distancia total recorrida por el transporte público}}{\text{tiempo total empleado para el desplazamiento}}$$

$$\text{Velocidad media del vehículo privado} = \frac{\text{Distancia total recorrida por el transporte privado}}{\text{tiempo total empleado para el emplazamiento}}$$

Frecuencia de paso del autobús

= n° de autobuses que pasan en una hora ó suma de intervalos de espera cada línea que allí se detiene

$$\text{Densidad de las carreteras} = \frac{\text{Longitud de las carreteras}}{\text{Superficie}}$$

$$\text{Transporte privado vs público} = \frac{\text{Nº de personas que cogen el vehículo privado}}{\text{Nº de habitantes totales}}$$

Nº de vehículos privados

$$\text{Comodidad y placer} = \frac{\text{nº personas satisfechas al moverse por la ciudad}}{\text{nº de habitantes}}$$

Conectividad intermodal

= Desplazamientos en los que se utiliza más de un modo de transporte

$$\text{Tasa de ocupación} = \frac{\text{Ocupación de todos los vehículos}}{\text{superficie total}}$$

$$\text{Servicios de transporte por móvil} = \frac{\text{Servicios de transporte por móvil}}{\text{Servicios total de transporte}}$$

cantidad y calidad del servicio público

$$\begin{aligned} & [\text{percepción del estado de la unidad (\% estado bueno)} + \\ & \quad \text{percepción del trato al usuario (\% trato bueno)} + \\ & \quad \text{percepción sobre la actitud del conductor (\% actitud bueno)} + \\ & \quad \text{percepción de seguridad (\% si es seguro)} + \\ & \quad \text{cumplimiento del horario (\% de población que dijo que sí cumple)} \\ & = \frac{\quad}{5} \end{aligned}$$

Km de viaje de vehículos = vehículos x distancia en km²

$$\begin{aligned} & \text{gastos de movilidad anual de hogares, empresas, y autoridades locales} \\ & = \frac{\text{gasto mensual de una familia en transporte}}{\text{nivel de renta familiar disponible}} \end{aligned}$$

$$\text{Distribución modal} = \frac{\text{Nº de viajes que usan (bicicleta ... coche ... etc)}}{\text{Nº de viajes totales}} \times 100$$

$$\begin{aligned} & \text{N}^{\circ} \text{ de viajes de transporte público por habitantes} \\ & = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de viajes en transporte público}}{\text{N}^{\circ} \text{ de habitantes}} \end{aligned}$$

$$\text{Porcentaje de aceras} = \frac{\text{superficie total de espacio dedicado al peatón}}{\text{superficie total viaria}} \times 100$$

$$\text{Consumo Energía} = \frac{\text{consumo de energía}}{\text{n}^{\circ} \text{ habitantes (\% de vehiculos)}}$$

Km del sistema de transporte publico

$$\begin{aligned} & \text{Porcentaje de la red viaria dedicada al transporte no motorizado} \\ & = \frac{\text{superficie total dedicada al peatón y otros usos}}{\text{superficie total viaria}} \times 100 \end{aligned}$$

Vigilancia del tráfico

= Describe el porcentaje de paradas de autobús, estaciones de metro, estaciones de autobús que tienen para una vigilancia para su mantenimiento.

Índice de seguridad Está compuesto por los dos índices siguientes:

Índice de mortalidad = $\text{N}^{\circ} \text{ de muertes en accidentes de tráfico} \times 100.000 \text{ habitantes}$

Índice de lesiones = $\text{N}^{\circ} \text{ de accidentes con lesiones} \times 100.000 \text{ habitantes}$

Equidad

= esta relacionado con que un aumento de los servicios de transporte incluya a todas las personas sin importar su edad, salario, etc.

$$\text{Aparcamiento para veh. fuera calzada} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plazas ocupadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plazas disponibles}}$$

$$\text{Infraestructuras para ciclistas} = \frac{\text{metros lineales de viario para ciclistas}}{\text{metros lineales totales}} \times 100$$

$$\text{Cobertura transporte público} = \frac{\text{Longitud de líneas de autobus transporte público}}{\text{Superficie total}}$$

Colectivos con interés de implicarse en la resolución de problemas derivados de movilidad

Medios puestos a disposición de los colectivos para la resolución de problemas de movilidad

Inversión (€) = inversión en el transporte público relacionado con la inversión que se realiza en el transporte privado.

$$\text{Distribución de recursos} = \frac{\text{motorizados}}{\text{no motorizados}}$$

$$\text{Distancia de viajes} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

Nº de medidas para reducir el tráfico motorizado

Satisfacción del usuario con el servicio se haría a través de encuestas

Subvenciones públicas = nº de subvenciones que dan en general / subvención destinada al transporte

$$\text{Densidad de bicicletas} = \frac{\text{Longitud de la red de bicicletas}}{\text{Superficie}}$$

$$\text{Disponibilidad de aparcamiento} = \frac{\text{Plazas de aparcamiento}}{\text{Superficies total}}$$

$$\text{Densidad de red peatonal} = \frac{\text{Longitud de red peatonal}}{\text{Superficie}}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de calles con medidas para calmar el tráfico} \\ = \frac{\text{Nº de calles con medidas para calmar el tráfico}}{\text{Nº de calles totales}} \end{aligned}$$

Fiabilidad del transporte público

= Es alcanzar un destino determinado en un plazo de tiempo / cubre el grado de certeza de los tiempos de viaje

Una vez definidos los indicadores con sus fórmulas para cuantificar la facilidad de obtención de datos, se ha considerado cuantificarlo a través de un ejemplo. Después de una exhaustiva

Investigación se ha decidido realizar sobre la ciudad de Madrid. Esta ciudad ha sido seleccionada por diferentes motivos.

Aunque en un primer momento se pensaba que era una ciudad muy extensa y la obtención de datos resultaría muy laboriosa, después se ha desmentido. Se han podido encontrar la mayoría de datos a través de internet. Actualmente, Madrid es una ciudad muy concienciada con la movilidad sostenible y además dispone de muchas iniciativas. Siendo una de las ciudades de España más avanzadas en la implantación de la movilidad sostenible. La mayoría de estudios y resultados obtenidos en este ámbito son publicados, por lo que la obtención de datos para la formulación de datos ha sido más sencilla que si se tomaba de ejemplo ciudades más pequeñas como por ejemplo Murcia, que fue en un primer momento la seleccionada para el estudio y posteriormente descartada por no encontrarse apenas datos y por su estado actual en la movilidad sostenible.

De los 53 indicadores obtenidos en la primera tabla después de cuantificarlos y realizar un análisis multiscoring se han podido obtener 46 indicadores para la ciudad de Madrid.

Tabla 19. Indicadores propuestos para la ciudad de Madrid. Fuente: Elaboración propia

INDICADOR	FACILIDAD DE CALCULO	FACILIDAD OBTENCION DE DATOS	DEFINICIÓN	IMPLICITOS	COMPARABLE	DIREC. MOVILIDAD	SUMA
Emisiones de gases de efecto invernadero (CO2)	1	1	1	1	1	0,6	5,6
Seguridad del tráfico (muertes por transporte urbano)	1	1	1	1	1	0,6	5,6
Tiempo de viaje	0,8	0,4	1	1	1	1	5,2
Eficiencia energética	1	0,5	0,5	0	1	0,5	3,5
Congestión y retrasos	0,5	1	1	0	1	1	4,5
Acceso a los servicios de movilidad	1	1	1	1	0	0,8	4,8
Ruidos y molestias	1	1	1	0,5	0	0,6	4,1
Modos de transporte	1	0,8	1	1	0	0,8	4,6
Uso del espacio dedicado a la movilidad	0,5	0	1	0,5	0	0,7	2,7
Accesibilidad para los grupos con movilidad reducida	1	1	1	0	1	0,9	4,9
Asequibilidad del transporte público para el grupo más pobre	0	0	1	0	0	1	2

Índice de tránsito	1	1	1	0	1	1	5
Índice de ciclismo	1	0,5	1	0	1	1	4,5
Velocidad media de viaje en las principales viales durante las horas pico	0,5	0,5	1	0	0	1	3
Infraestructuras peatonales	0	0	0,5	0,5	0	1	2
Edad de la flota de circulación	1	1	1	0	0,5	1	4,5
Velocidad de desplazamiento media del transporte público	1	1	1	1	0,5	1	5,5
Velocidad de desplazamiento media del transporte privado	1	1	1	1	0,5	1	5,5
Frecuencia de paso de autobús	1	1	1	1	1	1	6
Densidad de carreteras	1	1	1	0	0,5	0,9	4,4
Transporte público vs privado	1	1	1	0	1	1	5
Número de vehículos privados	1	1	1	1	0,5	1	5,5
Comodidad y placer	1	0,6	1	0	1	0,2	3,8
Conectividad intermodal	1	0,7	1	0	1	0,8	4,5
Tasa de ocupación	0,4	0,6	1	0	1	0,4	3,4
Servicios públicos y privados accesibles por vía telefónica y ordenador	0,5	0	1	1	0	0,3	2,8
Cantidad/calidad de servicios de transporte público	1	0,5	1	0	1	1	4,5
Kilómetros de viaje de vehículos (vehículo*distancia por km2)	1	0,2	1	1	1	1	5,2
Gastos de movilidad urbana anual de los hogares, las empresas y las autoridades	0,4	0,8	1	0	0	1	3,2

locales							
Número anual de viajes de transporte público por habitantes	0,6	0,6	1	0	1	1	4,2
Conectividad aérea (destinos comerciales)	0	0	0	0	0,5	0,7	1,2
Porcentaje de aceras	1	1	1	1	1	0,9	5,9
km del sistema del transporte por 100,000 habitantes	1	0	1	0	1	1	4
Porcentaje de la red viaria dedicado al transporte no motorizado (%)	0,5	0,5	1	1	0	0,8	3,8
Vigilancia del tráfico	0	0	1	1	0	0,7	2,7
Índice de seguridad vial	0,7	0,7	1	1	0	0,6	4
Equidad	0	0,5	0	1	1	1	3,5
Aparcamiento para el vehículo privado fuera de la calzada	1	1	1	0	0	1	4
Infraestructuras para ciclistas	0,5	0,3	1	1	1	1	4,8
Cobertura del transporte público	0,5	0,3	1	1	1	1	4,8
Colectivos con interés de implicarse en la resolución de problemas derivados de la movilidad	1	0	0,5	0	0,5	0,25	2,25
Medios puestos a disposición de los colectivos, para la resolución de problemas de movilidad	1	0	0,5	0	0,5	0,25	2,25
Inversión (€) en transporte público por habitante y año relacionado con la inversión	0,5	0,5	0,5	1	1	0,6	4,1

que se realiza en el transporte privado							
Número de colectivos que se van incorporando al proyecto de mejora de la movilidad	0,5	0,5	0,5	0	1	0,6	3,1
Distribución de los recursos (motorizado/no motorizado)	0,75	0,5	1	1	1	1	5,25
Distancia de viajes	0,75	0,5	1	1	0	1	4,25
Medidas para reducir el tráfico motorizado	0,75	0,5	0,5	0	1	1	3,75
Satisfacción del usuario con el servicio	0,75	0,5	0	1	1	0,7	3,95
Subvenciones públicas	0,75	0,5	1	0	1	0,4	3,65
Densidad de bicicletas	0,75	0,5	1	0	1	1	4,25
Disponibilidad de estacionamiento	0,75	0,5	1	0	1	0,8	4,05
Densidad de la red peatonal	0,75	0,5	1	0	1	0,7	3,95
Porcentaje de calles con medidas para calmar el tráfico	0,75	0,5	1	0	1	0,7	3,95
Fiabilidad del transporte público	0,75	0,5	0,5	1	0	0,6	3,35

Los indicadores que no se han podido cuantificar son los que se ha obtenido una puntuación inferior a 3 y los motivos han sido los siguientes:

- Uso del espacio dedicado a la movilidad: no se han encontrado datos para su formulación o del propio indicador.
- Asequibilidad para el grupo más pobre: no se han encontrado datos, además este indicador puede estar directamente relacionado con la equidad. Y pensamos que queda verificado ahí.
- Medios puestos a disposición de los colectivos para la resolución de problemas. Este indicador no parece interesante a nivel de información, pero tampoco consideramos que sea decisivo a la hora de determinar si una ciudad es sostenible o no. Además,

resulta difícil de ser cuantificable, aunque si se ha encontrado que por ejemplo la ciudad de Madrid dispone de una Ordenanza de movilidad sostenible.

- Colectivos con interés de implicarse en la resolución de problemas derivados de la movilidad. No ha sido posible encontrar datos al respecto.
- Vigilancia del tráfico. No se ha podido definir con exactitud una fórmula y tampoco se han encontrado datos.
- Infraestructuras para peatones. A la hora de calcular este indicador no encontrábamos datos a otras alternativas a las aceras, si no que solo existen datos de metros lineales de acera que ya quedan comprobados en otros indicadores.
- Servicios de transporte por móvil. No se han encontrado datos específicos. Si de que existen aplicaciones para el móvil pero no para cuantificar y calcular un indicador.

En la tabla 20 se muestran los indicadores que han sido calculados y los valores que se han obtenido.

Tabla 20. Resultados obtenidos para la ciudad de Madrid. Fuente: Elaboración propia

INDICADOR	RESULTADO
Emisión de gases de efecto invernadero (CO₂)	0.96 (tn/habitantes)
Seguridad del tráfico (según modo)	36 % peatones 4% bicicletas 38% ciclomotor 22% resto de vehículos
Tiempo de viaje	28,6 min
Congestión y retrasos	33.333,33
Eficiencia energética	Metro y tranvía 1.7l Autobús 2.7 l Tren de cercanías 2,3l Automóvil 6l
Acceso a los servicios de movilidad	97 % Parada de autobús 54% Estaciones de metro
Ruidos y molestias	14,9 %
Modos de transporte	2.042.700 viajes 1.200.000 (60%) en transporte público 550.000 (27%) andando 230.000 (11%) en coche 62.700 (3%) en otros modos
Accesibilidad a personas con movilidad reducida	Autobús 100% Metro 38%
Índice de tránsito	31%
Índice de ciclismo	6%
Velocidad media durante las horas pico	Velocidad media del metro 30km/h Velocidad del metro en hora punta: la más lenta 11,8 km/h Velocidad media para coche: 25 km/h Velocidad media de un autobús: 13,5 km/h

Edad de la flota de circulación	Autobús 8,8 años Autobús de rutas exteriores 4,4 años Trenes 15 años
Velocidad media del transporte público	Periferia: 19,5 km/h Interior M-30- Interior M-30 : 21.5 Interior M-30- Exterior de Madrid : 33.7 Periferia- Exterior de Madrid : 30 Velocidad transporte público urbano = 13,57
Velocidad media del transporte privado	28 km/h
Frecuencia de paso del autobús	4 min y 15 min
Densidad de las carreteras	4,28
Transporte privado vs publico	1.453.500/1.292.000
Nº de vehículos privados	1.536.000
Comodidad y placer	72%
Conectividad intermodal	14%
Tasa de ocupación	1,35 personas/veh
Cantidad y calidad del servicio público	97,75%
Km de viaje de vehículos	12.655 km
Gastos de movilidad anual de hogares, empresas	3653,99 €
Distribución modal	A pie 12% Transporte público 40 % Coche 45% Otros 3%
Nº de viajes de transporte público por habitantes	465
Porcentaje de aceras	50,90 %
Km del sistema del transporte publico	3562
Porcentaje de la red viaria dedicada al transporte no motorizado	50,90 %
Índice de seguridad	
Índice de mortalidad	457
Índice de heridos leves	56.588
Índice de heridos graves	4522
Equidad	El transporte de Madrid tiene en cuenta todos los tipos de rentas
Aparcamiento veh fuera de la calzada	Exterior M-30 54.6 % Interior M-30 67.8 % Media 59%
Infraestructuras para ciclistas	0.0002
Cobertura para el transporte público	43,53
Inversión (€) en transporte público relacionado con la inversión que se realiza en el transporte privado	Transporte público 38,8 € mes Transporte privado: 90,2 € mes
Distancia de viajes	Autobús 4km Tranvías 3,6 km Bus metropolitano 17 km Cercanías RENFE 20 km
Nº de medidas para reducir el tráfico motorizado	30
Satisfacción del usuario con el servicio de transporte	63,8 %
Subvención pública destinada al transporte publico	Subvención sobre costes de operación Bus urbano capital 37% Otros buses urbanos 59% Metro 54%

Densidad de bicicletas	Metro ligero 88 %
Disponibilidad de aparcamiento	Cercanías RENFE 0%
Densidad de la red peatonal	0.25
Distribución de los recursos (motorizado/no motorizado)	265
Porcentaje de calles con medidas para calmar el tráfico	0.0022
Fiabilidad del transporte público	85%/15%=5
	85% 9.139 viales
	92,9

Una vez obtenida la lista de indicadores podemos determinar las siguientes cosas:

- Para que la lista de indicadores sea representativa es necesario que se considere un intervalo de tiempo. En la búsqueda muchas veces hemos encontrado datos de 2011 como de 2017, por lo que se considera necesario que la variación de tiempo sea lo más próxima a la fecha a la realización de los datos.
- No existe una base de datos única donde se puedan obtener todos los datos.
- Los datos que se pueden obtener son basados en el PMUS que ha elaborado el ayuntamiento. Es decir, cada ciudad elabora un PMUS según las necesidades o el punto en el que se encuentre su movilidad urbana sostenible. Por lo que es difícil, calcular la movilidad urbana sostenible a partir de una única lista y posteriormente poder comparar luego los mismos indicadores para todos.
- Podría ser interesante de cara a continuar con la investigación, estudiar cómo sería posible configurar una lista total, por ejemplo se podría ponderar según los datos encontrados, según si se han conseguido objetivos, es decir, si se ha mejorado el valor del indicador comparado con años atrás, o ponderar según su importancia, por ejemplo, si se ha repetido 6 veces ese indicador tendrá más peso que otros que se hayan repetido menos veces.
- La tabla desarrollada de todos los indicadores apenas considera el transporte de mercancías, como hemos determinado en apartados anteriores el transporte de mercancías contribuye de manera importante en la movilidad sostenible. Si que se hacen mejoras para esto pero no se mide por lo que ha resultado imposible incluir algún indicador sobre esto.
- También, es importante tener una revisión periódica de la lista de indicadores. La movilidad sostenible en la actualidad está tomando mucha importancia y se están realizando muchas acciones para mejorarla por lo que es posible que en unos años se haya alcanzado los valores de indicadores tope y se necesite evaluar otras condiciones. Por lo que es interesante que lista se vaya adaptando a las necesidades.
- Se plantea de cara a futuras investigaciones, que de la lista generada se cuantifique un indicador global, para ello nosotros hemos realizado un ejemplo. Se pueden realizar dos líneas.
 - o **Primera opción.** Basarnos en la lista de indicadores, y a partir de esta fijar unas condiciones de los indicadores. Al final necesitamos indicar un valor óptimo de indicador o establecer si ese indicador debe aumentar su valor o disminuir según la característica que se estudie. Con este método se podría estudiar, un periodo establecido. Por ejemplo 2 años, ya que en un año es difícil que si se ha implantado una medida para mejorar un indicador se vean resultados.

Este método resulta sencillo ya que suele ser bastante sencillo determinar según lo que mide el indicador si ese valor debe aumentar o disminuir para que la sostenibilidad mejore en una ciudad. Pero es cierto, que no obtienes una visión general de todos los indicadores. Se podría establecer que por ejemplo, de los 53 indicadores resultantes las ciudades puedan cuantificar un 75 % de ellos, es decir, 40 indicadores o más. En nuestro caso, Madrid cumple con este requisito y además cuando se realice la comparación entre diferentes años pues también debe de encontrarse una mejora en al menos el 50 % de los indicadores. Esto también es algo relativo, que por lo menos a nivel nacional sí que debería de cuantificarse para poder cuantificar una ciudad sostenible.

- **Segunda opción.** Es generalizar todos los indicadores obtenidos en uno solo, proponer un valor de ciudad sostenible y a partir de este realizar este indicador. Nosotros proponemos la siguientes metodología:

Ponderar los indicadores según su repetibilidad, de manera que un indicador que haya aparecido más veces en la bibliografía tenga un mayor peso que cualquier otro, seguidamente también tendrán más importancia aquellos que haya sido más fácil de obtener, es decir, aquellos que se encuentren por encima de cuatro y posteriormente el indicador entre los años que se evalúen tienen que haber mejorado siempre para poder tenerlos en cuenta.

6. Conclusiones

Para concluir, y como sabemos, el medio ambiente no es una fuente ilimitada de recursos y debemos protegerlo. Por esto, su conservación debe comenzar en las ciudades, principales zonas de desarrollo. Es conveniente que las nuevas políticas centren sus acciones en las necesidades de la sociedad, mejorando y desarrollando nuevas tecnologías para lograr una vida más sencilla, pero teniendo en cuenta los impactos negativos de estas acciones sobre el medio ambiente, es decir, aplicando la definición de sostenibilidad.

La función que realizan los indicadores es de vital importancia a la hora de evaluar y entender los progresos realizados en el campo de la movilidad urbana de una ciudad. Sin embargo, tal y como hemos comprobado existe un gran número de indicadores de movilidad para las diferentes ciudades, que varían según necesidades y objetivos.

La selección inadecuada de indicadores, la falta de acuerdo entre los indicadores y la inexistencia de métodos para la selección puede ser una de las causas. Aunque existe una literatura abundante, normalmente las experiencias adquiridas en los planes de sostenibilidad no son compartidas y utilizadas para mejorar los nuevos planes. Todo esto parece indicar la falta de una base comparativa.

Además, de fomentar el uso de indicadores debe tenerse en cuenta que el problema de la movilidad es complejo y su resolución no es sencilla. Son muchos los factores que influyen en esta problemática: una mayor o menor sensibilidad de las administraciones hacia este tipo de problemas, falta de educación ambiental de la ciudadanía, necesidad de concienciar al usuario de los efectos negativos del transporte privado para intentar reducir su uso indiscriminado, escasez de funcionalidad de los servicios de transporte público, etc.

Por tanto, sería interesante disponer de un conjunto de indicadores de movilidad urbana sostenible estandarizado que permita la comparación entre diferentes ciudades. De esta manera se puede tener una referencia a nivel mundial, y además, ayudar a los encargados de la planificación a tener una línea de actuación clara.

En este trabajo se ha propuesto una lista de 53 indicadores recopilados de una amplia bibliografía. Además, se han cuantificado los diferentes indicadores según su facilidad de definición, si estaban directamente relacionados con la sostenibilidad, si estaban implícitos, y su facilidad para obtener la fórmula y la obtención de datos para el cálculo de la fórmula. Para ello, se cogió de ejemplo la ciudad de Madrid. De los 53 indicadores propuestos se han podido calcular 46 indicadores, obteniéndose conclusiones interesantes de cara a continuar con posteriores investigaciones.

Pese que actualmente la sociedad está bastante concienciada con la protección del medio ambiente y la implementación de políticas que lo mejoren o lo protejan, después de la realización de este trabajo se puede concluir que aún existe un arduo trabajo sobre todo para cuantificar estas acciones y verificar que si se están alcanzando estos objetivos.

7. Referencias

Abdala, IMR. Application of sustainable urban mobility index (Imus) in Goiania. 2013. Dissertation (Master) - Graduate Program in Development and Territorial Planning, Catholic University of Goiás, Goiás, 2013.

Adinyira, E., Oteng-Seifah, S., & Adjei-Kumi, T. (2007). A review of urban sustainability assessment methodologies. In M. Horner, C. Hardcastle, A. Price, & J. Bebbington (Eds.), International conference on whole life urban sustainability and its assessment. Glasgow.

Agencia de ecología urbana de Barcelona, (2010) Plan de indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-Gasteiz: <http://www.vitoria-gasteiz.org/> Último acceso: 18 enero de 2019

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, (2007) Propuestas de transformación de supermanzanas de San Martín: <http://www.vitoria-gasteiz.org/> Último acceso: 18 de enero de 2019

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, (2010). Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas. Red de redes de desarrollo local sostenible: <https://www.mapa.gob.es/es/> Último acceso: 12 de abril de 2019

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, (2010). Sistema municipal de indicadores de sostenibilidad. IV Reunión del Grupo de trabajo de Indicadores de Sostenibilidad de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible.

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, (2010). Sistema de indicadores y condiciones para ciudades grandes y mediana. Red de redes de Desarrollo Local Sostenible.

Allen R. (1980), How to save the world. New Jersey: Barnes and Noble.

Ambiente Italia Research Institute. (2003). European common indicators (ECI): Towards a local sustainability profile. Final Project Report. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

Anderson S., Allen J., Browne M., (2005). Urban logistics-How can it meet policy makers' sustainability objectives?. Journal of Transport Geography 13 (2005) 71-81.

Ash, A., (2008). Trip Chain Modelling in TRL's Strategic Transport Model. TRL, Crowthorne.

Asuncion, MA. Indicators of sustainable urban mobility for the city of Uberlândia, MG. 2012. Dissertation (Master in Civil Engineering) - Federal University of Uberlândia, School of Civil Engineering. Uberlândia - MG, 2012.

Ayuntamiento de Madrid, (2014) Plan de movilidad urbana de Madrid: <http://www.madrid.es/> Último acceso: 2 de mayo de 2019

Ayuntamiento de Murcia, (2014) Plan de movilidad urbana de Murcia: <https://www.murcia.es/> Último acceso: 28 de febrero de 2019

Badland H., Schofield G. (2005), "Transport, urban design, and physical activity: an evidence-based update", ELSEVIER, Transportation Research Part D 10: 177-196.

Urban Mass Transit Company Limited (2008). Bangalore Mobility indicators (2010-11).

Baumgärtner S, Quaas M. (2010), what is sustainability economics? Ecol Econ; 69:445-50.

Brazzini-Mourier, S., (2006). Indicateurs communaux intégrés. Rapport de synthèse. Onex, Genève: Ville d'Onex.

Bell, S., Morse, S., (2008). Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable? second ed. Earthscan, London.

Bernhardt, J. Nachhaltigkeit urbaner Recolocation Indexbildung Benchmarking- Die Städte und Kaiserslautern und im Vergleich Tübingen. Institut für Mobilität und Verkehr, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany, 2010.

Boyko CT, Gaterrell MR, Barber ARG, Brown J, Bryson JR, Butler D, (2012). Benchmarking sustainability in cities: the role of indicators and future scenarios. *J Glob Environ Chang*.

Camagni R, Capello R, Nijkamp P., (1998) "Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus. *Ecol Econ*; 24:103-18.

Camagni, MC.; Gibelli, PR.(2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. Germany, 2002.

Campbell, S., (1996). "Green cities, growing cities, just cities? Urban planning and the contradictions of sustainable development". *Journal of the American Planning Association* 62.

Castillo, H., Pitfield, D.E., 2010. ELASTIC - A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(4), 179-188.

Cavalcanti C., Limont M., Dziedzic M., Fernandes V., (2017). Sustainability assessment methodology of urban mobility projects. *Land Use Policy* 60 (2017) 334-342.

Centro de Investigación del transporte. ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

Ching HLP, (2005) A report on planning for urban sustainability: promoting integrated transit-oriented development the Centre of Urban Planning Environment Management. The University of Hong Kong.

Choon, S.W., Siwar, C., Pereira, J.J., Jemain, A.A., Hashim, H.S., Hadi, A.S., 2011. A sustainable city index for Malaysia. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 18(1), 28-35.

Costa, MS A sustainable urban mobility index. 2008. Thesis (Doctorate in Transport Engineering) - Graduate Program in Transportation Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2008.

Costa P. B., Morais Neto G. C. , Bertolde A. I. (2017). Urban Mobility Indexes: A Brief review of the literatura. *Transportation Research Procedia* 25(2017) 3645-3655.

D'Amico, P.; DI MARTINO, F.; SESSA, SF. Buildings Indicators for Sustainable Mobility: the District of Naples, Trimestrale Laboratorio del Territorio mobilità and Environment - Dipartimento di Scienza del Territorio Pianificazione and Università Federico of Naples II, 2011.

Daily, G. C. (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC: Island Press.

Darías R. Propuesta para tender hacia una movilidad sostenible.

De Bourdeaudhuij, I., Sallis, J.F., Saelens, B.E., (2003). Environmental correlates of physical activity in a sample of Belgian adults. *American Journal of Health Promotion* 18, 83–92.

Definición de indicador. <http://www.definicion.org/indicador> Último acceso: 24 de septiembre de 2018

DETR, 2000. Guidance on Full Local Transport Plans. Department of the Environment, Transport and the Regions, London.

Dietz S, Neumayer E (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. *Ecol Econ* 2007; 61:617–26.

Dobranskyte-Niskota, A., Perujo, A., Pregl, M., 2007. Indicators to assess sustainability of transport activities Part 1: Review of the Existing Transport Sustainability Indicators Initiatives and Development of an Indicator Set to Assess Transport Sustainability Performance. European Commission, Joint Research Centre.

Esty DC, Levy M, Srebotnjak T, et al. 2005 Environmental sustainability index: benchmarking national environmental stewardship. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy; 2005.

European Commission. (2006). Targeted summary of the European sustainable cities report for local authorities. European Commission.

European Conference of Ministers of Transport (2006). Sustainable Urban Travel: Implementing Sustainable Urban Travel Policies: Applying the 2001 Key Messages. ECMT, Paris.

E. Walsh, O. Babakina, A. Pennock et al. (2006). “Quantitative guidelines for urban sustainability”, ELSEVIER, *Technology in society* 28: 45-61.

Fedra k., (2004). Sustainable urban transportation: a model-based approach.

Federación Española de Municipios y Provincias, (2005). Código de Buenas Prácticas Ambientales

Felix, ROM. et al. Determining a sustainable urban mobility index for the city of Itajubá, MG. Proceedings of the XXVI Congress of Research and Training in Transportation, ANPET, Joinville, SC. Published on CD-ROM, 2012.

Frei, F. Sampling mobility index: case study in Assis-Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2009.

Gonzalez M, (2007). Los problemas del coche en la ciudad .*Ecologistas en acción*

Griffith University, 2010. Reading 1. Two Major Models of Human- Natural Environment Links, Australia.

Gudmundsson, H., Sørensen, C.H., 2012. Some use – little influence? On the roles of indicators in European sustainable transport policy. *Ecol. Indic.* 35, 43–51.

Hiremath RB., Balachandra, P., Kumar, B., Bansode, SS., Murali, J (2013), “ Indicator-base urban sustainability- A review”, ELSEVIER, *Energy for Sustainable Development* 17; 555-563.

Hoang VN, Rao DSP. Measuring and decomposing sustainable efficiency in agricultural production: a cumulative exergy balance approach. *Ecol Econ* 2010; 69:1765–76.

Hoekstra AY, Chapagain AK. The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecol Econ* 2007; 64:143–51.

Huang, A.-I., Wong, J.-H., Chen, Z.-C., 1998. A framework of indicator system for measuring Taipei's urban sustainability. *Landscaper and Urban Planning* 42(1), 15-27, 24 July 1998.

Humpel N., Owen, N., Leslie, E., (2002). Environmental factors associated with adults_ participation in physical activity. *American Journal of Preventive Medicine* 22, 188–199.

Humpel, N., Owen, N., Leslie, E., Marshall, A.L., Bauman, A.E., Sallis, J.F., 2004b. Associations of location and perceived environmental attributes with walking in neighborhoods. *American Journal of Health Promotion* 18, 239– 242.

Jain D., Tiwari G. (2017). Sustainable mobility indicators for Indian cities: Selection methodology and application. *Ecological Indicators* 79 (2017) 310-322

Jimenez P. (2013), Herramientas para el análisis de movilidad para la Universidad Politécnica de Cartagena.

Kates RW, Clark WC, Corell R et al. (2001), Sustainability science. *Science*; 292 (5517): 641-2.

Kemmler A, Spreng D. Energy indicators for tracking sustainability in developing countries. *Energy Policy* 2007;35:2466–80.

Klopp J. M., Petretta D., (2017). The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities* 63 (2017) 92-97.

Koller, C. (2006). Le palmarès des villes romandes et le besoin de renforcer la statistique urbaine sur le plan suisse (méthodologie, sources et résultats). *Revue économique et sociale* 1, 101-116.

Lautso K, Spiekermann K, Wegener M. (2002). Modelling policies for urban sustainability. 42nd Congress of the European Regional Science Association (ERSA), Dortmund.

Leo A., Morillón D., Silva R., (2017). Review and analysis of urban mobility strategies in Mexico. *Case Studies on Transport Policy* 5 (2017) 299-305.

Leslie, E., Saelens, B.E., Frank, L.D., Owen, N., Bauman, A.E., Coffee, N., Hugo, G., in press. Residents_ perceptions of walkability attributes in objectively different neighborhoods: a pilot study. *Health & Place*.

Libro Blanco de las Smart Cities (2012)

Luz J. Gómez R. (2011). III Seminario Iberoamericano de Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño. *Ecología Urbana y Movilidad*.

Lynch AJ, Andreason S, Eisenman T, Robinson J, Steif BEL. (2011). Sustainable urban development indicators for the United States, Penn Iur. White Paper Series on Sustainable Urban Development.

Machado, L. sustainable mobility index to evaluate the quality of urban life: Case study: Greater Porto Alegre (MAPA). 2010. Dissertation (Master) - Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

M.A. Díaz, C.C. Cantergiani, M.J. Salado, C. Rojas, S. Gutiérrez, (2007). Propuestas de un sistema de indicadores de sostenibilidad para la movilidad y el transporte urbano. Aplicación mediante SIG a la ciudad de Alcalá de Henares.

Maia, ACL. Evaluation of the quality of public transport from the perspective of sustainable urban mobility: the case of Fortaleza. 2013. Dissertation (Masters) - Program of Graduate Studies in Transportation Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, in 2013.

Mameli F., Marletto G. (2009) "A selection of indicators for monitoring sustainable urban mobility policies" University of Sassari, Italy; and CRENoS, Italy

Marletto, G., Mameli, F., 2012. A participative procedure to select indicators of policies for sustainable urban mobility. Outcomes of a national test. *European transport research review*, 4(2), 79-89.

Marsden, G., Kelly, C., Snell, C., Forrester, J., (2005). Deliverable C1: sustainable transport indicators: selection and use. December, DISTILLATE Project Report. Available from the DISTILLATE website : <www.distillate.ac.uk> Accessed on: 3 Sept 2018

Mateus Porto Schettino (2008). Los espacios compartidos

May A. D., Page M., Hull A., (2008). Developing a set of decision-support tools for sustainable urban transport in the UK. *Transport Policy* 15(2008) 328-340

McCormack, G., Giles-Corti, B., Lange, A., Smith, T., Martin, K., Pikora, T., (2004). An update of recent evidence of the relationship between objective and self-report measures of the physical environment and physical activity behaviors. *Journal of Science and Medicine in Sport* 7, 81-92.

Megan V., Perderson J., (1998), Urban Sustainability indicators, European Foundation for improvement of living and working conditions.

Mendiola, L.; González, P.; Cebollada, A. An urban mobility index for evaluating and reducing private motorized trips . *Measurement*, 2014.

Miranda, D.; Correia, S. Analysis of sustainable urban mobility using spatial statistics. *Operations Research and Sustainable Development*. Fortaleza, Brazil, in 2007.

Miranda, HF. sustainable urban mobility and the case of Curitiba. 2010. Dissertation (Master) - School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2010.

Miranda HF, Nelson A, Silva R, (2012), Benchmarking sustainable urban mobility: the case of Curitiba, Brazil. *Transp Policy*.

Miranda, H.D.F., da Silva, A.N.R., 2012. Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. *Transport Policy*, 21, 141-151.

Moeinaddini, M.; Shekari, ZA.; Shah, MZ. An urban mobility index for evaluating and reducing private motorized trips. *Measurement*, 2014.

Morais, CT. Evaluation and selection of alternatives for promoting sustainable urban mobility: the case of Anapolis, Goias 2012. 137 f.. Thesis (MA) - Graduate Program in Transportation Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, SP, 2012.

Moreno SH, Martinez JDH, (2010). Indicators of urban sustainability in Mexico. *Theor Empir Res Urban Manag*;5:46-60.

Mori K, Christodoulou A. (2012). "Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI)". ELSEVIER. *Environmental Impact Assessment Review*.

Munira S., San Santoso D., (2017). Examining public perception over outcome indicators of sustainable urban transport in Dhaka city. *Case Studies on Transport Policy* 5 (2017) 169-178.

Nathan HSK, Reddy BS (2011). Urban transport sustainability indicators- application of Multi-view Black-box (MVBB) framework. Mumbai: Indira Gandhi Institute of Development Research.

National Statistical Institute of Italy, (2001). Environmental sustainability indicators in urban areas: an Italian experience. Conference of European Statisticians, Joint ECE/Eurostat Work Session on Methodological Issues of Environment Statistics.

Nourry M. Measuring sustainable development: some empirical evidence for France from eight alternative indicators. *Ecol Econ* 2008; 67:441–56.

N Munier (2011). Methodology to select a set of urban sustainability indicators to measure the state of the city, and performance assessment. *ELSEVIER. Ecological Indicators* 11 1020-1026.

OECD, 1995. *The Economic Appraisal of Environmental Projects and Policies: A Practical Guide*. OECD Paris.

Odum HT, Odum EP. The energetic basis for valuation of ecosystem services. *Ecosystems* 2000; 3:21–3.

Parris T, Kates R., (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annu Rev Environ Resour*; 28:559-86

Patterson et al. Use of the Urban Core Index to analyze residential mobility: the case of seniors in Canadian metropolitan regions. *Journal of Transport Geography*, 2014.

Perra V.M., Sdoukopoulos A., Pitsiava-Latinopoulou M., (2017). Evaluation of sustainable urban mobility in the city of Thessaloniki, *Transportation Research Procedia* 24 (2017) 329-336.

Pikora, T., Bull, F., Jamrozik, K., Knuiman, M., Giles-Corti, B., Donovan, R., (2002). Developing a reliable audit instrument to measure the physical environment for physical activity. *American Journal of Preventive Medicine* 23, 187–194.

Pitsiava-Latinopoulou, M., 2012. Indicators for sustainable mobility in urban areas. *Newsletter, Hellenic Institute of Transportation Engineers*, 182, 13-17.

Plowden, S., Buchan, K., 1995. *A New Framework for Freight Transport*. Civic Trust, London.

Pontes, TF. Urban mobility assessment in the metropolitan area of Brasilia. 2010. Dissertation (M.Sc.) - Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Brasília, Brasília, 2010.

Red Española de Ciudades por el Clima, como Sección de la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) , Informe sobre Implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible.

Rueda Palenzuela S. (1999), Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles.

Sallis, J.F., Frank, L.D., Saelens, B.E., Kraft, M.K.,(2004). Active transportation and physical activity: opportunities for collaboration on transportation and public health research. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 38, 249–268.

Santos, A.S., Ribeiro, S.K., 2013. The use of sustainability indicators in urban passenger transport during the decision-making process: the case of Rio de Janeiro, Brazil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(2), 251-260.

Scipioni A, Mazzi A, Mason M, et al. The dashboard of sustainability to measure the local urban sustainable development: the case study of Padua municipality. *Ecol Indic* 2009;9:364–80.

Seabra, LO. Foundations for the construction of an index for strategic management of sustainable urban mobility (Igemus). 2013. Thesis (Doctorate in Transport) - Department of Civil and Environmental Engineering, University of Brasília, Brasília, 2013.

Several Authors, (1987). World Commission on Environment and Development. From One Earth to One World: an Overview. Oxford: Oxford University Press.

Shannon, C., 1948. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27, 379-423.

Shannon, C. Weaver, W., 1947. The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois. Urbana.

Shen LY., Ochoa JJ., Shah MN, Zhang X. (2011), "The application of urban sustainability indicators. A comparison between various practices", ELSEVIER, Habitat International 35:17-29.

Shephard, R.J., (2003). Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. British Journal of Sports Medicine 37, 197–208.

Shiau, T.A., Liu, J.S., 2013. Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. Ecological Indicators, 34, 361-371.

Soegijoko, B., Tjahjati, S., & Kusbiantoro, B. S. (2001). Globalization and the sustainability of Jabotabek, Indonesia.

SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission). Building resilience in SIDS. The environmental vulnerability index (EVI) 2005. SOPAC Technical Report, Suva (Fiji Islands); 2005.

Sustainable urban mobility plans. <http://www.eltis.org/mobility-plans/sump-concept> : Accessed on: 5 Sept 2018

Tafidis P., Sdoukopoulos A., Pitsiava-Latinopoulou M., (2017). Sustainable urban mobility indicators: policy versus practice in the case of Greek cities. Transportation Research Procedia 24 (2017) 304-312.

Tanguay GA, Rajaonson J., Lefebvre JF , Lanoie P. (2010) "Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators". ELSEVIER, Ecological Indicators; 407-418

Tarifa de Congestión en Londres: Conducir por el Centro de Londres recuperado de <https://trucoslondres.com/tarifa-congestion-londres/> Último acceso: 20 de febrero 2019

Travisi et al. Impacts of urban sprawl and commuting: a modelling study for Italy. Journal of Transport Geography, 2010.

Toth-Szabo, Z., Várhelyi, A., (2012) Indicator framework for measuring sustainability of transport in the city. Proc. – Soc. Behav. Sci. 48, 2035-2047.

UNDP. Human development report 2009, overcoming barriers: Human mobility and development. New York: United Nations Development Programme.

UN- Habitat (United Nations Human Settlements Programme). Global urban indicators database, version 2: 2001. www.unhabitat.org Accessed on: 5 Sept 2018

United Nations Human Settlements Programme (2004), Urban Indicators Guidelines Monitoring the Habitat Agenda and the Millennium Development Goals.

United Nations (2007), Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies, Third edition Economic & Social Affairs., New York

United Nations Statistical Institute for Asia and Pacific, (2007). Building Administrative Data Systems for Statistical Purposes-Addressing Training Issues and Needs of Countries. Inception/Regional Workshop on RETA6356: Improving Administrative Data Sources for the Monitoring of the MDG Indicators. Bangkok, Thailand.

UK Round Table on Sustainable Development (1996). Defining a Sustainable Transport Sector, UK Round Table on Sustainable Development.

Verry, D., Nicolas, J.-P., (2005). Indicateurs de mobilité durable: de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD. Rapport du Laboratoire d'Économie des Transports pour le compte de la DRAST (Ministère de l'Équipement) et de l'ADEME, Paris.

Wackernagel M, Rees WE. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective. *Ecol Econ* 1997;20: 3–24.

Wendel-vos, G.C.W., Schutt, A.J., DeNiet, R., Boshuizen, H.C., Saris, W.H.M., Kromhout, D., (2004). Factors of the physical environment associated with walking and bicycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 725– 730.

World Bank. (2008). Global city indicator programme report. Canada: World Bank.

World Business council for sustainable development (2004), The Sustainable Mobility Project. Mobility 2030: meeting the challenges to sustainability.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), (2015), Methodology and indicator calculation method for sustainable urban mobility, Sustainable Mobility Project 2.0 (SMP2.0) Indicators Work Stream.

World Health Organization, (2004) .Global strategy on diet, physical activity and health. World Health Organization, Geneva.

WWF. Living planet report 2008. Gland (Switzerland): WWF International; 2008. www.tobinbennett.com . Accessed on: 10 sept 2018

Zavadskas, E., Kaklauskas, A., Saparauskas, J., Kalibatasi, D. (2007). "Vilnius urban sustainability assessment with an emphasis on pollution". *EKOLOGIJA* 53 (Suppl.), 64-72