

Proyecto Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Ambiental

# **Criterios de Ingeniería Ambiental Aplicables a la Sostenibilidad Urbana en España**

Autora: Marta Mora Sánchez

Tutores: Eladio M. Romero & Custodia Fernandez Baco

**Dpto. Ingeniería Química y Ambiental  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019







Autora: Marta Mora Sánchez  
Tutores: Eladio M. Romero González  
Custodia Fernandez Baco

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

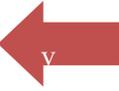
Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal





# Agradecimientos

---

A todos mis seres queridos gracias por ser mi mar en esta selva de cemento.

*Marta Mora Sánchez*

*Máster en Ingeniería Ambiental*

*Sevilla, 2019*

# Resumen

---

Se han estudiado distintos estándares internacionales, con la intención de definir qué indicadores pueden emplearse para llevar a cabo la labor de analizar la sostenibilidad ambiental urbana. Con la finalidad de analizar tal sostenibilidad ambiental urbana, se han seleccionado siete ciudades españolas: Barcelona, Bilbao, Burgos, Donostia, Huesca, Madrid y Vitoria. El motivo asociado a dicha elección se debe a que estas fueron reconocidas como las ciudades más sostenibles de España, según el Informe de Ciudades Sostenibles del Observatorio de la Sostenibilidad.



# Abstract

---

Different international standarts have been studied with the intention of defining what indicators of sustainability can be used to carry out the job to analyse the urban environmental sustainability. In order to analyze such urban environmental sustainability, seven spanish cities have been selected: Barcelona, Bilbao, Burgos, Donostia, Huesca, Madrid & Vitoria. The reason related to this choice is because those cities were recognized as the most sustainable cities in Spain, regarding to the Sustainable Cities Report of the Sustainability Observatory.

Agradecimientos .....	i
Resumen .....	iii
Abstract .....	v
Índice .....	vi
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Abreviaturas.....	xiii
<b>1 Objetivo</b>	<b>1</b>
<b>2 Introducción</b>	<b>3</b>
2.1. Insostenibilidad Ambiental	3
2.2. Sostenibilidad Ambiental	3
2.3. Ciudades Sostenibles	4
2.4. Antecedentes	5
<b>3 Desarrollo Sostenible</b>	<b>8</b>
3.1. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible	8
3.2. ISO 37120: 2014. <i>Desarrollo sostenible en las ciudades</i>	9
3.3. Relación entre la ISO y los ODS	10
3.4. Objetivos, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad Urbana	15
3.4.1. Indicadores de Sostenibilidad Urbana	22
3.4.2. Otros Estándares Importantes	27
<b>4 Metodologías aplicables: caso del Observatorio de la Sostenibilidad</b>	<b>32</b>
<b>5 Aproximación a los Criterios Aplicables a la Sostenibilidad Ambiental</b>	<b>35</b>
5.1. Residuos Sólidos.....	37
5.1.1. Introducción.....	37
5.1.2. Sostenibilidad	38
5.1.3. Situación de las Ciudades	41
5.2. Energía.....	47
5.2.1. Introducción.....	47
5.2.2. Sostenibilidad	48
5.2.3. Situación de las Ciudades	50
5.3. Calidad del Aire.....	56
5.3.1. Introducción.....	56
5.3.2. Sostenibilidad	57
5.3.3. Situación de las Ciudades	59
5.4. Transporte	64
5.4.1. Introducción.....	64
5.4.2. Sostenibilidad	64
5.4.3. Situación de las Ciudades	65
5.5. Aguas Residuales.....	70
5.5.1. Introducción.....	70
5.5.2. Sostenibilidad	70
5.5.3. Situación de las ciudades	71
5.6. Análisis de la Sostenibilidad Ambiental de las Ciudades Españolas	72
<b>6 Conclusiones</b>	<b>75</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>76</b>

---

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 3.1. Indicadores de Sostenibilidad	18
Tabla 3.2. Indicadores del SMIS	29
Tabla 4.1. Indicadores	32
Tabla 4.2. Clasificaciones generales y por temas	35
Tabla 5.1. Indicadores de sostenibilidad	37
Tabla 5.2. Resumen informativo	48
Tabla 5.3. Objetivos pobreza energética	51
Tabla 5.4. Resumen informativo	56
Tabla 5.5. Compromisos de reducción	59
Tabla 5.6. Valores legislados de contaminantes	60
Tabla 5.7. Rangos para cada nivel de calidad del aire	61
Tabla 5.8. Valores NO <sub>2</sub>	63
Tabla 5.9 Valores PM10	64
Tabla 5.10. Medias anuales de PM 2,5	64
Tabla 5.11 Resumen situación ciudades	70
Tabla 5.12. Resultados Análisis Ambiental	74

---

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.1. Ciudad Caral	4
Figura 1.2. Anfiteatro Ciudad Caral	5
Figura 5.1. Esferas del desarrollo sostenible	38
Figura 5.2. Residuo cero	41
Figura 5.3. Tasas de Gestión RSU	43
Figura 5.4. Tasas de Gestión Residuos Madrid	44
Figura 5.5. Gestión de Residuos BCN	45
Figura 5.6. Tasas de recogida capitales vascas	47
Figura 5.7. Balance entre el coste energético/renta	52
Figura 5.8. Electricidad facturada Madrid	54
Figura 5.9. a 5.11. Energía Vitoria	55
Figura 5.12. Calidad del aire	62
Figura 5.13. Valores NO <sub>2</sub>	63
Figura 5.14. Valores PM10	63
Figura 5.15. Valores PM2,5	64
Figura 5.16. Precio del transporte	68
Figura 5.17. Tiempo 1/2 desplazamientos	68
Figura 5.18. Porcentaje de viajes al trabajo en tte público	69
Figura 5.19. Tasa de muertes por accidentes de tráfico	69
Figura 5.20. Consumo hídrico	73
Figura 5.21. Resultados Análisis de la Sostenibilidad Ambiental	75

---

# ABREVIATURAS

---

AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente.
ASCA	Australian Sustainable Cities Award (Premio Ciudad Sostenible Australia).
AUE	Agenda Urbana Española.
CCAA	Comunidades Autónomas.
CNUAH	Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
EAEO	Evaluación Ambiental Estratégica Ordinaria.
EESUL	Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local.
EGCA	European Green Capital Award (Premio Capital Verde Europea).
EGLA	European Green Leaf Award (Premio Hoja Verde Europea).
ENPE	Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética.
EPOV	Observatorio Europeo contra la Pobreza Energética.
GEI	Gases Efecto Invernadero.
ICCS	Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables.
IFIAS	Federación Internacional de Institutos para el Estudio Avanzado.
IMCO	Instituto Mexicano para la Competitividad.
INCA	Índice Nacional de Calidad del Aire.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
IPS	Informe Preliminar de Situación.
L BSPUE	Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español.
LVSUL	Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local.
NGR	Niveles Genéricos de Referencia
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
OS	Observatorio de la Sostenibilidad.
PEMAR	Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos.
SCI	Sustainable Cities Initiative (Iniciativa de las Ciudades Sostenibles).
SMIS	Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la sostenibilidad en las ciudades: qué supone, cómo la definen distintos estándares, qué indicadores de la sostenibilidad urbana contemplan, ... A partir de dichos estándares y en base a los estudios del Observatorio de la Sostenibilidad en España, se establecen los parámetros que se consideran fundamentales para la definición de una escala de observación y análisis de la sostenibilidad ambiental urbana. Estos criterios se analizan para las "ciudades sostenibles" planteadas por el Observatorio de la Sostenibilidad en su informe del pasado año 2018, proponiendo, de este modo, una valoración de la sostenibilidad ambiental en base a la información disponible.

## 2 .INTRODUCCIÓN

---

El planeta se encuentra en una situación de inestabilidad ambiental que conlleva una serie de problemas: destrucción y segmentación de hábitats, deforestación, destrucción de la capa de ozono, acidificación oceánica, extinción de especies, sobreexplotación de recursos, sobrepoblación, etc. Todos ellos interrelacionados entre sí y debidos directa o indirectamente a las actividades humanas. Ante tal contexto resulta imperioso tomar cartas en el asunto. Este trabajo pone el punto de mira sobre las ciudades puesto que se trata de un gran foco de contaminación, consumo de recursos y acumulación poblacional. Para ello, es requerido establecer un punto de partida que, en este caso, es la definición de los conceptos de sostenibilidad e insostenibilidad ambiental.

### 2.1. Insostenibilidad Ambiental

En la actualidad, las ciudades, tanto en España como en el resto del mundo, se encuentran en una situación de inestabilidad ambiental, este hecho da lugar a que se observen en la bibliografía numerosas publicaciones en las que se hace referencia a la sostenibilidad ambiental y a otros términos similares. Por este motivo, resulta vital definir a qué se refieren dichos conceptos: el primer término es la sostenibilidad ambiental que, está relacionado con los costes ambientales y sociales derivados del metabolismo de la ciudad, así como con la capacidad de carga del planeta y de la propia sociedad. En segundo lugar, se habla de higiene o calidad ambiental, este término se refiere a las condiciones que presenta el entorno inmediato en el que se desarrolla la vida humana y que afecta a la salud de las personas (es el término que recoge la Constitución Española de 1978 al referirse a medio ambiente). Finalmente, en numerosas políticas de carácter ambiental aparece el concepto de protección de espacios naturales, el cual alude a la conservación de determinados elementos que, por razones de sostenibilidad, higiene ambiental u otras, deben ser salvaguardados de determinados usos que pueden ocasionar su deterioro. Los términos de sostenibilidad ambiental e higiene ambiental difieren esencialmente en la localización y el alcance de los impactos ambientales asociados, es decir, el término de sostenibilidad se ve afectado por impactos concretos y localizados que pueden tener consecuencias sobre la salud humana; en cambio, el término de higiene o calidad ambiental considera que cualquier impacto que pueda incidir sobre la capacidad regenerativa de la biosfera afectará en un plazo medio o largo al bienestar humano, sin importar si se trata de impactos próximos o lejanos, de tal forma que algunas estrategias de higiene ambiental puedan llevar asociadas unos costes ambientales que no son contemplados por su lejanía espacial o temporal.

Actualmente, los principales síntomas de insostenibilidad son: la sobreexplotación de los recursos, superando la tasa de reposición de los mismos; generación de residuos que sobrepasa la capacidad de asimilación; exclusión económica y social debida a las diferencias en el acceso a los recursos y a un medio ambiente saludable y la separación que existe entre la población y los procesos de toma de decisiones. Todos ellos se interrelacionan entre sí. Ante tales síntomas pueden ser planteadas de manera coordinada las líneas de actuación:

disminución del consumo de recursos naturales y de la producción de residuos; preservación, recuperación y restablecimiento del capital natural; fortalecer y recuperar los espacios de convivencia comunes, disminuyendo la segregación social y económica y estimular la participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones a cualquier nivel.

Algunos datos reales de las Naciones Unidas acerca de la situación global de inestabilidad ambiental:

- ✚ Las emisiones de dióxido de carbono han aumentado un 50% desde 1990 a nivel mundial.
- ✚ Aproximadamente, 783 millones de personas viven bajo el umbral de la pobreza, a escala internacional, con 1,90 dólares diarios.
- ✚ La malnutrición causa un 45% de muertes en niños menores de cinco años, lo que se traduce en 3.1 mil niños anualmente.
- ✚ Se estima que el 50% de los niños que no asisten a la escuela primaria viven en zonas afectadas por conflictos.
- ✚ A escala mundial, 750 millones de mujeres y niñas se casaron antes de cumplir los 18 años y al menos 200 millones de mujeres y niñas fueron sometidas a mutilación genital femenina, en 30 países.
- ✚ 4 billones de personas carecen de acceso a los servicios básicos de saneamiento, tales como retretes o letrinas.
- ✚ Se estima que, si la población mundial llegase a alcanzar los 9600 millones en 2050, se requeriría el equivalente a casi tres planetas para aportar los recursos naturales precisos para mantener el estilo de vida actual.
- ✚ La energía es el factor que contribuye mayoritariamente al cambio climático, suponiendo en torno al 60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero.
- ✚ De las 8.300 razas de animales conocidas, el 8% está extinto y el 22% está en peligro de extinción.
- ✚ La mitad de la humanidad, es decir, 3500 millones de personas, vive hoy en día en las ciudades y se prevé que esta cifra aumente en 5000 millones para el año 2030.
- ✚ En la actualidad, 883 millones de personas viven en barrios marginales, localizándose la mayor parte en Asia oriental sudoriental.
- ✚ Las ciudades del mundo ocupan tan solo el 3% de la tierra, pero representan entre el 60% y el 80% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono.

## 2.2. Sostenibilidad Ambiental

En las últimas décadas, este término de sostenibilidad ha sido acuñado en incontables ocasiones y asociado al concepto de desarrollo sostenible:

“Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea,

asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987).

“Nuestras ciudades deben ser lugares en que los seres humanos disfruten de una vida plena en condiciones de dignidad, buena salud, seguridad, felicidad y esperanza. (...) Con objeto de conservar el medio ambiente mundial y mejorar la calidad de vida en nuestros asentamientos humanos, nos comprometemos a adoptar modalidades sostenibles de producción, consumo, transporte y desarrollo de los asentamientos; a prevenir la contaminación; a respetar la capacidad de carga de los ecosistemas y a velar por que se respeten las oportunidades de las generaciones futuras” (Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II), 1996).

“Los asentamientos humanos deben ser un objetivo del desarrollo sostenible porque son esenciales para el progreso económico y social y, en un mundo cada vez más interdependiente, indispensables para el bienestar de la población urbana y la población rural” (Comisión sobre Desarrollo Sostenible, 1997).

### 2.3. Ciudades Sostenibles

El concepto de una ciudad sostenible es un término relativamente novedoso, sin embargo, se ha descubierto que la primera ciudad sostenible se erigió hace cinco mil años, tratándose de la Ciudad Caral, perteneciente a Perú.



Figura 1.1. Ciudad Caral. Fuente: La Nación.

La Ciudad Caral se componía de veinticinco asentamientos, repartidos en sesenta y ocho hectáreas, que albergaron en torno a unos tres mil habitantes. Las razones que han motivado la declaración de este lugar como la primera ciudad sostenible han sido: su ubicación, el uso que se le daba a los materiales, el aprovechamiento energético y el no desperdicio hídrico. Se considera que los carales estudiaron el territorio previamente a la edificación de la ciudad, eligiendo las explanadas del valle del Supe como la zona idónea para tal fin. Este lugar además de poseer un acuífero, servía las veces de barrera ante inundaciones al encontrarse por encima del cauce del río y contar con un bosque ribereño en proximidad. En cuanto al consumo hídrico, el cauce del río era utilizado para el riego de los cultivos, mientras que el consumo

humano era satisfecho por medio de manantiales. En lo referente al aprovechamiento energético, sus fuentes de energía empleaban el Sol y el viento.



Figura 1.2. Anfiteatro de la Ciudad Caral. Fuente: El País.

Esta ciudad resistió numerosos terremotos gracias a la selección de los materiales con los que fue construida, las shicras (bolsas de piedras envueltas en cuerdas) y las quinchas (mezcla de troncos, fibras vegetales, barro y cañas), estos junto a la construcción en morfología piramidal, dispersaban el movimiento asociado a los terremotos, evitando los derrumbes de este modo.

No se cree que se produjera ningún conflicto bélico en la Ciudad Caral.

## 2.4. Antecedentes

Se presentan algunos antecedentes destacados relativos al desarrollo sostenible, por orden cronológico, seguidamente:

Informe sobre los límites al crecimiento de 1972, este documento tuvo gran importancia a nivel global en lo referente a la concienciación de la población, en cuanto, a la capacidad de carga del planeta y al modelo de desarrollo (económico).

Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Humano de 1972 celebrada en Estocolmo, sentó las bases de la división entre crecimiento económico y desarrollo. Esta conferencia es considerada el primer hito en sostenibilidad.

Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno de los Países Miembros de la Comunidad Económica Europea de 1972, también conocida con el nombre de Cumbre de París, esta cumbre es de gran importancia puesto que supuso el inicio de la política medioambiental europea. En ella se reconoció la necesidad de proteger el medio ambiente y de desunir el crecimiento económico del desarrollo. A partir de ella se sucedieron una serie de Planes de Acción Comunitarios.

Programa de Gestión Urbana de 1986 de las Naciones Unidas (UNPD), este programa fue creado con el propósito de cooperar técnicamente con los países en desarrollo para favorecer la adquisición de las capacidades de gestión necesarias para afrontar los problemas de estas

cinco áreas: administración y finanzas municipales, gestión del suelo urbano, gestión de la infraestructura urbana, estrategias de erradicación de la pobreza y gestión del medio ambiente.

Informe sobre Medio Ambiente y Desarrollo "Nuestro Futuro Común" de 1987 de la Organización de las Naciones Unidas, comúnmente conocido como el Informe Brundtland. Este informe resulta vital a la hora de hablar de sostenibilidad ambiental por diversas razones, como que aportó numerosos datos acerca de la crisis ecológica que sufría el planeta, tuvo una gran difusión mundial, etc. Pero, sin lugar a dudas, destaca por el hecho de que creó el término de desarrollo sostenible y lo definió.

Programa de Ciudades Sostenibles de 1990 del CNUAH, este programa se concibió con el objetivo de aportar técnicas y habilidades a las autoridades locales que les permitieran mejorar en cuanto a planificación urbana, medioambiental y capacidad de gestión se refiere, por ello, fomentaba el intercambio de experiencias interurbanas. Estaba relacionado de manera estrecha con otros programas similares, como lo es el Programa de Mejora del Medio Ambiente Metropolitano del UNPD y del Banco Mundial.

Congreso Mundial de Gobiernos Locales para un Futuro Sostenible de 1990 del PNUMA, se basaba en la creación de una red de autoridades locales que permitiese el intercambio de experiencias y la difusión de buenas prácticas medioambientales.

Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo "Cumbre de la Tierra" de 1992 de la ONU, esta conferencia es de destacada importancia dado que trazó los principios para alcanzar el desarrollo sostenible, congregó a los más altos representantes de 179 países y dio lugar a la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y al Programa 21, también conocido como Agenda 21.

Segunda Conferencia sobre Asentamientos Humanos "Hábitat II" de 1996 celebrada en Estambul, en ella se elaboraron una serie de compromisos acerca de la sostenibilidad de los asentamientos urbanos, concentrando los esfuerzos en las ciudades. Dio lugar a La Agenda Hábitat y a la Declaración de Estambul.

Sesión Especial sobre Medio Ambiente y Desarrollo "Río +5" de la Asamblea General de la ONU de 1997, fue realizada con motivo de la revisión de las acciones que se plantearon en conferencias previas, y, además, planteó, entre otras cosas, mecanismos locales y nacionales para el desarrollo sostenible.

También, se realizaron diversos informes sobre la situación medioambiental, tanto a escala global (como el Informe GEO-2000), como a escala europea (Informe Dobris, Dobris +3).

Por otro lado, los antecedentes destacados relativos a las ciudades sostenibles:

Proyecto Ecoville de 1981 de la IFIAS, su finalidad era trabajar en el desarrollo de ciudades sanas y sostenibles ecológicamente.

Proyecto de Ciudades Saludables de 1981, se focalizaba en la promoción de la salud en el ámbito urbano, así como la promoción de acciones para mejorar la salud de las personas que habitan las ciudades.

Campaña de Ciudades y Villas Europeas Sostenibles, focaliza la política de desarrollo sostenible en las unidades administrativas locales.

Libro Verde sobre Medio Ambiente Urbano de 1990, en este libro se exponen diversas líneas estratégicas que deben seguir las ciudades para alcanzar un medio ambiente adecuado, teniendo en cuenta la diversidad existente en Europa. Para ello define dos objetivos

prioritarios: entorno urbano atractivo y disminución del aporte contaminante de la ciudad al cómputo global. A raíz de este libro, un año después, se creó un Grupo de Expertos en Medio Ambiente Urbano.

Proyecto de Ciudades Europeas Sostenibles de 1993, consistían en intercambiar experiencias y buenas prácticas entre ciudades europeas, con la finalidad de buscar la sostenibilidad urbana en Europa.

Primera Conferencia Europea sobre Ciudades y Villas Sostenibles de 1994, celebrada en Aalborg, destaca la aprobación de la Carta de Aalborg que contenía tres partes, siendo la primera la Declaración de Consenso de la Tierra que contemplaba, entre otros aspectos, estrategias locales hacia la sostenibilidad, políticas de ordenación del territorio que incluían evaluaciones ambientales estratégicas de cada uno de los planes, etc. Tras ella, se celebraron otras conferencias europeas de ciudades y villas sostenibles.

En el año 2000, se creó una iniciativa "Hacia un Perfil de la Sostenibilidad Local- Indicadores Comunes Europeos", esta iniciativa nació con la intención de proporcionar indicadores comunes a las comunidades locales europeas para hacer posible que fuesen evaluando sus avances en materia de sostenibilidad. En el mismo año la AEMA puso en marcha un proceso periódico de elaboración de informes que llevaban a cabo análisis de los problemas ecológicos comunitarios y de los instrumentos de gestión de los Estados Miembros, el primero de ellos se denominó Señales Medioambientales, se trataba de propiciar el uso de los indicadores medioambientales.

Desde entonces, han tenido lugar numerosas iniciativas cuya finalidad era la mejora y la protección medio ambiental, del tipo convenciones, conferencias, planes, programas, ...

# 3 . DESARROLLO SOSTENIBLE

---

Partiendo de la información expuesta en el capítulo anterior, éste pretende complementarla por medio del establecimiento de los estándares en los que se basará en adelante este trabajo para llevar a cabo los análisis pertinentes, así como, el estudio de estos estándares internacionales mediante la definición de los indicadores de sostenibilidad ambiental urbana que proponen.

## 2.5. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030 está compuesta por 17 objetivos que se presentan seguidamente, y 169 metas, para poder llevar a cabo el seguimiento de la consecución de dichos objetivos fueron diseñados 232 indicadores. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas:

1. Fin de la pobreza.
2. Hambre cero.
3. Salud y bienestar.
4. Educación de calidad.
5. Igualdad de género.
6. Agua limpia y saneamiento.
7. Energía asequible y no contaminante.
8. Trabajo decente y crecimiento económico.
9. Industria, innovación e infraestructura.
10. Reducción de las desigualdades.
11. Ciudades y comunidades sostenibles.
12. Producción y consumo responsable.
13. Acción por el clima.
14. Vida submarina.
15. Vida de ecosistemas terrestres.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas.
17. Alianzas para lograr los objetivos.

En cuanto al undécimo, es necesario reconsiderar y mejorar en cuanto a la planificación y a la gestión urbana, de forma que los espacios urbanos se conviertan en espacios más sostenibles, resilientes, seguros e inclusivos; esto se debe a que las predicciones indican que en 2030 la cifra de personas que habitan en ciudades aumente hasta la friolera de cinco mil millones. En la actualidad, el 3% de la superficie de la Tierra son ciudades, las cuales suponen un consumo

de energía de entre el 60 al 80%, así como un 75% de las emisiones de carbono. Por ello, entre las metas de este ODS se encuentran, desde la actualidad hasta el año 2030 (Naciones Unidas 2019):

- Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y a servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.
- Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la participación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.
- Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la participación del desarrollo regional y nacional.
- Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y a la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

## **2.6. ISO 37120: 2014. *Desarrollo sostenible en las ciudades***

La Norma Internacional ISO 37120: 2014, *Desarrollo sostenible en las ciudades. Indicadores para los servicios urbanos y la calidad de vida* (UNE-ISO 37120) ordena los indicadores en dos categorías: indicadores principales e indicadores de apoyo; además, estructura a los indicadores en los siguientes temas:

- Economía.
- Educación.
- Energía.
- Medio Ambiente.
- Finanzas.
- Respuesta ante Incendios y Emergencias.
- Gobierno.
- Salud.
- Esparcimiento.
- Seguridad.
- Acogida.
- Residuos Sólidos.
- Telecomunicaciones e Innovación.
- Transporte.
- Planificación Urbana.

- Aguas Residuales.
- Agua y Saneamiento.

Esta norma internacional UNE-ISO 37120:2014 define y establece diversas metodologías para que un conjunto de indicadores sirva de guía y permitan medir el desempeño de los servicios urbanos y la calidad de vida de una comunidad. Para llevar a cabo esta labor se basa en los principios expuestos y se puede utilizar en conjunto con la Norma ISO 37101, *Desarrollo sostenible en las ciudades. Sistemas de gestión. Principios generales y requisitos*.

Esta norma surgió debido a la creciente necesidad que tenían las ciudades de disponer de una serie de indicadores normalizados, coherentes, así como comparables a lo largo del tiempo y/o entre ciudades, los cuales hiciesen posible seguir y monitorizar el desempeño de los servicios urbanos y la calidad de vida de los ciudadanos, con la finalidad de alcanzar un desarrollo sostenible.

El Comité Internacional ISO/ TC 268 ha publicado una nueva norma internacional para el desarrollo sostenible en las comunidades. Se trata de la ISO 37101:2016, sigue la metodología PDCA y se basa en el ciclo de mejora continua. Esta norma internacional acota el análisis del territorio, establece un sistema de desarrollo sostenible y se puede aplicar a comunidades de cualquier tamaño, estructura y tipo, tanto en países en desarrollo como en desarrollados, a nivel nacional, regional o local.

## **2.7. Relación entre la norma ISO y los ODS**

En este apartado se pone de manifiesto la relación entre la mencionada norma ISO y los Objetivos de Desarrollo Sostenible puesto que la primera, se trata de un referente internacional en lo que al desarrollo sostenible urbano se refiere, a través de la identificación de una serie de indicadores de sostenibilidad que permiten actuar en las áreas fundamentales que esta norma internacional considera, y, los segundos, suponen objetivos globales prioritarios a considerar en cualquier acción (plan o programa) en vías del desarrollo sostenible, de tal forma que, la interacción entre ambos supone la definición de los objetivos y la definición de los indicadores prioritarios de desarrollo sostenible urbano. Esta norma está directamente relacionada con el objetivo número once de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas sobre ciudades y comunidades sostenibles puesto que la génesis de esta norma internacional consiste en definir una serie de indicadores normalizados de sostenibilidad para las comunidades que permitan realizar la labor de medir el desempeño de las mismas a través de un enfoque integrado, holístico y resiliente, que por otra parte, permita comparar los avances logrados entre comunidades diversas entre sí y/o en distintos momentos temporales. Sin embargo, esta norma ISO 37120 también está relacionada con otros objetivos de desarrollo sostenible de la forma en que la norma consiste en una serie de indicadores de sostenibilidad de las ciudades o comunidades que se dividen en diversos temas (en total dieciocho).

- El primer tema de la misma es la economía que se relaciona de forma directa con el octavo ODS (trabajo decente y crecimiento económico) puesto que incluye indicadores como son la tasa de desempleo de la ciudad, el porcentaje de personas con un empleo a tiempo completo y la tasa de desempleo juvenil, entre otros; además este tema (indicador) puede relacionarse con el primer ODS (fin de la pobreza) debido a que incluye un indicador relativo al porcentaje de la población que vive en situación de



pobreza. Por otro lado, se puede considerar que se relaciona de igual modo con el noveno ODS (industria, innovación e infraestructura) porque presenta indicadores relativos al número de empresas presentes en la ciudad por cada 100.000 habitantes y al número de nuevas patentes que se presentan en la ciudad en cuestión por cada 100.000 habitantes de la misma.

- El segundo tema es la educación el cual se relaciona indudablemente con el cuarto ODS (educación de calidad) establece distintos indicadores del tipo: tasas de supervivencia, es decir, el porcentaje de alumnos que superan la educación primaria, secundaria; el porcentaje de población escolar matriculado en una escuela y la ratio alumno/maestro en educación primaria. Además, puede relacionarse con el quinto ODS (igualdad de género) debido a que considera el indicador porcentaje de población femenina en edad escolar matriculada en una escuela, así como el de porcentaje de población masculina en edad escolar matriculada en una escuela; estos indicadores pueden relacionarse también con el decimosexto ODS (paz, justicia e instituciones sólidas) puesto que es muy significativo en regiones afectadas por conflictos.
- El tercer tema aborda la cuestión energética, se relaciona con el séptimo ODS (energía asequible y no contaminante) puesto que presenta una serie de indicadores entre los que se incluye el relativo al porcentaje del total de energía derivado de fuentes renovables como parte del consumo total de energía de la ciudad el consumo de energía en los edificios públicos por año, al ser estos edificios de los mayores consumidores de energía, una reducción en el consumo supone un ahorro económico y puede suponer una reducción igualmente de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte, puede ser relacionado con el décimo ODS (reducción de las desigualdades) esto se debe a que establece el indicador del porcentaje de la ciudad con un servicio eléctrico autorizado, este indicador permite conocer cuántos ciudadanos son abastecidos legalmente de un servicio urbano básico esencial lo cual en ciudades situadas en regiones desfavorecidas resulta un dato vital para reducir las desigualdades existentes.
- En cuanto al cuarto tema, se refiere al medio ambiente y se relaciona con el tercer ODS (salud y bienestar) puesto que presenta indicadores como son: concentración de partículas finas en suspensión (PM 2,5 y PM 10), la concentración de NO<sub>2</sub>, la concentración de SO<sub>2</sub> y la concentración de ozono; que según la Organización Mundial de la Salud su presencia en altas concentraciones en el aire supone una grave afección para la salud humana, consta de un indicador de contaminación acústica, supone un indicador del bienestar de los ciudadanos. Del mismo modo, este tema puede ser relacionado con el decimotercero ODS (acción por el clima) este tema contiene un indicador cuya finalidad específica es obtener información que permita mitigar la contribución de la ciudad al cambio climático (los otros indicadores que incluye este tema también aportan una información valiosa con respecto al cambio climático): emisiones de gases de efecto invernadero medidas en toneladas per cápita. Finalmente, puede establecerse una correlación entre el tema que se trata y el decimoquinto ODS (vida de ecosistemas terrestres) al contener un indicador relativo al

porcentaje de cambio en el número de especies autóctonas, este indicador permite valorar la influencia que la urbanización produce sobre los ecosistemas.

- El quinto tema aborda las finanzas, es posible establecer una conexión con el decimosexto ODS (paz, justicia e instituciones sólidas) dado que cuenta con diversos indicadores que hacen posible determinar la salud financiera de la ciudad, como son: el coeficiente de carga de la deuda (gasto destinado a pagar la deuda como porcentaje de los ingresos propios del ayuntamiento), la inversión de capital como porcentaje del gasto total o los impuestos recaudados como porcentaje de los impuestos facturados.
- El sexto tema que trata sobre la respuesta ante incendios y emergencias se puede asociar al tercer ODS (salud y bienestar) en el sentido de que establece una serie de indicadores que facilitan la labor de reducir la mortalidad derivada de catástrofes naturales, entre los que se encuentran: el número de bomberos por cada 100.000 habitantes, el número de muertes relacionadas con un incendio por cada 100.000 habitantes, el número de muertes relacionadas con desastres naturales por cada 100.000 habitantes o el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia ante una emergencia desde la llamada inicial.
- En cuanto al séptimo tema, se refiere al gobierno y puede ser relacionado tanto con el quinto ODS (igualdad de género) dado que incorpora indicadores que hacen posible obtener datos concretos relativos a las desigualdades de género: el porcentaje de mujeres que trabajan en la Administración municipal y las mujeres como porcentaje del total de cargos electos en la Administración municipal; por otra parte, también puede asociarse al decimosexto ODS (paz, justicia e instituciones sólidas) debido a dos cuestiones: la necesaria correlación entre desarrollo y el estado de derecho, y las cuestiones relativas a la corrupción; por ello este tema cuenta con una serie de indicadores que facilitan la medición y evaluación de los mismos: la participación de los votantes en las últimas elecciones municipales, el número de condenas por corrupción o soborno a empleados municipales por cada 100.000 habitantes o el número de votantes inscritos como porcentaje de la población en edad de votar.
- El octavo tema es la salud se relaciona con el tercer ODS (salud y bienestar) debido a que contiene una serie de indicadores que hacen posible valorar la calidad global de vida en una ciudad (comunidad), así como la calidad del sistema sanitario, algunos de sus indicadores son: la esperanza media de vida, el número de camas para hospitalización por cada 100.000 habitantes, el número de médicos por cada 100.000 habitantes, el número de profesionales de la salud mental por cada 100.000 habitantes. También se puede establecer una relación con el décimo ODS (reducción de las desigualdades) por parte del indicador relativo a la mortalidad de menores de 5 años por cada 1.000 nacimientos vivos puesto que este indicador es frecuentemente utilizado con la finalidad de hacer comparaciones entre los niveles de desarrollo socioeconómico entre países, además una de las metas del tercer objetivo de desarrollo sostenible (salud y bienestar) es reducir la mortalidad infantil.
- El noveno tema se refiere al esparcimiento, se observa una relación directa con el tercer ODS (salud y bienestar) en lo que se refiere a la contribución del esparcimiento sobre la salud de los ciudadanos y la vitalidad de la ciudad, incorpora los siguientes indicadores

al respecto: los metros cuadrados de espacio recreativo público cubierto per cápita y los metros cuadrados de espacio recreativo público al aire libre per cápita.

- El décimo tema consiste en la seguridad, dada la índole de este tema se puede establecer una relación con el decimosexto ODS (paz, justicia e instituciones sólidas), está conformado por los indicadores: número de agentes de policía por cada 100.000 habitantes, número de homicidios por cada 100.000 habitantes, tiempo de respuesta del departamento de policía a partir de una llamada inicial, tasa de criminalidad con violencia por cada 100.000 habitantes, entre otros. Dichos indicadores aportan información que puede ser traducida en lo seguros o inseguros que se sienten los ciudadanos dentro de la ciudad lo cual repercute en su bienestar, es decir, puede ser relacionado por ende con el tercer ODS (salud y bienestar).
- El siguiente se refiere a la acogida y se relaciona con el primer ODS (fin de la pobreza), lo conforman los indicadores presentados a continuación: el porcentaje de población de la ciudad que vive en barrios pobres, el número de personas sin hogar por cada 100.000 habitantes y el porcentaje de hogares sin títulos de propiedad registrados. Este último indicador permite relacionar este tema con el noveno ODS (industria, innovación e infraestructura) debido a que informa a las autoridades municipales acerca de las condiciones de vivienda y de las necesidades de infraestructura de la población.
- En cuando al duodécimo tema relativo a los residuos sólidos, a parte del hecho de que los residuos sólidos constituyen un problema de salud pública, es decir, tienen que ver directamente con el tercer ODS (salud y bienestar), actualmente los residuos sólidos están siendo considerados globalmente desde el enfoque de la reutilización, el reciclado y la valorización, o sea, están siendo vistos como un problema (de gestión) y una oportunidad (de obtención de materias primas), por ello este tema se relaciona con el duodécimo ODS (producción y consumo responsables). Lo conforman los indicadores: porcentaje de la población de la ciudad con servicio regular de recogida de residuos sólidos (residencial), total de residuos sólidos municipales recogidos per cápita, porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se reciclan, porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se eliminan en un vertedero controlado, porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se incineran, porcentaje de residuos sólidos que se eliminan por otros medios, generación de residuos peligrosos per cápita, entre otros. Por otro lado, el indicador relativo a la "generación de residuos peligrosos per cápita" resulta de gran importancia en cuanto a la afección de dichos residuos sobre el medio ambiente dado que de ser eliminados sin recibir el tratamiento requerido podrían ocasionar graves efectos sobre los ecosistemas terrestres o acuáticos que los albergaran (alteración de ecosistemas, fragmentación de hábitat,...), es decir, además de lo mencionado con anterioridad hay una relación con los ODS decimocuarto (vida submarina) y decimoquinto (vida de ecosistemas terrestres).
- Acerca del decimotercer tema de las telecomunicaciones y la innovación se puede establecer una conexión con el octavo ODS (trabajo decente y crecimiento económico), esto se debe a que la conectividad en una ciudad contribuye al crecimiento económico y al desarrollo de las misma, entre otras cosas facilitando que se lleve a cabo el

comercio; además puede relacionarse del mismo modo con el noveno ODS (industria, innovación e infraestructura) debido a que contiene una serie de indicadores: el número de conexiones a internet por cada 100.000 habitantes, el número de conexiones de telefonía móvil por cada 100.000 habitantes o el número de conexiones de telefonía fija por cada 100.000 habitantes; cuyos datos obtenidos pueden suponer un reflejo de los niveles de tecnología de telecomunicaciones, tecnología de la información, la comunicación y la innovación.

- El siguiente tema relativo al transporte está estrechamente correlacionado con el noveno ODS (industria, innovación e infraestructura) dado que la información que se obtiene de los medios de transporte de una ciudad, por ejemplo, públicos, es relevante a la hora de sacar conclusiones sobre la infraestructura de transportes de la misma. Por otra parte, este tema tiene que ver con el decimotercer ODS (acción por el clima) dado que presenta indicadores como: el porcentaje de personas que van a trabajar a diario en un medio de transporte diferente al vehículo particular y los kilómetros de carril bici por cada 100.000 habitantes. Estos indicadores aportan información acerca de una reducción en el consumo energético, así como de unas menores emisiones de sustancias químicas perjudiciales (como pueden ser las que favorecen el smog fotoquímico). Por otro lado, existe un vínculo con el tercer ODS (salud y bienestar), en este tema se contempla el indicador: muertes por accidentes durante el transporte por cada 100.000 habitantes; el tercer objetivo de desarrollo sostenible considera entre sus metas la reducción a la mitad del número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico para el año 2030.
- A continuación, este tema trata sobre la planificación urbana y puede vincularse con el decimotercer ODS (acción por el clima) debido al hecho de que incorpora un par de indicadores cuya finalidad principal es minimizar los impactos relacionados con el cambio climático, aunque también mejoran el clima urbano e incrementan la calidad de vida de los ciudadanos, son: las hectáreas de zonas verdes por cada 100.000 habitantes y el número anual de árboles plantados por cada 100.000 habitantes. Además, se asocia a los ODS primero (fin de la pobreza) y décimo (reducción de las desigualdades) por medio del indicador: tamaño del área de asentamientos irregulares como porcentaje del área de la ciudad; este indicador generalmente refleja la existencia de áreas urbanas marginales y el tamaño de las mismas.
- Los siguientes temas: aguas residuales y agua limpia y saneamiento, se asocian directamente con el sexto ODS (agua limpia y saneamiento), cuenta con indicadores del tipo: porcentaje de la población de la ciudad con servicio de recogida de aguas residuales, porcentaje de aguas residuales de la ciudad que no ha recibido tratamiento. De igual modo, se relacionan con el tercer ODS (salud y bienestar) debido a que el adecuado tratamiento de las aguas residuales es un indicador de la calidad de vida de una ciudad, además un correcto tratamiento de las mismas supone una disminución en la incidencia de diversas enfermedades que se transmiten por medio del agua. Sin embargo, el decimoséptimo tema (agua limpia y saneamiento) también se entronca a los ODS: primero (fin de la pobreza), tercero (salud y bienestar) y décimo (reducción de las desigualdades); en lo referente al acceso al agua potable, a unas instalaciones sanitarias seguras y adecuadas, a la reducción en el número de muertes y

enfermedades asociadas al agua contaminada, etc. Para ello cuenta con una serie de indicadores como son: el porcentaje de la población de la ciudad con servicio de suministro de agua potable, el porcentaje de la población de la ciudad con acceso sostenible a una fuente de agua potable, el porcentaje de la población con acceso a unas instalaciones sanitarias mejoradas, entre otros. Este tema se puede relacionar por otro lado con el decimosegundo ODS (producción y consumo responsables) a través de la información obtenida de los indicadores: consumo total de agua per cápita y el porcentaje de pérdida de agua (agua no contabilizada).

- El último tema, elaboración de informes y mantenimiento de registros podría ser asociado con el decimosexto ODS (paz, justicia e instituciones sólidas).

Tal y como se mencionó al principio, en lo que respecta al decimoséptimo objetivo de desarrollo sostenible (alianzas para lograr los objetivos) no hay un tema concreto con el que se pueda relacionar directamente puesto que está relacionado con todos y cada uno de ellos dado que una de las finalidades intrínsecas de la norma internacional ISO 37120:2014 es compartir las mejores prácticas logradas entre ciudades.

## 2.8. Objetivos, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad Urbana

La Norma ISO 37120:2014 considera una serie de indicadores principales de sostenibilidad urbana que se exponen, a continuación, de entre las temáticas mencionadas con anterioridad.

1. Economía.
  - 1.1. Tasa de desempleo de la ciudad.
  - 1.2. Valor catastral de los inmuebles comerciales e industriales como porcentaje del valor catastral total de todos los inmuebles.
  - 1.3. Porcentaje de población de la ciudad que vive en situación de pobreza.
2. Educación.
  - 2.1. Porcentaje de población femenina en edad escolar matriculada en una escuela.
  - 2.2. Porcentaje de alumnos que finalizan la educación primaria: tasa de supervivencia.
  - 2.3. Porcentaje de alumnos que finalizan la educación secundaria: tasa de supervivencia.
  - 2.4. Ratio alumno/maestro en educación primaria.
3. Energía.
  - 3.1. Uso residencial total de energía eléctrica per cápita (kWh/año).
  - 3.2. Porcentaje de la población de la ciudad con un servicio eléctrico autorizado.
  - 3.3. Consumo de energía en los edificios públicos por año (kWh/m<sup>2</sup>).
  - 3.4. Porcentaje total de energía derivado de fuentes renovables como parte del consumo total de energía de la ciudad.

4. Medio Ambiente.
  - 4.1. Concentración de partículas finas en suspensión (PM 2.5).
  - 4.2. Concentración de partículas en suspensión (PM 10).
  - 4.3. Emisiones de gases de efecto invernadero medidas en toneladas per cápita.
5. Finanzas.
  - 5.1. Coeficiente de carga de la deuda (gasto destinado a pagar la deuda como porcentaje de los ingresos propios del ayuntamiento).
6. Respuesta ante Incendios y Emergencias.
  - 6.1. Número de bomberos por cada 100.000 habitantes.
  - 6.2. Número de muertes relacionadas con un incendio por cada 100.000 habitantes.
  - 6.3. Número de muertes relacionadas con desastres naturales por cada 100.000 habitantes.
7. Gobierno.
  - 7.1. Participación de votantes en las últimas elecciones municipales (como porcentaje de las personas con derecho a voto).
  - 7.2. Mujeres como porcentaje del total de cargos electos en la Administración municipal.
8. Salud.
  - 8.1. Esperanza media de vida.
  - 8.2. Número de camas para hospitalización por cada 100.000 habitantes.
  - 8.3. Número de médicos por cada 100.000 habitantes.
  - 8.4. Mortalidad de menos de 5 años por cada 1.000 nacimientos vivos.
9. Esparcimiento.

En este tema no se establece ningún indicador principal, sin embargo, se establecen dos indicadores de apoyo.
10. Seguridad.
  - 10.1. Número de agentes de policía por cada 100.000 habitantes.
  - 10.2. Número de homicidios por cada 100.000 habitantes.
11. Acogida.
  - 11.1. Porcentaje de población de la ciudad que vive en barrios pobres.
12. Residuos Sólidos.
  - 12.1. Porcentaje de población de la ciudad con servicio regular de recogida de residuos sólidos (residencial).

- 12.2. Totalidad de residuos sólidos municipales recogidos per cápita.
- 12.3. Porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se reciclan.
13. Telecomunicación e Innovación.
  - 13.1. Número de conexiones a Internet por cada 100.000 habitantes.
  - 13.2. Número de conexiones de telefonía móvil por cada 100.000 habitantes.
14. Transporte.
  - 14.1. Kilómetros del sistema de transporte público de alta capacidad por cada 100.000 habitantes.
  - 14.2. Kilómetros de sistemas ligeros de transporte público de pasajeros por cada 100.000 habitantes.
  - 14.3. Número anual de viajes en transporte público per cápita.
  - 14.4. Número de automóviles particulares per cápita.
15. Planificación Urbana.
  - 15.1. Zonas verdes (hectáreas) por cada 100.000 habitantes.
  - 15.2. Número anual de árboles plantados por cada 100.000 habitantes.
16. Aguas Residuales.
  - 16.1. Porcentaje de la población de la ciudad con servicio de recogida de aguas residuales.
  - 16.2. Porcentaje de aguas residuales de la ciudad que no ha recibido tratamiento.
  - 16.3. Porcentaje de aguas residuales de la ciudad que recibe tratamiento primario.
  - 16.4. Porcentaje de aguas residuales de la ciudad que recibe tratamiento secundario.
  - 16.5. Porcentaje de aguas residuales de la ciudad que recibe tratamiento terciario.
17. Agua y Saneamiento.
  - 17.1. Porcentaje de población de la ciudad con servicio de suministro de agua potable.
  - 17.2. Porcentaje de población de la ciudad con acceso sostenible a una fuente de agua potable mejorada.
  - 17.3. Porcentaje de población con acceso a unas instalaciones sanitarias mejoradas.
  - 17.4. Consumo doméstico total de agua per cápita (litros/día).
18. Elaboración de informes y mantenimiento de registros.

Los indicadores principales aquí presentados deben ser seguidos por quienes implementen esta norma. Estos indicadores con sus respectivos temas, aquí expuestos deberían ser seguidos o tomados en consideración, como hoja de ruta, para llevar a cabo la evaluación de

la sostenibilidad urbana de las ciudades adecuadamente.

A continuación, se expone una matriz en la que se presentan todos los temas establecidos por la norma internacional 37120:2014, y su relación con los indicadores que poseen otros estándares:

Estándares	ISO 37120:2014	EGCA	EESUL	LVSUL	SMIS	ICGS	SCI	EGLA	ASCA	AUE	LBSPUE
Contenido											
Economía	X	X		X		X				X	
Educación	X					X	X	X		X	
Energía	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Medio Ambiente	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Finanzas	X					X	X			X	X
Respuesta ante incendios y emergencias	X									X	
Gobierno	X	X	X		X	X				X	X
Salud	X	X		X		X		X	X	X	X
Esparcimiento	X		X	X		X		X		X	X
Seguridad	X					X	X			X	
Acogida	X			X	X	X	X			X	X
Residuos Sólidos	X	X		X		X	X	X	X	X	X
Telecomunicaciones e Innovación	X	X				X				X	
Transporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Planificación Urbana	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Aguas Residuales	X	X		X	X		X		X	X	X
Agua y Saneamiento	X	X		X	X		X	X	X	X	X

Tabla 3.1. Indicadores de sostenibilidad. Elaboración propia, a partir de los datos de los estándares.

En esta matriz, se presentan en la columna de la izquierda los temas que expone la norma ISO 37120: 2014 de *Desarrollo sostenible en las ciudades*, frente a una serie de estándares internacionales expuestos en la primera fila (incluye la propia ISO), como son: European Green Capital, Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local, Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local, Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad, Índice de Ciudades

Competitivas y Sustentables, Sustainable Cities Initiative, European Green Leaf Award, Australian Sustainable Cities Award, Agenda Urbana Española y Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español. En esta matriz, se han marcado con una letra "X" aquellas casillas en las que el tema considerado en la parte izquierda de la fila era contemplado por el estándar expuesto en la parte superior de la misma casilla. Por tanto, se puede concluir que determinados temas tienen una gran presencia entre los estándares mientras que otros que a penas son considerados por los estándares. Este hecho también forma parte de la sostenibilidad ambiental, las actuaciones que se planteen y se lleven a cabo deben tener un enfoque integrado, no sectorial.

La consecución de la sostenibilidad urbana ha sido reflejada por cada estándar mediante la contemplación de los siguientes temas:

El European Green Capital Award (EGCA) toma en consideración los siguientes temas:

- Cambio climático: Mitigación.
- Cambio climático: Adaptación.
- Movilidad Urbana Sostenible.
- Uso Sostenible de la Tierra.
- Naturaleza y Biodiversidad.
- Calidad del Aire.
- Ruido.
- Residuos.
- Agua.
- Crecimiento Verde y Eco-innovación.
- Rendimiento Energético.
- Gobernanza

La Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (EESUL) considera:

- Modelo Urbano e Instrumentos Urbanísticos.
- Accesibilidad, Movilidad y Transporte Sostenible.
- Gestión Urbana, Gobernanza y Participación Ciudadana.
- Edificación.
- Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.
- Relaciones entre el Mundo Rural y Urbano.

El Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local (LVSUL), *la Era de la información*, considera los temas:

- Urbanismo.
- Movilidad.

- Edificación.
- Biodiversidad.
- Energía.
- Agua.
- Uso de los Recursos y Gestión de los Residuos.
- Calidad del Aire.
- Ruido Urbano.
- Cambio Climático.
- Sostenibilidad Social: hábitat urbano e inclusión social.
- Economía.
- Ámbito Rural- Urbano.

El Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad (SMIS) toma en consideración:

- Ocupación del Suelo.
- Complejidad Urbana.
- Movilidad Sostenible.
- Metabolismo Urbano.
  - ✓ Agua.
  - ✓ Energía.
  - ✓ Residuos.
  - ✓ Contaminación Atmosférica y Acústica.
- Cohesión Social.
- Aumento de la Biodiversidad.

El Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables (ICCS) considera:

- Movilidad y Transporte.
- Uso de la energía.
- Residuos Sólidos Urbanos.
- Suelo y Áreas Verdes.
- Calidad del Aire.
- Uso del Agua.
- Innovación en los Sectores Económicos.
- Aprovechamiento de las Relaciones Internacionales.

- Sectores Precursores.
- Economía Estable.
- Mercado Laboral.
- Gobiernos Eficientes y Eficaces.
- Sistema Político Estable y Funcional.
- Sociedad Incluyente, Preparada y Sana.
- Sistema de Derecho Confiable y Objetivo.

La Sustainable Cities Initiative (SCI) considera los siguientes temas:

- Conservación de Zonas Históricas y Regeneración.
- Eficiencia Energética y Cambio Climático.
- Regeneración de Solares Industriales Abandonados.
- Financiación Municipal.
- Gestión de los Residuos Sólidos.
- Agua y Aguas Residuales.
- Movilidad Urbana.
- Inclusión Social.

El European Green Leaf Award 2020 (EGLA) considera los siguientes indicadores:

- Cambio Climático y Rendimiento Energético.
- Movilidad Urbana Sostenible.
- Naturaleza, Biodiversidad y Uso Sostenible de la tierra.
- Calidad del Aire y Ruido.
- Residuos y Economía Circular.
- Agua.

El Australian Sustainable Cities Award (ASCA) evalúa la consecución de los siguientes indicadores:

- Acciones Comunitarias y Bienestar.
- Prevención de los Residuos del Centro Dame Phyllis Frost, Gestión de los Residuos y Recuperación de Recursos.
- Sostenibilidad Ambiental.
- Patrimonio y Cultura.
- Jóvenes Promesas.
- Educación Ambiental.

La [Agenda Urbana Española \(AUE\)](#): su génesis es lograr la sostenibilidad en las políticas de desarrollo urbano. Cuenta con diversos indicadores de seguimiento y evaluación que se estructuran en estos temas:

- Territorio, Paisaje y Biodiversidad.
- Modelo de ciudad.
- Cambio climático.
- Gestión Sostenible de los Recursos y Economía Circular.
- Movilidad y Transporte.
- Cohesión Social e Igualdad de Oportunidades.
- Economía Urbana.
- Vivienda.
- Era Digital.
- Instrumentos.

Cada uno de los temas se compone de: objetivos estratégicos, objetivos específicos, indicadores cualitativos e indicadores cuantitativos. A diferencia de la ISO 37120:2014 que diferenciaba a los indicadores según su importancia, esta distingue a los indicadores en función de la tipología de datos que se van a obtener a partir de ellos: cualitativos o cuantitativos.

El [Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español \(LBSPUE\)](#) tiene como objetivo lograr un mayor grado de sostenibilidad en el ámbito del planeamiento urbanístico, para lo cual presenta un conjunto argumentado de propuestas de actuación, del mismo modo agrupa y analiza toda la normativa relevante para el planeamiento urbanístico a escala estatal y autonómica. Establece una serie de criterios de sostenibilidad que podrían plasmarse en la correspondiente normativa para lograr un planeamiento más sostenible, además, dichos criterios o recomendaciones podrían llevar asociados indicadores, adaptados al caso específico de cada territorio, que hiciesen posible su evaluación. Distingue los criterios en: carácter territorial y carácter urbanístico. En primer lugar, criterios de sostenibilidad de carácter territorial: reordenación de los usos agrícolas, potenciación de la agricultura y ganadería periurbanas de proximidad, en ocasiones rentabilizar la vuelta a los usos ganaderos tradicionales no estabulados, reorganización de los sistemas de los sistemas de distribución y comercialización de los productos agrícolas y ganaderos, reconversión de áreas agrícolas degradadas en zonas forestales y obstaculizar el uso del territorio dedicado al turismo basado en su consumo. En segundo lugar, criterios de sostenibilidad de carácter urbanístico: minimizar el consumo de suelo, evitar la dispersión, conseguir ciudades complejas, regular los estándares y densidades, rehabilitación, innovar partes de la ciudad, auspiciar la vivienda en alquiler y considerar los criterios bioclimáticos en los diseños.

### **2.8.1. Indicadores de Sostenibilidad Urbana**

[ISO 37120:2014 definición de los parámetros de sostenibilidad. Requisitos.](#)

Para poder sacar conclusiones acerca de si una ciudad, territorio o distrito urbano es sostenible es necesario evaluar cada uno de los parámetros a continuación presentados, para

llevar a cabo este fin esta norma internacional cuenta con una serie de indicadores (principales y de apoyo) que deben ser compilados cada año. En esta norma internacional los indicadores principales son considerados esenciales a la hora de dirigir y evaluar la gestión del desempeño de los servicios urbanos y la calidad de vida.

- 1. Economía.** Presenta tres indicadores principales. En primer lugar, la tasa de desempleo de la ciudad: se expresa en forma porcentual y se calcula mediante el número de residentes de la ciudad que se encuentran en edad de trabajar, pero que, durante el período de referencia del estudio, carecían de un empleo remunerado, sin ser autónomos, sin embargo, podían trabajar y estaban buscando trabajo (remunerado), dividido por el total de la población activa y multiplicado por cien. El segundo indicador es el valor catastral de los inmuebles comerciales e industriales expresado como porcentaje del valor catastral total de todos los inmuebles: se expresa como porcentaje y se halla a través de la división del valor catastral total de los inmuebles comerciales e industriales entre el valor catastral total de la totalidad de los inmuebles, el resultado obtenido se multiplica por cien. Finalmente, cuenta con el indicador principal del porcentaje de la población de la ciudad que vive en situación de pobreza: es expresado en forma porcentual; se calcula como el número de personas que vive bajo el umbral de la pobreza dividido por el total de la población actual de la ciudad y se multiplica el resultado por cien.
- 2. Educación.** Este apartado contiene cuatro indicadores principales. Primeramente, establece el indicador del porcentaje de la población femenina en edad escolar matriculada en una escuela: se halla mediante la división de la población femenina en edad escolar matriculada en educación primaria y secundaria, tanto en escuelas públicas como en privadas, entre la población femenina total en edad escolar, se multiplica el resultado por cien para expresarlo como porcentaje. El siguiente es el porcentaje de alumnos que finalizan la educación primaria: esta tasa de supervivencia se calcula como el número total de alumnos que pertenecen a una cohorte, o sea aquellos originalmente matriculados en el primer grado de educación primaria, y que completen el último grado de educación primaria dividido por el número total de alumnos que pertenecen a una cohorte, seguidamente el resultado es multiplicado por cien para expresarse de manera porcentual. El tercer indicador es el porcentaje de alumnos que finalizan la educación secundaria (tasa de supervivencia): se calcula como la división del número total de alumnos que forman parte de una cohorte y completan el último grado de educación secundaria entre el número total de alumnos pertenecientes a una cohorte y a continuación, se multiplica por cien para expresarlo en forma de porcentaje. El último indicador es la ratio alumno/maestro en educación primaria: se calcula dividiendo el número de alumnos matriculados en educación primaria por el número de maestros equivalentes a tiempo completo de educación primaria.
- 3. Energía.** Presenta cuatro indicadores principales. Inicialmente, el uso residencial total de energía eléctrica per cápita (kWh/año): se calcula a través de la realización de la división del uso residencial total de energía eléctrica de una ciudad en kilovatios hora entre la población total de la ciudad. En segundo lugar, el porcentaje de la población de la ciudad con un servicio eléctrico autorizado: debe ser calculado como el número de ciudadanos con conexión legal al sistema de suministro eléctrico entre la totalidad de la población de

la ciudad, luego se multiplica por cien para expresarlo porcentualmente. El siguiente indicador es el consumo de energía en los edificios públicos por año (kWh/m<sup>2</sup>): es calculado anualmente de la forma: se divide el uso total de electricidad en la etapa final de consumo de los edificios públicos por la superficie total de dichos edificios en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). El ulterior es el porcentaje total de energía derivado de fuentes renovables como parte del consumo total de energía de la ciudad: para calcularlo se hace la división del consumo total de energía generada a partir de fuentes renovables entre el consumo energético total.

- 4. Medio Ambiente.** Este apartado contiene tres indicadores principales. En primer lugar, la concentración de partículas finas en suspensión (PM 2.5): se debe calcular como la masa total de partículas recogidas de 2.5 micras o menos de diámetro dividida por el volumen de aire muestreado, expresando el resultado en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración de partículas en suspensión (PM 10): se calcula por medio de la división entre la masa total de partículas recogidas en el rango de tamaño de PM 10 y el volumen de aire que ha sido muestreado, expresada en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Finalmente, las emisiones de gases de efecto invernadero medidas en toneladas per cápita: se calcula mediante la cantidad total de gases de efecto invernadero en toneladas que se han generado durante más de un año natural debidas a todas las actividades realizadas dentro de la ciudad (incluye las emisiones indirectas fuera de los límites de la ciudad), dividiéndola por la población actual de la ciudad y se expresa en toneladas el resultado.
- 5. Finanzas.** Contempla un solo indicador principal, el coeficiente de carga de la deuda (gasto destinado a pagar la deuda como porcentaje de los ingresos propios del ayuntamiento): se expresa como porcentaje y se calcula por medio de la división de los costes totales de carga de la deuda a largo plazo (considerando financiación temporal, pagos de arrendamientos y demás cargas de deuda) por la totalidad de los ingresos provenientes de fuentes propias, a este resultado se le multiplica por cien.
- 6. Respuesta ante incendios y emergencias.** Presenta tres indicadores principales. El primero es el número de bomberos por cada 100.000 habitantes: para calcularlo se divide el número total de bomberos remunerados que trabajan a tiempo completo por una cienmilésima parte de la población de la ciudad. Seguidamente considera el número de muertes relacionadas con un incendio por cada 100.000 habitantes: este indicador se refiere a la cifra de muertos que se atribuye directamente a un incendio cuyas defunciones ocurran dentro de los treinta días posteriores y se calcula de la forma: número total de muertes de ciudadanos asociadas a un incendio y registradas en un período de un año dividido por una cienmilésima parte de la población de la ciudad. En último lugar, el número de muertes relacionadas con desastres naturales por cada 100.000 habitantes: debe ser calculado mediante la división del número total de muertes relacionadas con desastres naturales que hayan sido registradas en un período de doce meses entre una cienmilésima parte de la población total ciudadana.
- 7. Gobierno.** Establece dos indicadores principales. Primeramente, la participación de votantes en las últimas elecciones municipales (expresado como el porcentaje de las personas con derecho a voto): debe ser calculado como el número de personas que ejercieron su derecho al voto en las últimas elecciones dividido por la población de la

ciudad que tiene derecho de voto. El otro indicador principal que recoge es las mujeres como porcentaje del total de cargos electos en la Administración municipal: se calcula llevando a cabo la división del número total de cargos que ostentan las mujeres partido del número total de cargos municipales electos, al resultado obtenido se le debe multiplicar por cien para expresarlo porcentualmente.

- 8. Salud.** Contiene cuatro indicadores principales. El primero de ellos es la esperanza media de vida: se calcula considerando el número medio de años que vivirá un grupo de personas nacido el mismo año, si permanecen constantes las condiciones de salud y de vida a lo largo de sus vidas desde el momento de su nacimiento. En segundo lugar, el número de camas para hospitalización por cada 100.000 habitantes: se calcula a través de la división del número total de camas para hospitalización de pacientes, tanto en hospitales públicos como en privados, por una cienmilésima parte de la población de la ciudad. A continuación, el número de médicos por cada 100.000 habitantes: se calcula dividiendo el número de médicos cuyo trabajo se localice en la ciudad, tanto de medicina como especialistas, entre una cienmilésima parte de la totalidad de la población. Finalmente, la mortalidad de menores de cinco años por cada 1.000 nacimientos vivos: hace referencia a la probabilidad de que un niño nacido en un año determinado muera antes de alcanzar la edad de cinco años, se expresa en forma de tasa por cada 1.000 nacimientos de niños vivos, para calcularlo se toman los datos de nacimientos y defunciones recogidos en el registro vital, las encuestas domésticas o del censo.
- 9. Esparcimiento.** Este apartado no recoge ningún indicador principal.
- 10. Seguridad.** Establece dos indicadores principales. El primero de ellos es el número de agentes de policía por cada 100.000 habitantes: se calcula realizando la división del número de agentes de policía permanentes, a tiempo completo o equivalentes este, entre una cienmilésima parte de la población total de la ciudad. Y el número de homicidios por cada 100.000 habitantes: es calculado mediante la cifra total de homicidios denunciados dividida por una cienmilésima parte de la totalidad de la población de la ciudad.
- 11. Acogida.** Contempla un indicador principal, el porcentaje de población de la ciudad que vive en barrios pobres: es calculado dividiendo el número de personas que habitan en barrios pobres por la población de la ciudad.
- 12. Residuos sólidos.** Presenta tres indicadores principales. En primer término, el porcentaje de la población de la ciudad con servicio regular de recogida de residuos sólidos (residencial): se expresa en forma de porcentaje y se calcula por medio de la división del número de personas, dentro de la ciudad, que cuentan con un servicio de recogida de residuos sólidos entre la totalidad de la población de dicha ciudad, el resultado se multiplica por cien. Seguidamente, el total de residuos sólidos municipales recogidos per cápita: este indicador pretende expresar el conjunto de residuos sólidos generados en un municipio por habitante, se calcula mediante las toneladas totales de residuos sólidos, domésticos y comerciales, divididas por la población total de la ciudad. Por último, el porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se reciclan: las toneladas totales de

residuos sólidos de la ciudad que se reciclan se dividen entre las toneladas totales de residuos sólidos producidos en la ciudad.

- 13. Telecomunicaciones e innovación.** Establece dos indicadores principales. El primero de ellos es el número de conexiones a Internet por cada 100.000 habitantes: para calcularlo se divide el número de conexiones totales a Internet por una cienmilésima parte de la población ciudadana. Y el número de conexiones de telefonía móvil por cada 100.000 habitantes: es calculado dividiendo el número de conexiones de telefonía móvil por una cienmilésima parte de la población.
- 14. Transporte.** Contiene cuatro indicadores principales. En primera instancia establece el indicador de los kilómetros del sistema de transporte público de alta capacidad por cada 100.000 habitantes: para calcularlo se suman los kilómetros que conforman el sistema de transporte público de alta capacidad que funciona en la ciudad y se divide por una cienmilésima parte de la población de la misma. A continuación, los kilómetros de sistemas ligeros de transporte público de pasajeros por cada 100.000 habitantes: se calcula mediante la suma de los kilómetros de los sistemas de transporte público de pasajeros de la ciudad y la división entre una cienmilésima parte de la población total de la ciudad. El siguiente indicador principal es el número anual de viajes en transporte público per cápita: su cálculo se realiza dividiendo el número total de viajes en transporte público, originados en la ciudad, entre la población total de la misma. Finalmente, el número de automóviles particulares per cápita: su cálculo se lleva a cabo mediante la división de la cifra total de automóviles particulares matriculados en una ciudad por la población total de dicha ciudad.
- 15. Planificación urbana.** Cuenta con un indicador principal, las hectáreas de zonas verdes por cada 100.000 habitantes: se calcula por medio de la división de las hectáreas totales de zonas verdes de la ciudad entre una cienmilésima parte de la población total.
- 16. Aguas residuales.** Establece cinco indicadores principales. Inicialmente, el porcentaje de la población de la ciudad con servicio de recogida de aguas residuales: para hallarlo se hace la división del número de ciudadanos que cuenta con un servicio de recogida de las aguas residuales entre la población de la ciudad, al ser un porcentaje el resultado se multiplica por cien. Después, el porcentaje de aguas residuales de la ciudad que no ha recibido tratamiento: se expresa porcentualmente, es calculado a través de la división de la cantidad total de aguas residuales que no se han sometido a ningún tratamiento entre la totalidad de las aguas residuales producidas y recogidas en la ciudad, el resultado es multiplicado por cien. Seguidamente, el porcentaje de aguas residuales de la ciudad que recibe tratamiento primario: se calcula como la totalidad de las aguas residuales de la ciudad que han sido sometidas a tratamiento primario dividida por la cantidad total de aguas residuales producidas y recogidas en la ciudad, el resultado se multiplica por cien para expresarlo en forma de porcentaje. Por otra parte, el porcentaje de aguas residuales que recibe tratamiento secundario: totalidad de aguas residuales sometidas a tratamiento secundario dividida por la cantidad total de aguas residuales producidas y recogidas en la ciudad y se multiplica el resultado por cien para expresarlo como porcentaje. El último indicador principal es el porcentaje de aguas residuales de la ciudad que recibe tratamiento terciario: se calcula de la forma siguiente: se divide la cantidad total de aguas

residuales de la ciudad que han sido sometidas a tratamiento terciario por la cantidad total de aguas residuales producidas y recogidas y se multiplica por cien para expresarlo porcentualmente.

**17. Agua y saneamiento.** Presenta cuatro indicadores principales. En primer lugar, el porcentaje de población de la ciudad con servicio de suministro de agua potable: se calcula dividiendo el número total de personas con servicio de suministro de agua potable por la totalidad de la población ciudadana, multiplicando el resultado por cien para expresarlo en forma de porcentaje. En segundo lugar, el porcentaje de población de la ciudad con acceso sostenible a una fuente de agua potable: es calculado realizando la división de la totalidad de la población que tiene acceso a una fuente de agua mejorada por la población total de la ciudad y el resultado es multiplicado por cien al tratarse de un porcentaje. En tercer lugar, el porcentaje de población con acceso a unas instalaciones sanitarias mejoradas: se divide el total de personas con acceso a unas instalaciones mejoradas de saneamiento por el total de la población de la ciudad, el resultado se multiplica por cien. Finalmente, el consumo doméstico total de agua per cápita (expresado en litros/día): se calcula como el total del consumo de agua de la ciudad para usos domésticos, expresado en litros/día, dividido por la población total ciudadana.

## 2.8.2. Otros Estándares Importantes

Los indicadores de sostenibilidad urbana establecidos por la [Agenda Urbana Española](#) son:

1. El tema territorio, paisaje y biodiversidad se compone de cinco indicadores cuantitativos, relativos a los tres objetivos específicos que contiene, algunos de ellos son: la correlación entre urbanización de suelo, dinámica demográfica, empleo y actividades económicas; presupuesto de las actuaciones previstas de mejora y/o conservación del patrimonio natural y cultural, incluyendo aquellas encaminadas a la mejora de la conexión urbana-rural y superficie de suelo destinado a infraestructuras verdes urbanas sobre las que se van a realizar actuaciones de recuperación, mejora e interconexión para su funcionamiento en red.
2. Este tema modelo de ciudad presenta once indicadores cuantitativos debido a que establece seis objetivos específicos para los mismos, son algunos de los siguientes: porcentaje de población próxima a los principales servicios básicos; superficie de suelo urbano en el que se van a realizar actuaciones de mejora y readecuación de los usos, para favorecer la proximidad y la diversidad de usos en la ciudad; superficie de suelo destinado a espacios públicos en los que se van a llevar a cabo actuaciones para la reducción del ruido y mejorar el confort acústico; número de viviendas sujetas a actuaciones de rehabilitación y presupuesto de las actuaciones de regeneración urbana previstas en barrios vulnerables desde el punto de vista social, económico o ambiental.
3. El tercer tema es el cambio climático, está formado por tres objetivos específicos los cuales cuentan con un indicador cuantitativo cada uno. Los indicadores cuantitativos que establece son: superficie de suelo urbano en la que se prevé realizar actuaciones de mejora o prevención de riesgos naturales, incluyendo el

riesgo de incendios e inundaciones; reducción anual estimada de gases efecto invernadero (GEI) y del número de días en que se superan los límites de calidad del aire y superficie de suelo urbano en la que se prevén realizar actuaciones de mejora o creación de zonas verdes y/o espacios abiertos basados en modelos autóctonos y criterios bioclimáticos.

4. El siguiente tema es la gestión sostenible de los recursos y la economía circular, presenta cuatro objetivos específicos que a su vez contienen cuatro indicadores cuantitativos. Son: consumo de energía por la edificación, infraestructuras y servicios públicos; porcentaje de autosuficiencia hídrica; presupuesto invertido en actuaciones que emplean materiales locales y fácilmente reciclables y generación de residuos por habitante.
5. El tema movilidad y transporte se conforma de dos objetivos específicos asociados a cuatro indicadores cuantitativos, como son: distribución modal de los viajes (todos los motivos) en el área urbana; sostenibilidad de la distribución urbana de mercancías (última milla); flota de autobuses de bajas emisiones o con combustibles "limpios" dedicados al transporte público urbano y número de viajes en transporte público.
6. El tema seis es la cohesión social e igualdad de oportunidades. Presenta dos objetivos específicos para los que se establecen dos indicadores cuantitativos que son: presupuesto invertido en actuaciones realizadas en barrios vulnerables desde el punto de vista social, económico o ambiental y presupuesto invertido en actuaciones destinadas a garantizar la igualdad de oportunidades desde el punto de vista social, económico y ambiental.
7. El séptimo tema es la economía urbana. Se compone de dos objetivos específicos y dos indicadores cuantitativos: presupuesto de las actuaciones previstas para la dinamización del comercio e industria local y de impulso de la actividad turística sostenible y número de visitantes atraídos por los activos de patrimonio cultural, natural y paisajístico.
8. El siguiente tema es la vivienda que está compuesta por dos objetivos específicos y tres indicadores cuantitativos asociados a los mismos, como son: número de viviendas sujetas a regímenes de protección incluidas en los planes locales de vivienda; número de viviendas destinadas a alquiler social a precio asequible y número de personas beneficiarias de los programas incluidos en planes públicos de vivienda.
9. El noveno tema es la era digital y se compone de dos objetivos específicos que presentan un indicador cuantitativo cada uno: número de usuarios que están cubiertos por un determinado servicio público electrónico de Smart cities y porcentaje de trámites y gestiones a través de internet de empresas y ciudadanos.
10. Finalmente, el tema instrumentos establece cuatro objetivos específicos, pero solo un indicador cuantitativo, en cambio, presenta ocho indicadores cualitativos. El único indicador cuantitativo que aparece es el número de

personas beneficiarias de actividades de formación y sensibilización en las materias incluidas en la agenda urbana.

Es observable que la Agenda Urbana Española no es tan extensa, ni adaptable como para comparar resultados entre territorios heterogéneos como la norma internacional ISO 37120:2014, sin embargo, es una herramienta muy valiosa, a la par que útil a la hora de medir y evaluar la sostenibilidad de una ciudad a escala nacional, que es esencialmente su objetivo, aunque también podría aplicarse internacionalmente a territorios cuyas características sean similares a las de España.

Los indicadores de sostenibilidad que contempla el Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad se exponen a continuación, en una tabla en la cual aparecen en la columna de la parte izquierda los seis grandes apartados (ocupación de suelo, complejidad urbana, movilidad sostenible, metabolismo urbano, cohesión social y aumento de la biodiversidad) en los que se aúnan los criterios de sostenibilidad localizados en la columna central y que son medidos por medio de los indicadores situados en la columna de la parte derecha de dicha tabla.

Ocupación del Suelo.	Suelo.	Ocupación de los usos del Suelo (superficie artificial por habitante, superficie urbanizada del término municipal y superficie artificial en relación a la superficie municipal).
	Usos e Intensidad edificatoria.	Densidad de población (densidad de viviendas, densidad de población de derecho y flotante). Compacidad urbana (dispersión de los núcleos de población). Zonas verdes por habitante (zonas verdes públicas y ejecutadas por el planeamiento).
Complejidad Urbana.	Diversidad de usos y funciones.	Complejidad urbana (número de actividades por habitante). Equilibrio entre actividad y residencia.
Movilidad Sostenible.	Configuración de la red.	Distribución modal del transporte urbano (transporte modal intermunicipal y tiempo y distancia media recorrida según el motivo de desplazamiento).
	Funcionalidad.	Espacio viario para peatones (proporción del número de calles con prioridad para peatones). Espacio viario para bicicletas (proximidad de la población a una parada de transporte público). Espacio viario para transporte público (proximidad de la población a una parada de transporte público y número de servicios interurbanos por núcleo urbano).

Metabolismo Urbano.	Agua.	Consumo de agua urbano (pérdidas de agua en la red de distribución). Depuración de las aguas residuales urbanas (porcentaje de población conectada a sistemas de saneamiento). Reutilización de las aguas residuales depuradas (volumen de agua reutilizada por habitante).
	Energía.	Consumo final de energía (consumo eléctrico municipal). Producción local de energías renovables (autosuficiencia energética local a partir de energías renovables).
	Residuos.	Generación de residuos sólidos urbanos. Recogida selectiva neta de residuos.
	Contaminación Atmosférica y Acústica.	Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente. Calidad del aire (población expuesta a niveles de inmisión inferiores a 40 µg/m <sup>3</sup> ). Confort acústico.
Cohesión Social.	Mezcla de población.	Envejecimiento de la población (índice de segregación de las personas mayores). Población de nacionalidad extranjera (índice de segregación de la población extranjera y población extranjera según procedencia). Titulados superiores (índice de segregación de la población con titulación superior).
	Mercado de trabajo.	Población activa (tasa de paro y tasa de dependencia). Autocontención laboral (autosuficiencia laboral e índice de empleo local).
	Servicios básicos.	Proximidad a servicios básicos urbanos (tiempo de acceso de la población a los servicios urbanos básico y acceso a nuevas tecnologías).
	Participación ciudadana.	Satisfacción de los ciudadanos con la comunidad local. Tasa de asociacionismo (población asociada).
Aumento de la Biodiversidad.	Superficie de paisaje recuperado.	Inversión municipal en proyectos de restauración y de conservación ambiental.
	Superficie agrícola y ganadería ecológica.	

Tabla 3.2. Indicadores de sostenibilidad. Fuente: SMIS.

Además de dichos estándares, existen otras herramientas importantes en materia de sostenibilidad en las ciudades: aplicación, intercambio de progresos y experiencias, ... Como son:

- El Marco Europeo de Referencia para la Ciudad Sostenible (RFSC) es una herramienta de carácter voluntario cuyo objetivo es impulsar la sostenibilidad urbana en Europa, desde el punto de vista operativo ha desarrollado los principios de la Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles. Está formada por los siguientes instrumentos: un listado de cuestiones que permiten realizar una autoevaluación acerca de la sostenibilidad urbana y el enfoque integrado del desarrollo urbano, un sistema de indicadores que sirven para monitorizar el proceso (distingue entre recomendados y secundarios), diversos utensilios de visualización de resultados (como diagramas de sostenibilidad e instrumentos que facilitan en intercambio de experiencias entre ciudades. Las ventajas de esta herramienta son que permite intercambiar información y buenas prácticas entre ciudades, está adaptada para poder aplicarse en ciudades dispares entre sí, empleando el mismo lenguaje y los mismos criterios para definir la sostenibilidad, además, presenta un carácter sintético de otras herramientas existentes y marcos de referencia.
- El URBACT es un programa europeo de aprendizaje e intercambio que promueve el desarrollo sostenible para las ciudades. Lo financia la Unión Europea y los Estados Miembros. Actualmente, se encuentra en vigor el Programa URBACT III, el cual se desarrolló para proseguir impulsando el desarrollo sostenible urbano integrado, así como contribuir a la implementación de la estrategia Europa 2020. Se desarrolla en torno a cuatro objetivos principales: la mejora de las capacidades de las ciudades para gestionar las políticas y las prácticas urbanas sostenibles de una forma integrada e interactiva, optimizar el diseño de las prácticas y las políticas urbanas sostenibles, mejorar la implementación de políticas urbanas integradas y sostenibles, garantizar que tanto los profesionales como los tomadores de decisiones de todos los niveles tengan acceso a los conocimientos y de igual modo compartan informaciones relativas al desarrollo urbano sostenible.
- Por otro lado, aunque aquí no se trate, algunas ciudades cuentan con sus propios indicadores de sostenibilidad locales, como es el caso, de la Guía de Indicadores de Sostenibilidad Local del País Vasco (Udasalrea 21).

## 4. METODOLOGÍAS APLICABLES: CASO DEL OBSERVATORIO DE LA SOSTENIBILIDAD

---

El Observatorio de la Sostenibilidad (OS) ha emitido un informe del 2018 en el que se ha evaluado la sostenibilidad de las diversas ciudades españolas en base a cuatro bloques temáticos (económico, social, ambiental y de transparencia y cooperación) que, por medio de una serie de indicadores, empleando los datos disponibles, han formulado una clasificación de la sostenibilidad existente en dichas ciudades. De tal forma, se han planteado los siguientes resultados de la clasificación:

- × En sostenibilidad general las mejores ciudades españolas de entre las cincuenta y dos capitales de provincia son: **Vitoria/Gasteiz, Madrid, Barcelona, Donostia/San Sebastián y Bilbao.**
- × En sostenibilidad general de entre las grandes ciudades, es decir, las que cuentan con una población superior a quinientos mil habitantes, la mejor es: **Madrid.**
- × En sostenibilidad general de entre las ciudades de tamaño medio, o sea, aquellas cuya población se encuentra entre los cien mil y los quinientos mil habitantes, la mejor es: **Vitoria.**
- × En sostenibilidad general de entre las ciudades de pequeño tamaño, es decir, cuya población es inferior a cien mil habitantes, la mejor es: **Huesca.**
- × En sostenibilidad general de entre las ciudades costeras la mejor de la clasificación es: **Barcelona.**
- × En sostenibilidad general de entre las ciudades pertenecientes a la España interior la mejor clasificada es: **Burgos.**
- × En sostenibilidad económica la mejor clasificada es: Madrid.
- × En sostenibilidad social la ciudad mejor es: Vitoria/ Gasteiz.
- × En sostenibilidad ambiental la ciudad mejor clasificada es: Huesca.
- × En sostenibilidad de transparencia y cooperación la ciudad mejor clasificada es: Donostia/ San Sebastián.

A continuación, se expone la tabla que presenta los indicadores que ha empleado el Observatorio de Sostenibilidad para medir la sostenibilidad de las ciudades:

Bloque	Tema	Indicador
Economía	Conectividad global.	Índice propio.

	Desigualdad, pobreza y vulnerabilidad.	Porcentaje de la población en riesgo de pobreza y exclusión.
		Porcentaje de declarantes con renta inferior a 6.010 euros
		Población residente en barrios vulnerables.
	Empleo	Tasa de desempleo.
		Desempleo juvenil respecto al total.
		Vulnerabilidad por diversidad de empleo.
	Emprendimiento	Número de empresas por cada mil habitantes.
	Finanzas municipales	Recursos propios en el presupuesto municipal.
		Presupuesto municipal per cápita.
	Renta y coste de la vida	Renta por hogar
		Porcentaje de desviación del coste de la vida respecto a la media.
		Variación en el número de hogares 2015 a 2017.
		Balance del gasto en electricidad por hogar.
Tasa de pobreza infantil	Tasa de pobreza infantil.	
Transporte de pasajeros y mercancías.	Acceso a servicios de transporte de viajeros y mercancías.	
Turismo	Pernoctaciones hoteleras por número de camas.	
Social	Acceso a la vivienda	Carestía de la compra de vivienda.
		Carestía del alquiler de vivienda.
		Porcentaje de viviendas vacías.
		Porcentaje de vivienda protegida.
	Criminalidad	Tasa de infracciones penales por cada mil habitantes.
Demografía	Esperanza de vida al nacer.	
	Porcentaje de población menor de 16 años.	

		Porcentaje de población mayor de 65 años.
		Porcentaje de población de origen extranjero.
	Educación	Gasto en enseñanza.
		Porcentaje de población con nivel educativo medio o superior.
		Porcentaje de niños en educación infantil.
	Género	Brecha de género en empleo.
		Denuncias por violencia de género.
	Movilidad	Porcentaje de desplazamientos al trabajo en vehículo privado.
		Tiempo de desplazamiento al trabajo.
		Precio medio del transporte público.
		Porcentaje de muertes por accidentes de tráfico.
	Sanidad	Gasto en salud.
		Camas hospitalarias por cada diez mil habitantes.
		Titulados en medicina por cada diez mil habitantes.
Servicios municipales	Presupuesto municipal destinado a servicios sociales.	
Ambiental	Agua	Consumo hídrico per cápita.
	Cambio climático	Emisiones difusas Gases de Efecto Invernadero.
		Emisiones fijas de GEI.
	Contaminación atmosférica.	Contaminación por NO <sub>2</sub> .
		Contaminación por PM10.
		Contaminación por PM2,5.
		Superación de los valores límites de emisión para contaminantes.
	Medio natural y recreativo	Número de habitantes por cada hectárea de parque o jardín público.
		Superficie de espacio natural por habitante.
		Porcentaje de playas urbanizadas.

	Residuos	Generación de residuos por habitante y año.
		Porcentaje de reciclaje de envases de papel y cartón.
		Porcentaje de reciclaje de envases de plástico.
		Porcentaje de reciclaje de envases de vidrio.
	Ruido	Porcentaje de población expuesta a ruido elevado matinal.
		Porcentaje de población expuesta a ruido elevado vespertino.
Porcentaje de población expuesta a ruido elevado nocturno.		
Transparencia y Cooperación	Cooperación	Presupuesto para proyectos de cooperación.
	Redes	Participación en redes de ciudades sostenibles.
	Transparencia	Transparencia en la administración municipal.

Tabla. 4.1. Indicadores. Fuente: *Ciudades sostenibles en España 2018*, Observatorio de Sostenibilidad.

Estos son los indicadores que empleó el OS junto con la Nueva Agenda Urbana para evaluar la sostenibilidad de cincuenta y dos ciudades españolas, resultando estas: Barcelona, Bilbao, Burgos, Donostia, Huesca, Madrid y Vitoria, como las más sostenibles en los campos mencionados. A través de los indicadores expuestos en la tabla anterior el OS, junto con otros colaboradores, calculó el valor de sostenibilidad de cada una de las ciudades en el rango comprendido entre el 1 y el 5, siendo este último el valor más alto, para cada uno de los indicadores de los temas que comprende cada bloque temático. De modo que, estos valores permitieron al OS emitir una valoración acerca de la situación actual de las ciudades, así como, emitir una clasificación.

Los resultados que obtuvieron generaron la siguiente clasificación:

Ciudad	S. General	S. Económico	S. Social	S. Ambiental	S. Tran-Coop
Barcelona	3	3	7	39	6
Bilbao	5	2	30	12	2
Burgos	7	12	14	9	3
Donostia	4	8	18	11	1
Huesca	9	28	6	1	39

Madrid	2	1	25	14	8
Vitoria	1	4	1	2	5

Tabla 4.2. Localización en la clasificación completa. Elaboración propia. Fuente: OS.

Dada la naturaleza del presente trabajo, el interés recae sobre el bloque ambiental, aunque en ocasiones se vayan a emplear indicadores de otros bloques. Por ello, cabe recuperar los temas contemplados por el OS en el bloque ambiental, siendo los siguientes: agua, cambio climático, contaminación atmosférica, medio natural y recreativo, residuos y ruido. A simple vista se observan carencias en los temas contemplados (este hecho se trata en el capítulo siguiente). Huesca es la ciudad que se sitúa en el primer puesto de la clasificación del bloque ambiental, lo cual significa que es la ciudad más sostenible ambientalmente. Este reconocimiento se debe a la evaluación realizada por el OS que responde a estos aspectos: gran superficie de parques públicos, en calidad atmosférica recibió una puntuación alta debido a que en el año 2017 no fueron superados ninguno de los valores límite u objetivo de los 13 contaminantes atmosféricos evaluados por el MITECO, posiciones intermedias altas en consumo hídrico per cápita y reciclaje de residuos. Sin embargo, no se encontró información acerca de los niveles de ruido. Como aspecto negativo es relevante mencionar las emisiones difusas, las cuales se observaron elevadas, en cambio, no fue ponderado excesivamente debido a la carencia de grandes instalaciones emisoras en la ciudad y, sobre todo porque los datos de emisiones fueron aproximados mediante dichos datos de emisiones per cápita de la Comunidad Autónoma. Este reconocimiento clasificatorio de la ciudad de Huesca se debe también, a que ha logrado alcanzar estos resultados mediante un presupuesto per cápita medurado.



Planificación Urbana	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Aguas Residuales	X	X		X	X		X		X	X	X
Agua y Saneamiento	X	X		X	X		X	X	X	X	X

Tabla 5.1. Indicadores de sostenibilidad. Elaboración propia a partir de los datos de los estándares. Las siglas se refieren a: European Green Capital, Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local, Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local, Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad, Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables, Sustainable Cities Initiative, European Green Leaf Award, Australian Sustainable Cities Award, Agenda Urbana Española y Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español.

Esta matriz presenta todos los temas que deben ser atendidos para el desarrollo de la sostenibilidad urbana. La selección de los temas en los que se va a basar el estudio se presenta en un tono azul turquesa sobre el fondo de la matriz. El concepto de desarrollo sostenible se basa en la interacción de las esferas social, económica y ambiental (Figura 5.1.). La selección de los temas en los que se focaliza el trabajo se ha basado en la identificación de aquellos temas mínimos necesarios para estudiar la sostenibilidad urbana desde el punto de vista de la ingeniería ambiental. Para realizar el análisis ambiental se han incluido otros ítems, más allá del propio Medio Ambiente: energía residuos sólidos, transporte y aguas residuales. Dada la influencia que tienen sobre el medio urbano.



Figura 5.1. Interacción transversal de las tres esferas: económica, social y ambiental, con los ODS. Fuente: Stockholm Resilience Center.

Los temas expuestos en la matriz anterior se corresponden a los establecidos por la norma internacional ISO 37120:2014, sin embargo, la mayoría de los datos disponibles se han obtenido del *Informe de Ciudades Sostenibles 2018* del OS, el cual establece sus propios

temas e indicadores. Por tanto, es necesario llevar a cabo una transposición de los temas para el estudio de dicha información. Esta adaptación se ha realizado mediante la comparación de los indicadores presentados en dicha ISO frente a los contenidos en el informe del OS. Por ello, los temas seleccionados se exponen seguidamente en los subapartados:

1. Energía.
  - × Renta y coste de la vida.
2. Medio Ambiente.
  - × Cambio climático.
  - × Contaminación atmosférica.
3. Aguas Residuales.
  - × Agua.
4. Residuos Sólidos.
  - × Residuos.
5. Transporte.
  - × Transporte de mercancías y pasajeros.
  - × Movilidad.

Estos temas se analizarán individualmente con la finalidad de determinar si están siendo gestionados de manera sostenible por las ciudades seleccionadas, posteriormente, se estimará si las ciudades resultan sostenibles en la gestión ambiental.

## **5.1. Residuos Sólidos**

### **3.1.1 Introducción**

Los residuos sólidos urbanos suponen un aspecto fundamental a tratar en la sostenibilidad urbana debido a que las ciudades son un motor económico muy influyente y a la cantidad, cada vez más elevada, de habitantes que poseen. No hace demasiado tiempo, el desarrollo humano se ha basado en gran medida en el desarrollo económico el cual requiere de un aumento del flujo de bienes y a su vez, de una generación elevada de residuos, estos tradicionalmente han supuesto un gran problema de insalubridad para las ciudades (infecciones, roedores, insectos, ...), en la actualidad, los residuos suponen un problema que adquiere mayor protagonismo, produciendo una gran contaminación medioambiental mayoritariamente asociada al deterioro edáfico y a la contaminación de las aguas, y es debido a que: se producen de manera continua y en ingentes cantidades. El consumo desaforado de recursos en un planeta en el cual son finitos, ha conducido al replanteamiento de los residuos sólidos hasta la consideración de los mismos como una oportunidad, en ocasiones, de recuperar parte de esos recursos, básicamente, en forma de materias primas. Sin embargo, el aprovechamiento de dichos residuos urbanos (pirólisis,

producción de biogás, incineración, ...) también acarrea emisiones contaminantes a la atmósfera. Por otra parte, una gestión inadecuada de los residuos supone la generación de diversos impactos: riesgo de incendio, ya sea por autoignición o provocado, alteración paisajística y generación de malos olores, entre otras cuestiones.

### **3.1.2 Sostenibilidad en la Gestión de Residuos Sólidos**

Una vez definida la problemática existente en este ámbito, es preciso definir y especificar cómo se alcanza o encauza una ciudad hacia la sostenibilidad en esta temática, para ello, resulta imprescindible concretar qué alternativas son más sostenibles que otras (por sus impactos asociados) y en qué medida deben llevarse a cabo. Por su parte, el duodécimo ODS de las Naciones Unidas relativo a la producción y consumo responsable recoge entre sus metas la siguiente: disminuir significativamente la generación de desechos por medio de actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización, en el horizonte 2030. Con tal objeto se estudia la siguiente legislación puesto que estipula las determinaciones al respecto en España, donde la gestión de los residuos se establece por medio de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados y mediante planes estatales. Esta ley es la transposición de la Directiva Marco 2008/98/CE de Residuos, además, le atribuye al Ministerio competente (MAGRAMA), la competencia del establecimiento de los objetivos mínimos de disminución en la generación de residuos, de preparación para la reutilización, de reciclado e igualmente, de otras formas de valorización obligatoria de algunos tipos de residuos. De tal modo que, establece los siguientes objetivos:

- Reducción de un 10% en la generación de residuos respecto a los producidos en el año 2010.
- Instituir objetivos cuantificados del 50% para el reciclado y la preparación para la reutilización antes del 2020, así como, del 70% para la preparación para la reutilización, reciclado y valoración material de los residuos procedentes de la construcción y demolición antes del 2020.
- Mejorar la gestión de los biorresiduos a través de la adopción de medidas cuya tendencia sea la de establecer su propia recogida separada, su tratamiento biológico in situ o en instalaciones concretas, de tal manera que, se garantice la calidad de los materiales obtenidos y se asegure un uso seguro del suelo.
- Siempre que se alcance la eficiencia energética determinada, considerar la incineración de los residuos municipales como una operación de valorización.
- Establecer un marco legal común para aplicar la responsabilidad ampliada de los productores. De acuerdo al susodicho, serán de carácter voluntario los sistemas de depósito, devolución y retorno, pudiendo adquirir carácter obligatorio para la reutilización de productos o asegurar el tratamiento de residuos cuya valorización o eliminación resulte complicada, también para aquellos residuos cuyas características de peligrosidad manifiesten la necesidad de establecer este sistema para llevar a cabo su adecuada gestión, de igual modo, para cuando no se cumplan los objetivos de gestión estipulados en la normativa vigente.

A continuación, destaca el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016 a 2022, siendo el plan estatal más actualizado en lo referente a los residuos y pone de manifiesto que “contendrá la estrategia general de la política de residuos, las orientaciones y la estructura a la que deberán ajustarse los planes autonómicos, así como, los objetivos mínimos a cumplir de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valoración y eliminación” (PEMAR 2016 a 2022). Este Plan Estatal jerarquiza la gestión de residuos en orden de prioridad: prevención, preparación para la reutilización, reciclado, otros medios de valorización (incluyendo la valorización energética) y finalmente, la eliminación, en la que se incluye el depósito en vertedero. Además de jerarquizar, este Plan Estatal establece una serie de objetivos para el horizonte 2020: lograr una disminución en la generación de residuos per cápita, conseguir que el reciclado y la reutilización sean opciones atractivas desde el punto de vista económico para los operadores, desarrollar mercados funcionales para los subproductos de los procesos productivos, que la recuperación energética solo se emplee cuando los materiales no sean reciclables, garantizar que el reciclado sea de alta calidad, aplicar totalmente la legislación sobre residuos y eliminar casi por completo la alternativa del depósito en vertedero. Por tanto, la sostenibilidad urbana en el ámbito de los residuos sólidos parte de la reducción en origen, es decir, prevenir la generación de los mismos. Esta reducción en origen supone la etapa clave de la gestión y se puede llevar a la práctica mediante el alargamiento de la vida útil de los residuos sólidos, la reutilización, la disminución del contenido de sustancias nocivas en los productos y materiales que los conforman y la minimización de los impactos adversos que producen sobre el medio ambiente y la salud humana. También, la necesidad de frenar esta vertiginosa generación de residuos ha llevado al desarrollo de algunas iniciativas, como es el desarrollo del concepto de *Residuo Cero* (Zero Waste). Como describió Zaman (2013), estos son los principios clave de *Residuo Cero* (Mesjasz-Lech, A ,2014):

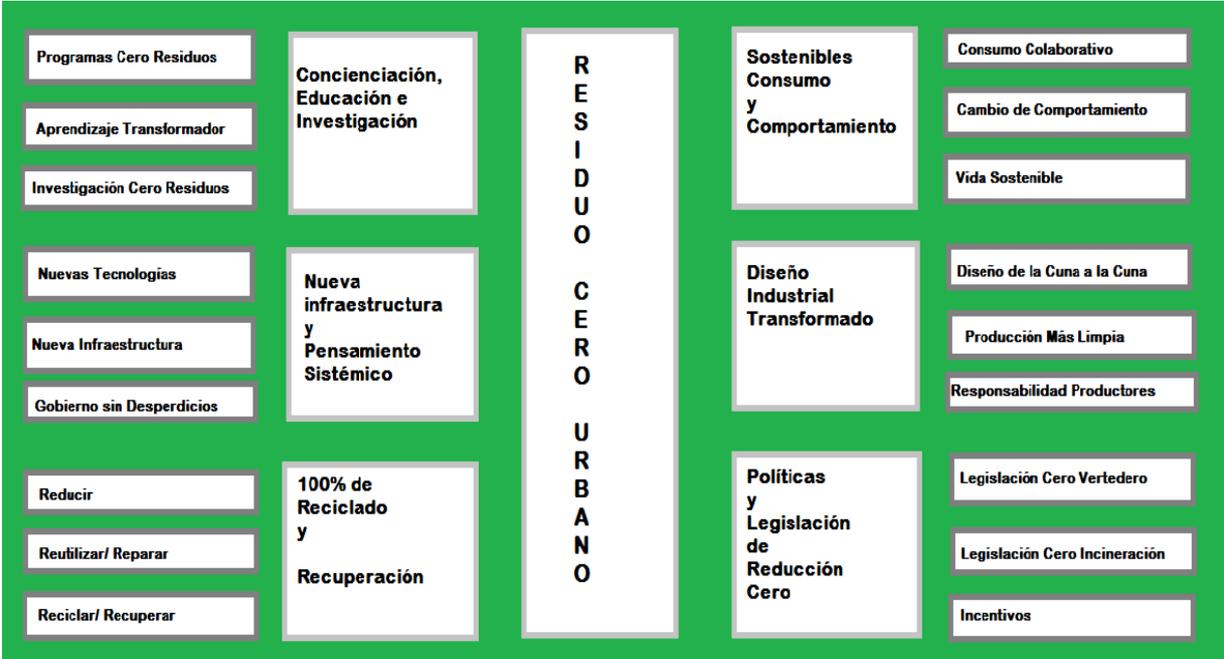


Figura 5.2. Cuadro acerca de los principios de *Residuo Cero*. Elaboración propia. Fuente: (Mesjasz-Lech, A ,2014).

La consecución de un desarrollo urbano de Residuo Cero se basa en la implementación de estrategias, tanto a corto (son la legislación de reciclaje 100%, el diseño industrial, etc), como a largo plazo (son la educación, la concienciación, entre otras de las expuestas en el

cuadro anterior).

Por otro lado, la eliminación en vertedero ha sido usualmente la alternativa más empleada en la gestión de residuos. En cambio, según declararon Thanh & Matsui (2013) la deposición en vertedero es especialmente peligrosa puesto que se trata de una gran fuente de metano, el cual es un gas de efecto invernadero (Mesjasz-Lech, A ,2014). Tal y como se mencionó previamente, en la jerarquía de gestión de residuos el vertido es la última opción a considerar, por lo cual, solo deberían destinarse al vertedero los residuos cuya preparación para la reutilización, reciclado o valorización no sea posible, una vez hayan sido sometidos a un pretratamiento, salvo los inertes, que disminuya su peligrosidad o volumen. Por este motivo, se prioriza la prevención en la generación de residuos sobre las demás alternativas, en caso de no ser posible, la preparación para la reutilización es la mejor alternativa. Esta preparación para la reutilización contempla las operaciones de valorización que consisten en comprobar, limpiar y/o reparar los productos o sus componentes que, se hayan convertido en residuos, con el objeto de que se puedan reutilizar sin llevar a cabo otras transformaciones previas.

Otra alternativa es la Biometanización, Metanización o Digestión Anaerobia, se trata de un proceso biológico en el que la fracción más degradable de la materia orgánica es transformada durante diversas etapas en biogás, por una población de microorganismos heterogéneos en condiciones de ausencia de oxígeno. Su objetivo es la reducción del volumen de la materia orgánica que queda al haber sido separadas las fracciones de residuos reciclables, para ser trasladada a un vertedero controlado, disminuyendo de este modo las emisiones GEI de esta. Genera biogás, típicamente empleado en la producción energética. En cambio, cuenta con los inconvenientes de que el material orgánico debe proceder de la recogida separada en origen y presentar la calidad adecuada, en caso contrario, este presentaría un elevado contenido de impropios dado que de no cumplir dichas condiciones surgirían problemas en las instalaciones de digestión anaerobia y sus rendimientos tampoco justificarían su instalación, ni su coste.

Por todo ello, para determinar que una ciudad es sostenible en la gestión de sus residuos es necesario que la interacción entre tres cuestiones resulte positiva: debe apreciarse un progreso en la gestión de residuos hacia los objetivos establecidos legislativamente, además, se debe respetar la jerarquía de gestión de residuos (esto es en primer lugar, la prevención, preparación para la reutilización, reciclado, otros medios de valorización y finalmente, eliminación en vertedero) y, debe tratarse de lograr los objetivos marcados en cuanto a gestión de residuos se refiere.

### **3.1.3 Situación de las Ciudades Seleccionadas.**

En el presente apartado se desea encontrar información similar a la que se obtiene mediante los indicadores siguientes: porcentaje de población urbana con servicio de recogida regular de residuos sólidos, totalidad de residuos sólidos recogidos per cápita, y porcentaje de residuos sólidos urbanos que son reciclados. En caso de no encontrarse estos se buscarán otros análogos en función de la información de que se disponga, como es el caso del indicador relativo al porcentaje de población urbana con servicio de recogida regular de residuos sólidos, cuya información no se ha hallado.

La Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos de Competencia Municipal publicada en 2016 (la más actualizada), por el Ministerio para la Transición Ecológica, presenta diversas tablas que aportan información acerca del sistema de gestión que reciben los residuos generados en cada municipio en las distintas plantas de tratamiento, de todas las Comunidades Autónomas de España. Sin embargo, la información que contiene no se especifica para cada municipio, sino que se asocia a cada planta de tratamiento de cada provincia, con lo que no resulta factible determinar concretamente qué destino reciben los residuos generados en una ciudad específica, además de que la información está desactualizada.

El primer punto a examinar en el estudio de la situación de las ciudades es determinar cuál es la cantidad de generación de residuos sólidos urbanos. Para lo cual, a continuación, se expone un gráfico en el que se representa la cantidad de residuos generada diariamente por habitante en las 52 ciudades españolas.

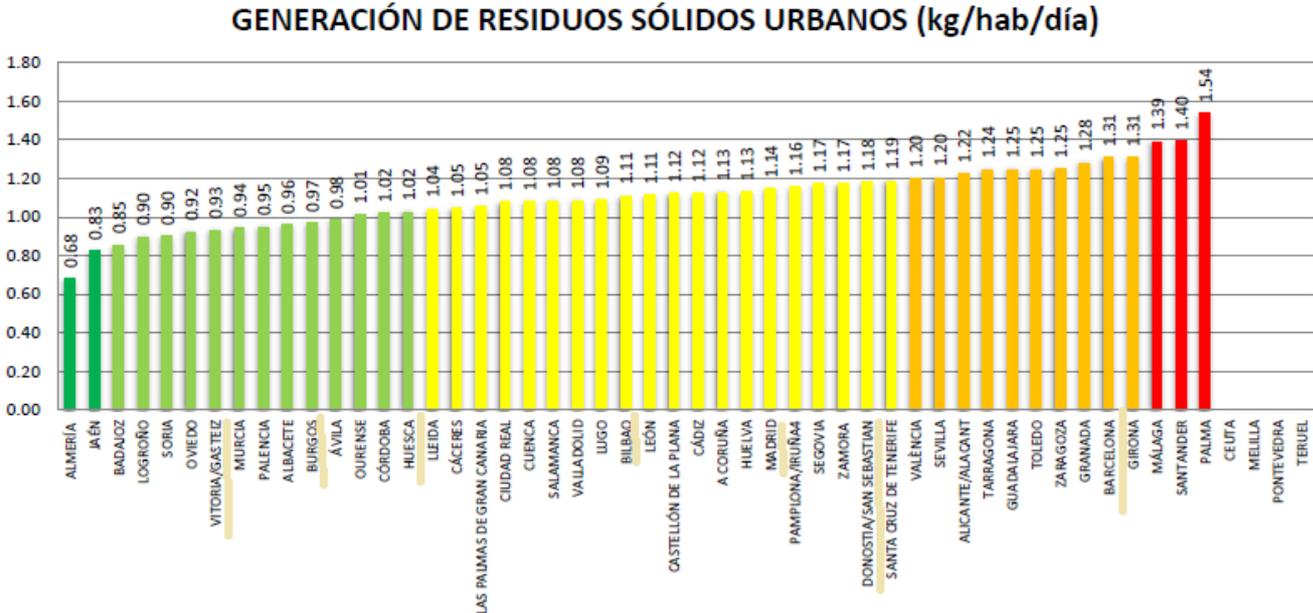


Figura 5.3 Generación de RSU per cápita al día. Fuente: Informe de Ciudades Sostenibles 2018.

En este gráfico puede observarse que, el rango de generación de residuos se encuentra entre 0,68 y 1,54 kg/habitante/día, con un valor medio de 1,10 kg/habitante/día. En la actualidad, se está trabajando en reducir estos valores, siendo este hecho esencial en lo que a sostenibilidad ambiental se refiere.

Los valores de reciclado (kilos anuales per cápita) respecto a:

- Papel y cartón: 31% de reciclaje en Vitoria, 11,74% en Madrid, 16,66% en Barcelona, 22,94% en Burgos, 29,62% en Bilbao, 37,66% en Donostia y 32,33% en Huesca.
- Envases ligeros: 18,48% de reciclaje en Vitoria, 24,09% en Madrid, 13,42% en Barcelona, 15,88% en Burgos, 14,57 % en Bilbao, 25,94% en Donostia y 23,58% en Huesca.
- Vidrio: 21,50% reciclado en Vitoria, 15,33% en Madrid, 21,87% en Barcelona, 19,07% en Burgos, 21,75% en Bilbao, 38,24% en Donostia y 17,94% en Huesca.

De tal manera que, Donostia, Huesca, Vitoria y Bilbao (ordenadas de mejor resultado a menor) se encontrarían entre las mejores ciudades en lo que a reciclaje de papel y cartón se

refiere. En lo que respecta a envases ligeros se situarían entre las mejores posiciones de la clasificación Donostia, Madrid y Huesca. En cuanto a reciclaje de vidrio, tan solo destaca Donostia (entre las siete mejores ciudades que se está evaluando).

Tras visualizar la anterior información, se podría concluir que la mejor ciudad en sostenibilidad en lo que a respecta a los residuos sólidos sería Donostia, por el contrario, surgen las siguientes contrariedades:

- 1) En ningún caso mencionado, el porcentaje de reciclaje de la ciudad de Donostia/ San Sebastián supera el 39%, lo cual tratándose de la ciudad con mejores resultados generales en gestión de RSU resulta extravagante. Además del hecho de que, este valor resulta negativamente afectado si se compara con el valor de generación de residuos sólidos obtenido por esta ciudad, tal y como muestra la figura 5.3, siendo este último el segundo mayor de las siete ciudades.
- 2) En el informe no se presenta información acerca de la gestión de ningún otro tipo de residuo (construcción y demolición, peligrosos, aparatos eléctricos y electrónicos, etc).
- 3) En base a dicho informe, se desconoce qué destino reciben los residuos que no son reciclados, los cuales suponen la mayoría de los residuos (60% en adelante).
- 4) La mayoría de las ciudades se encuentran en una posición buena o intermedia de sostenibilidad en la generación de residuos, sin embargo, no resulta muy comprensible que una generación diaria per cápita superior a 1 kilo en la mayoría de los casos y superior a medio kilo en el mejor de los casos pueda comprenderse realmente sostenible en ningún caso. Este no es solo un problema urbano o municipal, se trata de un problema global de la sociedad que requiere de un gran cambio. La prevención de esta generación residual es muy importante en muchos aspectos, principalmente para no superar la capacidad de carga del planeta.

Una vez realizado este análisis de la situación general, se procede a llevar a cabo otro más específico de las ciudades que permita ampliar el conocimiento de la situación de dichas ciudades, de forma que se complemente con el análisis anterior.

## Madrid

El Ayuntamiento de la ciudad de Madrid cuenta con su propia Estrategia de Prevención y Gestión de Residuos (2019) que, además, aparece expuesta en su web y presenta las cifras relativas a la gestión de sus residuos.

	2015	2016	2017
<b>RECUPERACIÓN DE MATERIALES PTV</b>	66.700	73.578	75.497
<b>% VERTEDERO SOBRE TOTAL RESIDUOS</b>	57,77	53,79	49,83
<b>INCINERACIÓN</b>	257.605	269.703	313.697
<b>% INCINERACIÓN SOBRE TOTAL RESIDUOS</b>	20,53	21,54	24,53
<b>% PREPARACIÓN PARA EL RECICLAJE</b>	19,37	19,58	22,27
<b>TOTAL RESIDUOS</b>	1.254.551	1.252.082	1.278.846

Figura 5.4. Tasas de gestión de residuos en Madrid. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Esta tabla permite concluir que, a pesar de que han sido recuperados una cantidad significativa de materiales, concretamente de 75.497 toneladas en el año 2017, lo que supone un incremento de un 12,6% respecto al año 2015 y, se han incinerado un 24,53% de residuos. Aun así, la preparación para el reciclaje continúa siendo baja con respecto a los objetivos marcados por la Ley de Residuos, a penas ha aumentado respecto a 2015 y lo que es más grave, la deposición en vertedero sigue siendo alternativa más utilizada, suponiendo un 49,83% de la gestión total de los residuos.

**Barcelona**

La página web del Área Metropolitana de Barcelona, el cual gestiona las diversas plantas de tratamiento de residuos ubicadas en el territorio metropolitano, publica información relativa a la gestión y al tratamiento de sus residuos urbanos municipales, la cual incluye gráficos acerca del tratamiento que recibe cada tipo de residuo, así como de los resultados obtenidos, se presentan aquí:

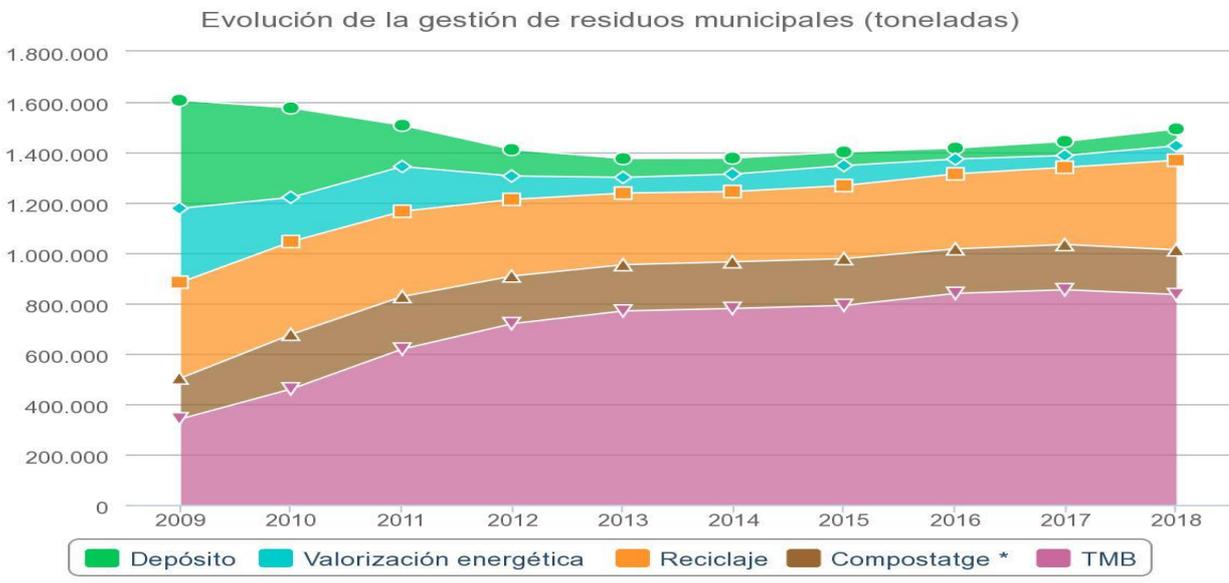


Figura 5.5. Evolución de la gestión de residuos municipales en Barcelona. Fuente: Área Metropolitana de Barcelona.

Es apreciable que mediante este gráfico se puede conocer la cantidad de residuos generados en la ciudad anualmente, así como, su evolución en el tiempo, la cual se observa menguante con respecto a 2009, pero sufre un ligero incremento frente al año 2012. Este hecho podría relacionarse con la crisis económica acaecida que, ha mostrado una sutil mejora. Por otro lado, informa acerca de los tratamientos que se aplican y en la medida en que se realiza cada uno. En este sentido, Barcelona muestra buenos resultados, siendo los resultados del pasado año 2018:

- Depósito: 4,5% del total fueron eliminados en vertedero, es decir, 67.201 toneladas.
- Valorización energética: 3,8% de los residuos, esta cifra se traduce en 57.323 toneladas.
- Reciclaje: 23,8% de los residuos que, supone 355.791 toneladas recicladas.
- Compostaje: 11,9% de los residuos, o sea, 177.806 toneladas compostadas.

- TMB (Tratamiento Mecánico- Biológico): 55,9% del total de los residuos, es decir, 834.886 toneladas. En este apartado el tratamiento consiste en una parte mecánica: separación de la materia orgánica o de la fracción restos los elementos reciclables, como metales, vidrios o plásticos. Y en una parte biológica, la materia orgánica es compostada o metanizada, tras los cuales se obtiene compost.

Por lo tanto, el tratamiento de los residuos en esta ciudad muestra aspectos positivos y negativos puesto que el porcentaje de deposición en vertedero es muy bajo, sin embargo, el porcentaje de reciclado sigue siendo bajo. A pesar de haberse incrementado el reciclaje con respecto a los últimos años, en 2009 el porcentaje reciclado era del 23,7%, siendo de un 23,8% en 2018, lo cual no es suficiente.

### **Huesca**

No se ha encontrado información alguna acerca de la generación o tratamiento que reciben los residuos en la ciudad de Huesca. Tan solo se aparece información a nivel provincial o autonómico, los cuales no son válidos para este estudio al focalizarse en la sostenibilidad urbana exclusivamente.

### **Burgos**

Por su parte, el Ayuntamiento de Burgos presenta una Agenda 21 local en la que se expone la situación de la ciudad frente a los distintos indicadores de sostenibilidad que esta considera, entre los que se encuentra el tema de los residuos, en cambio, estos datos no están muy actualizados, siendo del año 2014, aunque incluye la evolución con respecto a los años anteriores. También, el Ayuntamiento de Burgos incluye las cifras de recogida selectiva de envases (plásticos y metales), papel y cartón y vidrio, en kilos, recogidos mensualmente desde 2014 hasta mayo de 2019. Adicionalmente, incluye las cifras de pilas recogidas mes a mes entre 2008 y 2011.

En definitiva, no es posible sacar conclusiones acerca de la gestión y el tratamiento de los residuos de burgos más allá de los porcentajes de reciclado que se analizaron anteriormente.

### **Donostia / San Sebastián**

El Ayuntamiento de Donostia presentó en el año 2017 un Documento Director de los Residuos de San Sebastián, el cual expone a su vez los datos de Vitoria/Gasteiz y Bilbao.

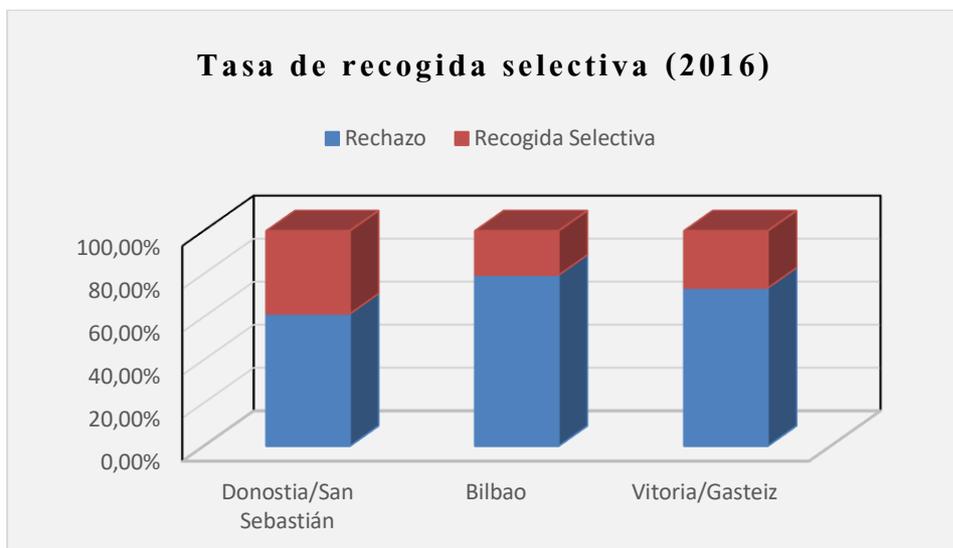


Figura 5.6. Tasa de recogida selectiva en Donostia, Bilbao y Vitoria del año 2016. Elaboración propia. Fuente: Documento Director de San Sebastián.

En este gráfico se visualiza que, Donostia es la capital vasca en la que tiene más presencia la recogida selectiva, siendo esta de un 38,5% en el año 2016, frente al 20,5% de Bilbao y al 26,5% de Vitoria/Gasteiz en ese mismo año. Por otra parte, se observa que el porcentaje de residuos destinados a vertedero es elevado en todos los casos, depositando un 79,5% de residuos Bilbao en el año 2016, seguida de Vitoria con un 73,5% y del 61,5% de Donostia en ese mismo año.

### Vitoria/Gasteiz

Cuenta con su propia Agenda 21, la cual expone la situación urbana frente a una serie de indicadores de sostenibilidad, entre los que se haya el indicador número diecinueve relativo al reciclaje de los residuos sólidos urbanos. Este mismo establece el porcentaje de RSU reciclados en la ciudad para una serie temporal desde el año 2009, siendo la tasa más actualizada del año 2015, el cual registró un porcentaje de reciclado de RSU de un 26,50%, lo que supone una baja tasa urbana de reciclado.

### Bilbao

Al observar las cifras de reciclaje proporcionadas por el *Informe de Ciudades Sostenibles 2018* se observa que las tasas de reciclado de la ciudad de Bilbao se encuentran en torno a la media, la cual continúa siendo bastante baja. Sin embargo, la imagen previa que es del año 2016, con lo que es reciente, pone de manifiesto que Bilbao es la capital vasca con la mayor tasa de rechazo, o lo que es lo mismo, la que más toneladas de residuos destina al vertedero.

### Situación final

En la tabla 5.2. se presentan los indicadores que se buscaban en inicio, generalmente contenidos en la presentación general de la situación de las ciudades, en cambio, el análisis que se detalla seguidamente también comprende los datos del análisis específico de la situación de las ciudades.

Ciudad \ Indicador	Barcelona	Bilbao	Burgos	Donostia	Huesca	Madrid	Vitoria
%población con servicio regular de recogida RSU	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
%RSU reciclados	Papel/Cartón 16,66% Envases ligeros 13,42% Vidrio 21,87%	P/C 29,62% E.Ligeros 14,57% Vidrio 21,75%	P/C 22,94% E.Ligeros 15,88% Vidrio 19,07%	P/C 37,66% E.Ligeros 25,94% Vidrio 38,24%	P/C 32,33% E.Ligeros 23,58% Vidrio 17,94%	P/C 11,74% E.Ligeros 24,09% Vidrio 15,33%	P/C 31% E.Ligeros 18,48% Vidrio 21,50%
Totalidad RSU recogidos per cápita (No, sustituido por generación RSU (kg/hab/día)	No 1,31	No 1,11	No 0,97	No 1,18	No 1,02	No 1,14	No 0,93
Indicadores específicos de cada ciudad	4,5% RSU a vertedero, 11,9% a compostaje, 3,8% valorizados energéticamente y TMB 55,9% (2018)	79,5% residuos destinados a vertedero (RSU 2016)	NS	61,5% residuos a vertedero (RSU 2016)	NS	22,27% RSU preparados para reciclar, 24,53% incinerados, 49,87% vertedero y recuperación de materiales PTV > 75 000 t (2017)	73,5% residuos a vertedero (RSU 2016)

Tabla 5.2. Resumen informativo de la situación de las ciudades. Elaboración propia. Las casillas con las letras NS responden al desconocimiento del indicador de que se trate debido a la carencia de datos al respecto. Las casillas que contienen "No" expresan la ausencia del indicador, pero exponen la información del indicador por el que ha sido sustituido.

No es posible evaluar la sostenibilidad de la ciudad de Huesca puesto que no hay información al respecto, inclusive los porcentajes de reciclaje han sido estimados por el Observatorio de Sostenibilidad mediante datos provinciales. En el caso de Madrid, resulta muy elevada la cantidad de residuos que destina a vertedero, no cumpliendo así los objetivos, ni la jerarquía de gestión de residuos, sin embargo, se observa cierta evolución temporal y buenas iniciativas, por ello, se considera que está siguiendo un desarrollo sostenible en este ámbito por su importante cantidad de materiales recuperados y un porcentaje significativo de preparación para la reutilización (segundo eslabón en las prioridades de gestión de los RSU), aunque debe eliminar la deposición en vertedero.

Respecto a la ciudad de Barcelona, a pesar de que no se respeta la jerarquía de gestión de residuos puesto que el porcentaje de reciclado continúa bajo, ha reducido considerablemente la generación de residuos respecto al año 2010 y el porcentaje de deposición en vertedero es casi despreciable, lo que la convierte en sostenible. La situación de Burgos no permite sacar conclusiones acerca de la gestión de sus residuos. Respecto a Donostia, Bilbao y Vitoria exponen un elevado porcentaje de residuos sólidos que destinan a vertederos, a pesar de que Donostia es la mejor clasificada en cuanto a reciclaje, hecho que si se compara con el valor que la ciudad de Donostia alcanza en cuanto a generación de residuos sólidos se refiere, resulta negativamente afectado.

## **5.2. Energía**

### **5.2.1. Introducción.**

La energía tiene un papel fundamental en la consecución del bienestar y en el desarrollo del conjunto de la sociedad, a su vez, se trata de una fuente de impactos ambientales. Estos impactos ambientales referentes a la producción y consumo energético se presentan en forma de contaminación atmosférica, vertidos de hidrocarburos, calentamiento global, lluvia ácida y/o contaminación radiactiva. En cambio, no se debe focalizar la atención y los esfuerzos exclusivamente en intervenir en los ámbitos de producción y consumo energético, es importante analizar otros ámbitos intermedios: las actividades extractivas asociadas a las fuentes energéticas, los transportes previos al uso, los pretratamientos realizados, etc. Puesto que se generan impactos ambientales negativos a lo largo de todo el proceso, con lo cual es prioritario llevar a cabo una intervención integrada para que esta sea sostenible, analizando una a una cada etapa. Las ciudades, normalmente, no disponen del equipamiento necesario para asumir de forma sostenible su propio crecimiento desenfundado y las infraestructuras con las que ya contaban sufren numerosas tensiones, este hecho en especial afecta a los sistemas energéticos. Estos sistemas energéticos presentan una vulnerabilidad cada vez más severa a los efectos del cambio climático, el clima extremo, las inundaciones, las tormentas, la subida del nivel del mar (muchas ciudades se encuentran bajo el nivel del mar), así como a los desastres naturales o a los inducidos antrópicamente. Además de que, la sobrepoblación, principalmente en las ciudades, produce una fuerte presión sobre los sistemas energéticos. Por otro lado, uno de los principales problemas a los que se enfrenta la consecución de la sostenibilidad energética es la pobreza energética que sufren numerosos ciudadanos. En España, dependiendo del indicador que se utilice, entre 3,5 y 8,1 millones de personas se encuentran en situación de pobreza energética. Por tanto, es necesario que la sostenibilidad energética urbana trate todas estas problemáticas energéticas de una forma integrada.

### **5.2.2. Sostenibilidad energética.**

Este apartado se centra en el estudio de la sostenibilidad urbana enfocada en el ámbito energético, por lo cual cabe destacar, el séptimo objetivo de los ODS se refiere a la energía asequible y no contaminante, el cual cuenta con una serie de metas de aquí al año 2030, de entre las que se resalta la de incrementar significativamente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas y asegurar el acceso universal a servicios

energéticos fiables, asequibles y modernos. Según dijo Simon (2015): "Para que una ciudad sea sostenible ella misma o los recursos que gestiona debe convertirse en baja en carbono, habitable y resiliente" (Kammen & Sunter 2016). La conversión a una ciudad baja en carbono se lleva a cabo mediante la disminución en el consumo energético y el intercambio del empleo de combustibles fósiles por el uso de energías más limpias. Para lograr esta conversión se pueden implementar medidas de mejora de la eficiencia energética, incorporar sumideros de carbono al entorno urbano, como son los parques, etc. Tal y como se ha dicho, la sostenibilidad urbana referida al ámbito energético no depende exclusivamente de que la energía provenga de fuentes renovables. También, es imprescindible llevar a cabo otro tipo de acciones, como son: reducir el consumo energético cuanto sea posible, proporcionar acceso al servicio eléctrico autorizado a todos los ciudadanos que no cuenten con él, proporcionar energía asequible para todos los ciudadanos, etc.

A propósito del tema tratado, cabe destacar el anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, aprobado en Consejo de Ministros el 22 de febrero de 2019, el cual crea dos figuras esenciales para definir y componer el marco de actuación en materia de acción contra el cambio climático: la Estrategia de Descarbonización 2050 y los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (PNIEC). El mismo pone de manifiesto los siguientes objetivos:

- ✦ Las emisiones de la economía española en conjunto se reducirán al menos en un 20% en el año 2030, con respecto al año 1990.
- ✦ De igual modo, se reducirán en el año 2050 en un 90%.
- ✦ En el horizonte 2030, las energías renovables deberán lograr penetrar en un 35% en el consumo energético final, se deberá incrementar la eficiencia energética por medio de la disminución del consumo de energía primaria como mínimo en un 35% conforme a la línea de base de acuerdo a la normativa comunitaria y, el sistema eléctrico deberá contar con una generación energética que provenga en un 70% de fuentes de energía renovables (Borrador PNCCA 2019).

Previamente se ha hecho referencia al hecho de que la energía además de ser no contaminante debe ser asequible para todos los ciudadanos puesto que afecta directamente a su calidad de vida. A este respecto, hay que hablar del problema asociado que se trató en el apartado anterior, es decir, la pobreza energética. Esta pobreza energética se mide mediante los indicadores oficiales establecidos por el Observatorio Europeo contra la Pobreza Energética (EPOV) y, son: el gasto desproporcionado (es el porcentaje de hogares cuyo gasto energético es más del doble de la media nacional con respecto a sus ingresos), la pobreza energética escondida (es el porcentaje de hogares cuyo gasto energético absoluto es menor que la mitad de la media nacional), la incapacidad para mantener la vivienda a una temperatura adecuada (es el porcentaje de la población incapaz de mantener su vivienda a una temperatura adecuada) y el retraso en el pago de las facturas (es el porcentaje de la población que tiene retrasos en el pago de las facturas relativas a los suministros de la vivienda). A continuación, se muestra una tabla de los objetivos

establecidos en el ENPE respecto a la pobreza energética:

Indicador (%)	Situación 2017	Mínimo Objetivo para 2025	Objetivo Buscado para 2025
Gasto Desproporcionado	17,3	12,9	8,6
Pobreza Energética Escondida	11,5	8,6	5,7
Temperatura Inadecuada	8,0	6	4,0
Retraso en el Pago de las Facturas	7,4	5,5	3,7

Tabla 5.3. Objetivos de pobreza energética frente a la situación en el año 2017. Fuente: ENPE.

En cambio, una parte importante de la sostenibilidad energética urbana, que no la única, es el estudio de distintos sistemas energéticos que permitan disminuir el consumo de energía en las ciudades y que, asimismo, procedan de fuentes renovables y robustas. La energía solar es una opción digna de consideración por sus numerosas ventajas, como es que, el precio de la instalación haya disminuido en torno a un 50% desde 2010, según publicó el Departamento de Energía de EEUU en 2015. Las fuentes de energía renovables en el pasado han sido criticadas y por consiguiente, no aplicadas en entornos urbanos por sus bajas densidades energéticas, sin embargo, conservadoras estimaciones de densidad de potencia de la energía solar fotovoltaica oscilan en torno a los 10W/m<sup>2</sup> (Mackay 2009, citado en Kammen & Sunter 2016) y, la eficiencia de esta energía fotovoltaica se ha ido incrementando de manera constante, habiendo superado el 40% en el laboratorio, por lo que cabe esperar que bajo condiciones óptimas la densidad de potencia pueda exceder los 120 W/m<sup>2</sup>. En cambio, presenta algunos inconvenientes: el potencial de explotación de este recurso se ve muy afectado por la morfología urbana. A pesar de que los edificios de mayor altura ofrecen una mayor relación superficie/volumen que, permite una mayor implantación de estas tecnologías solares integradas, a su vez también presentan un riesgo superior de obstrucción vertical y de sombra. Por otro lado, existen otro tipo de alternativas relativas a la sostenibilidad energética, como es el caso de las construcciones de viviendas denominadas *Passivhaus*, estas viviendas consiguen ahorros energéticos de en torno a un 70 o 90% respecto a una vivienda convencional, para ello, tienen que tener un óptimo aislamiento térmico en las paredes exteriores, rotura del puente térmico, puertas y ventanas de altas prestaciones, así como, ventilación mecánica con recuperación de calor.

Partiendo del estudio de estos aspectos que conforman la sostenibilidad energética se va a efectuar en el apartado siguiente el análisis de la situación de las siete ciudades.

### 5.2.3. Situación de las ciudades.

El determinar si una ciudad es energéticamente sostenible depende del estudio de diversos

indicadores: consumo energético de los edificios públicos por año (kWh/m<sup>2</sup>), porcentaje total energético procedente de fuentes renovables como parte del consumo total de energía de la ciudad, uso residencial total de la energía eléctrica per cápita (kWh/año) y porcentaje de la población de la ciudad con un servicio eléctrico autorizado. Este apartado se centra en el estudio de dichos indicadores, sin embargo, con frecuencia existen numerosas limitaciones con respecto a la información disponible, por ello, en cada ciudad se expondrá y analizará la información del indicador (o indicadores) de que se disponga.

A menudo, la elección de uno u otro sistema de aprovechamiento energético depende, casi en exclusiva, de criterios económicos. Por este motivo, conocer la relación entre el coste de la energía y la renta por hogar resulta un indicador revelador sobre el consumo energético urbano.

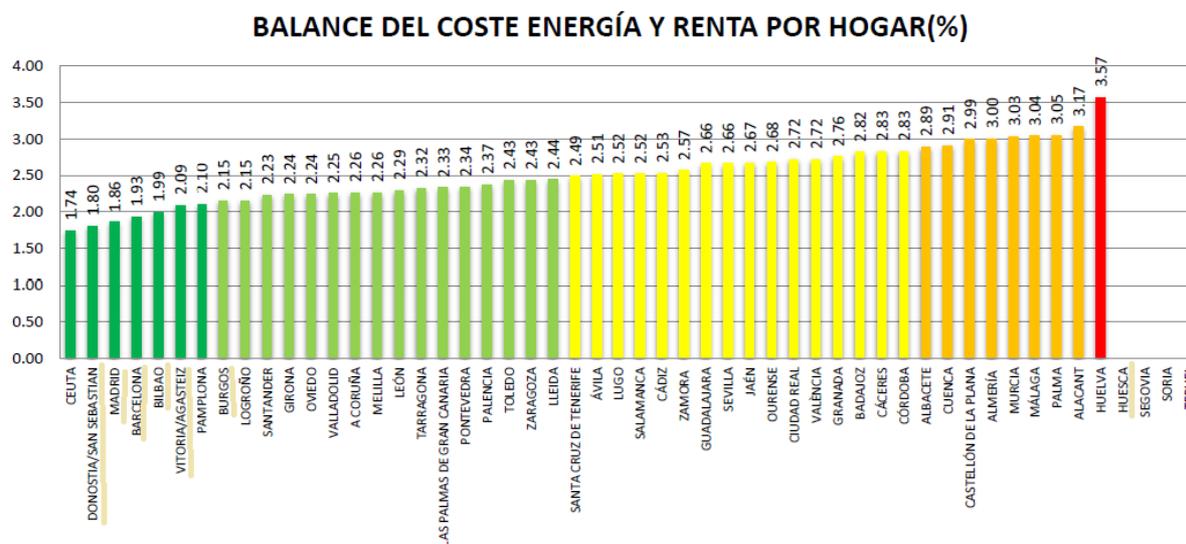


Figura 5.7. Balance entre el coste energético y la renta por hogar. Fuente: Observatorio de Sostenibilidad.

A través de este gráfico se puede vislumbrar que las ciudades seleccionadas (Donostia, Madrid, Barcelona, Bilbao, Vitoria, Burgos) se encuentran en buenas posiciones, concretamente entre las primeras, salvo Huesca por no disponer de información que permita su evaluación. Lo cual se traduce en que el coste energético es asumible por los ciudadanos de dichas urbes, o al menos, en su mayoría.

El informe elaborado por el OS sobre Ciudades Sostenibles emitido en 2018 no contempla la energía como un tema comprendido en la sostenibilidad urbana, por este motivo, no presenta ningún indicador al respecto, el gráfico ya expuesto aparece recogido en el tema denominado renta y coste de la vida, contenido en el bloque económico. De manera que, por sí mismo este indicador no proporciona información suficiente para analizar la sostenibilidad energética urbana. De manera que, tras haber efectuado este análisis de la situación general de las ciudades, a continuación, se va a llevar a cabo otro análisis de carácter más específico de la situación de las siete ciudades, complementario al análisis previo.

## Burgos

El Ayuntamiento de Burgos publicó un acuerdo del pasado año 2018 con la empresa Iberdrola, por el cual, el 100% de la energía consumida a escala municipal procedería de fuentes renovables hasta el año 2021, lo que se traduciría en que durante esos 3 años se

evitaría la emisión de 37.000 toneladas de CO<sub>2</sub> (Pérez, A 2019). Aunque este hecho adquiere un carácter muy sostenible, en la ciudad de Burgos 72.000 personas sufren pobreza energética, lo cual en un municipio cuya población, según el Instituto Nacional de Estadística, es de 175.921 habitantes en el año 2018 es un grave problema. Entendiendo dicha pobreza energética, como "la situación en la que se encuentra un hogar en el que no pueden ser satisfechas las necesidades básicas de suministros de energía, como consecuencia de un nivel de ingresos insuficiente y que, en su caso, puede verse agravada por disponer de una vivienda ineficiente en energía" (ENPE 2019-2024).

### **Barcelona**

La ciudad de Barcelona cuenta con su propio Plan de Energía, Cambio y Climático y Calidad del Aire. Esta ciudad presenta un consumo energético hoy en día de aproximadamente 17.000 GWh/año. El motivo de este consumo "moderado" (si se compara con otras ciudades de similares características) se vincula a su carácter mediterráneo y denso, por un lado, el clima mediterráneo le aporta cierta independencia de los consumos destinados a calefacción/climatización y, por otro lado, al tratarse de una ciudad muy ordenada territorialmente es muy densa, lo que permite distribuir cada kWh empleado entre más habitantes. Estas dos características intrínsecas de esta ciudad resultan bastante ahorrativas energéticamente. De la totalidad del consumo energético de Barcelona, el 2,17% es producido mediante energías renovables, concretamente solar, residual y minieólica, así mismo, el 68% del consumo energético urbano es producido localmente. De manera que, se observa que la ciudad apuesta por el progreso energético, es necesario que las fuentes renovables adquieran mayor peso puesto que se trata de gran ciudad con un consumo a su medida.

### **Madrid**

El consumo energético (kWh) asociado al gas y a la electricidad de la ciudad de Madrid, se expone en el gráfico siguiente, perteneciente al año 2018. Este consumo se divide por actividad principal, correspondiendo el color azul a la compañía Unión Fenosa y el anaranjado a la compañía Iberdrola. En el año 2018 el consumo energético total de la ciudad de Madrid fue de 15.956.815.009 (kWh), de los cuales, 5.247.402.974 (kWh) pertenecían a usos domésticos, 1.628.919.158 (kWh) se debían al alumbrado público y 4.065.258.950 (kWh) de la Administración y otros servicios públicos.

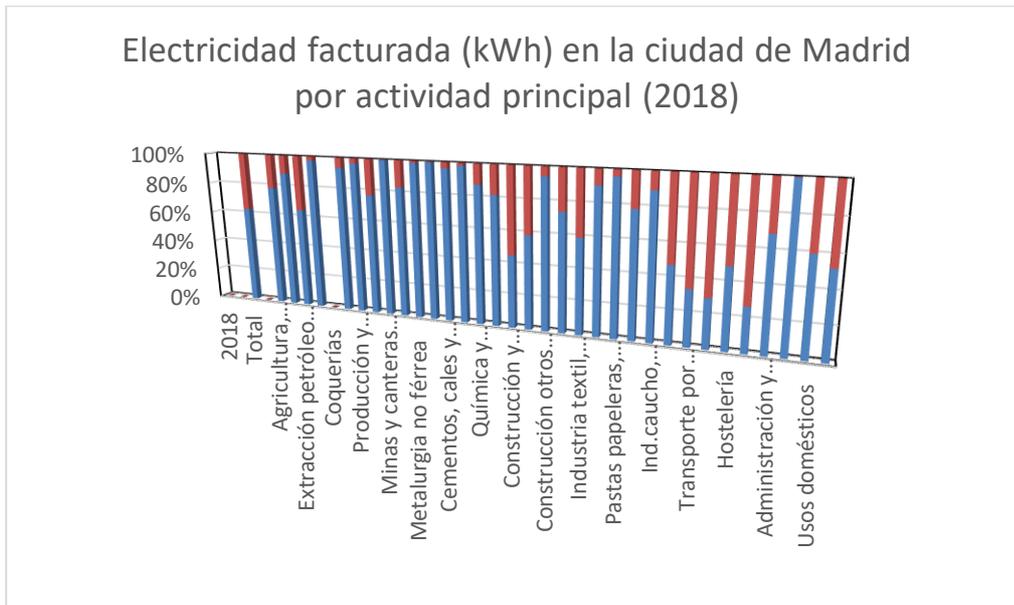


Figura 5.8. Electricidad facturada (kWh) en Madrid por actividad principal (2018). Elaboración propia. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

A pesar de que, el Ayuntamiento ha creado la figura del gestor energético, ha aprobado acuerdos de adopción de medidas para la optimización energética de la ciudad (como es el acuerdo aprobado el año pasado por la Junta de Gobierno del Ayuntamiento de Madrid, por el cual, la electricidad consumida en los edificios públicos, equipamientos y organismos autónomos únicamente procedería de fuentes renovables), Acuerdo Marco de Servicios Energéticos en Instalaciones del Ayuntamiento de Madrid (este pretende implantar sistemas de autoconsumo que empleen energías renovables en los edificios públicos), ... No se ha hallado información que respalde la implantación de estas actuaciones, ni tampoco información alguna acerca de las fuentes generadoras de esa energía.

### **Huesca**

En lo que a energía se refiere, resulta abrumadora la cantidad de información aportada por el Gobierno de Aragón, concretamente el Instituto Aragonés de Estadística, presentando los indicadores: autoabastecimiento, consumo de energía, energías renovables, intensidad de energía, importación de energía primaria, producción interna de energía primaria, infraestructuras de energía, ventas de energía eléctrica, utilización de la energía y de los combustibles, ... En cambio, existen dos inconvenientes: los datos expuestos en su mayoría solo alcanzan al año 2016 (en un único indicador hasta el año 2017) y, se refieren a la Comunidad de Aragón o, en su caso, a la provincia de Huesca, en ningún caso a escala local. Este hecho, aunque permite realizar estimaciones, no es válido para este estudio al no permitir el análisis de la sostenibilidad energética en la ciudad propiamente dicha.

### **Vitoria/Gasteiz**

El consumo energético de la ciudad de Vitoria aparece presentado en el indicador quince, llamado consumo doméstico de electricidad y gas natural, incluido en la Agenda 21 local. En él, se muestra la evolución temporal del consumo desde el año 2007 hasta el año 2015. Esta información se exhibe aquí:

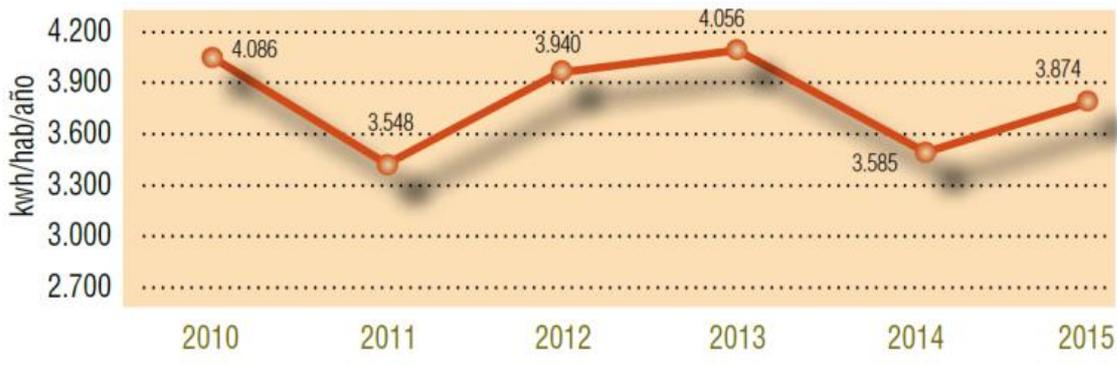


Figura 5.9. Consumo de Gas Natural referente a los sectores doméstico y comercial de Vitoria. Fuente: Ayuntamiento de Vitoria/Gasteiz.

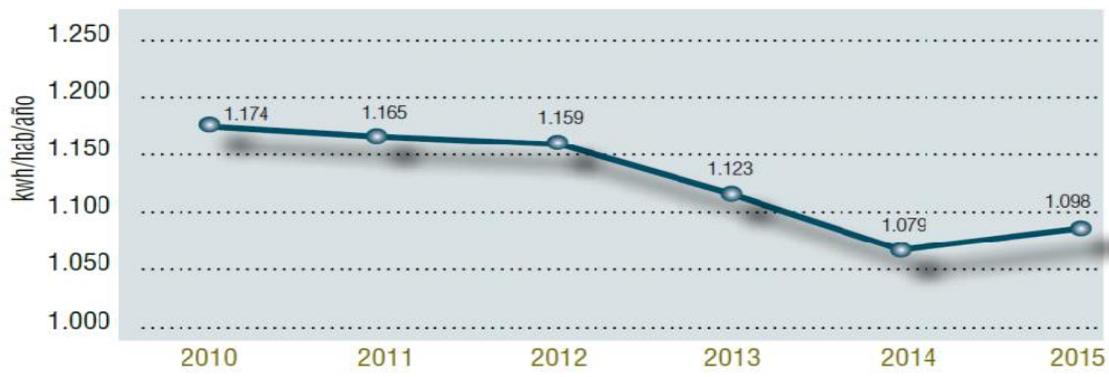


Figura 5.10. Consumo de Electricidad referente al sector doméstico de Vitoria. Fuente: Ayuntamiento de Vitoria/Gasteiz.

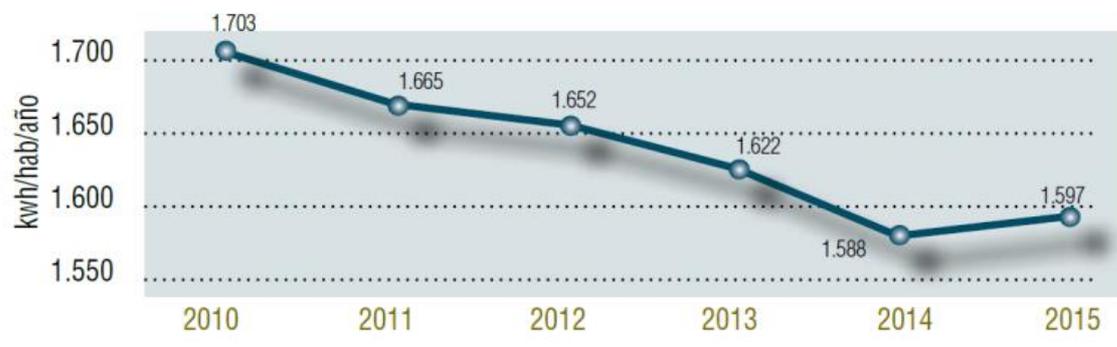


Figura 5.11. Consumo de Electricidad referente al sector comercial de Vitoria. Fuente: Ayuntamiento de Vitoria/Gasteiz.

Al observar el primer gráfico, se aprecia que el consumo energético anual per cápita de Gas Natural de Vitoria disminuyó en el año 2015 frente al año 2010, sin embargo, en el año 2007 el consumo de GN fue de 3.636 kWh/hab/año (consumo menor al del año 2015), con lo cual, es posible concluir que suele sufrir fluctuaciones. Sin embargo, en el caso del consumo eléctrico, tanto del sector doméstico, como el sector comercial, es apreciable una reducción del consumo progresiva hasta el año 2012, a partir del cual, este se reduce con más brusquedad para volver a incrementarse en el año 2015. En cambio, en ambos casos, los sectores doméstico y comercial, el consumo eléctrico en el año 2015 es inferior al consumo eléctrico medido en el año 2007. Siendo el consumo eléctrico del sector doméstico de 1.161 kWh/habitante/año y, el del sector comercial de 1.603 kWh/habitante/año, relativos al año 2007. La población de Vitoria/Gasteiz era de 243.918 habitantes en el año 2015, según los datos del Padrón del Instituto Nacional de Estadística,

y que, con un consumo anual per cápita de 1.098 kWh de electricidad del sector doméstico se traduce en 267.821.964 kWh consumidos ese año en actividades domésticas, esta cifra no incluye el consumo doméstico de Gas Natural. El pasado año 2018, dicho padrón mostraba una población para la ciudad de Vitoria/Gasteiz de 249.176 habitantes, cabe suponer un aumento del consumo energético asociado a este crecimiento poblacional.

### **Bilbao**

Un estudio indica que Bilbao es la ciudad que presenta mayor eficiencia energética de las ciudades españolas que analizaba dicho estudio. Sin embargo, no se han encontrado más datos.

### **Donostia/San Sebastián**

Esta ciudad contiene su propio Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES), este se compone de 91 medidas que llevan implantándose desde el 2012 (horizonte 2012-2020), enfocadas en los sectores residencial, servicios y a la propia administración municipal. Este se aprobó en 2011, por lo que los datos contenidos en el mismo oscilan en torno a ese año. En el año 2010 el consumo de energía final de San Sebastián era de 3,4 millones de MWh que, en un 65% se debían al sector del transporte, además, un 21% se debía al consumo residencial, en un 11% al sector servicios y un 3% al Ayuntamiento. Esta energía procedía en su mayoría de combustibles líquidos (en un 63%), en un 19% de electricidad, un 16% correspondía al gas natural y un 2% a gases licuados del petróleo. Lamentablemente, no se han hallado datos más actualizados.

### **Situación final**

La tabla 5.4. refleja la situación en cuanto a información de indicadores se dispone. Hay un indicador tratado durante el apartado que no aparece en la tabla, se trata de los datos obtenidos en el gráfico referente al coste energético frente a la renta por hogar, el cual expone que la situación de estas ciudades es positiva con respecto al mismo, salvo en el caso de Huesca cuyos datos se desconocen. Este indicador no se ha incluido aquí porque no trasmite una información directamente relacionada con los indicadores que se buscaban.

<b>Ciudad Indicador</b>	<b>Barcelona</b>	<b>Bilbao</b>	<b>Burgos</b>	<b>Donostia</b>	<b>Huesca</b>	<b>Madrid</b>	<b>Vitoria</b>
Consumo de energía en los edificios públicos por año	NS	NS	NS	NS	NS	No, en 2018 el consumo de la Administración y otros servicios públicos fue de 4 065 258 950 kWh (no se	NS

(kWh/m <sup>2</sup> )						sabe específicamente por m <sup>2</sup> )	
Uso residencial total de energía eléctrica per cápita (kWh/año)		NS	NS		NS		En 2015 el consumo eléctrico doméstico fue de 1 098 kWh/hab/año
Porcentaje de la población con servicio eléctrico autorizado (sustituido por pobreza energética)	NS	NS	72 000 Habitantes sufren pobreza energética, siendo la población urbana de 175.921 habitantes		NS	NS	NS
Porcentaje total de energía derivado de fuentes renovables	2,17% del total del consumo energético se produce mediante fuentes renovables	NS	Acuerdo por el cual el 100% procedería de fuentes renovables (firmado en 2018)	NS	NS	NS	NS

Tabla 5.4. Resumen informativo de la situación de las ciudades. Elaboración propia. Las casillas con las letras NS responden al desconocimiento del indicador de que se trate debido a la carencia de datos al respecto. Las casillas que contienen "No" expresan la ausencia del indicador, pero exponen la información del indicador por el que ha sido sustituido.

En cuanto a Madrid, el consumo energético de la ciudad en su mayoría corresponde a los usos domésticos y públicos, este hecho negativo también cuenta con dos aspectos positivos, en primer lugar, se conoce a qué sector corresponde el mayor consumo lo cual permite actuar sobre el foco del problema y, por otro lado, al tratarse del sector público resulta más sencillo la implantación de medidas de ahorro energético.

En el caso de Barcelona, aunque se observa que la ciudad apuesta por el progreso

energético, es necesario que las fuentes renovables adquieran mayor peso en la generación energética puesto que se trata de gran ciudad con un consumo a su medida.

Sin embargo, la ciudad de Burgos muestra una tendencia negativa, ya que presenta una pobreza energética muy alta con relación al total de población con la que cuenta, por lo que, aunque no se cuenta con datos que permitan emitir una valoración como tal, este hecho en sí mismo no es sostenible.

De las ciudades de Huesca y Bilbao no se tiene información.

En cuanto a Donostia y Vitoria, los datos de que se dispone no permiten emitir una valoración por su desactualización. De modo que, no es posible evaluar esta temática.

### **5.3. Calidad del Aire**

#### **5.3.1. Introducción.**

Las características propias de las ciudades hacen que estas conlleven una serie de efectos o impactos asociados en el entorno en el que se encuentran: produciendo modificaciones de la dinámica del aire, del equilibrio térmico, del régimen de tormentas, del régimen de pluviosidad, de la composición del aire (debido a las emisiones), de la rugosidad topográfica, de la permeabilidad del suelo (sellado), efecto de isla térmica, ... Por otra parte, la contaminación atmosférica incide sobre el clima urbano afectando a la humedad, el viento y la temperatura. "Uno de los factores más importantes que se debe considerar dentro de la ciudad es la contaminación atmosférica, que puede afectar a la salud de los seres vivos y a las construcciones propiamente dichas, y que a causa de las emisiones de gases, polvo o aerosoles modifica con mayor o menor gravedad las condiciones atmosféricas urbanas, que se diferenciarán más o menos de las de su entorno" (Seoánez, 2002). Cabe mencionar que la contaminación atmosférica no solo se encuentra en el aire exterior urbano puesto que una gran parte de los agentes contaminantes pasan al interior de las construcciones, este hecho se añade al de los agentes contaminantes que puedan producirse en el propio interior (por ejemplo, el humo del tabaco). Por otro lado, existen condicionantes dentro de la ciudad que interactúan con la contaminación, favoreciéndola o disminuyéndola, como es el caso de la ventilación, es decir, una ciudad cuyos edificios son altos y están próximos y/o si cuyas calles son estrechas y sinuosas presenta dificultades a la hora de ventilarse, este hecho propicia la contaminación al no haber dispersión de los contaminantes (o estar ser mínima). Otro caso lo componen las inversiones térmicas de escala local, estas a menudo ocasionan las concentraciones más altas de contaminantes. Y, por último, la altura de los tejados y la altura respecto a la calle, el primero determina en importante medida las concentraciones urbanas de  $SO_x$  y, el segundo las concentraciones urbanas de  $NO_x$ . Por tanto, tener en cuenta la morfología de una ciudad también es un parámetro importante en sostenibilidad urbana. La evaluación de la calidad del aire española realizada en el año 2017 mostraba superaciones de los valores límite establecidos legislativamente en cuanto a material particulado ( $PM_{10}$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), así como, en ozono troposférico ( $O_3$ ). Cabe destacar que, es más complicado diseñar medidas

que disminuyan de manera eficaz la contaminación relativa al ozono y a otros contaminantes fotoquímicos que al NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>, al tratarse de un contaminante secundario, el ozono.

### 5.3.2. Sostenibilidad Ambiental.

La sostenibilidad ambiental se refiere a un conjunto de aspectos, sin embargo, principalmente se asocia a la calidad del aire que, es lo que se va a analizar en este apartado puesto que, generalmente, afecta de forma directa y negativa a la salud de la población y a su calidad de vida, así como, a los materiales, otros seres vivos, las construcciones urbanas, etc. Por este motivo, la sostenibilidad ambiental aplicada a las ciudades suele basarse en el desarrollo y la implantación de medidas de reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, lo cual es una medida importante para mejorar la calidad del aire. De los doce ODS de las Naciones Unidas, el undécimo se refiere a las ciudades y comunidades sostenibles (tal y como se trató en los primeros puntos del trabajo), este recoge diversas metas y, entre ellas se encuentra la de: "De aquí a 2030, reducir el impacto negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo" (Naciones Unidas 2019). Para determinar si una ciudad es sostenible ambientalmente en cuanto a calidad del aire, se estudian los indicadores: concentración de partículas finas en suspensión (PM<sub>2,5</sub>), concentración partículas en suspensión (PM<sub>10</sub>) y emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente). El Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, el cual sigue vigente a pesar de haber sido modificado (por el Real Decreto 39/2017, de 27 de enero), pone de manifiesto dos cuestiones: a) aquellas zonas o aglomeraciones que presente niveles inferiores a los valores límite de los contaminantes regulados deberán adoptar las medidas que se requieran para mantener esa situación, obteniendo la mejor calidad del aire que sea posible y, b) aquellas zonas o aglomeraciones en las que se superen los valores límite aumentando en el margen de tolerancia de uno o más contaminantes regulados o, en caso de que no esté regulado, el valor límite, las administraciones competentes deberán adoptar los planes de actuación pertinentes para reducir los niveles, cumpliendo así los valores límite en los plazos fijados (RD 102/2011, de 28 de enero). El Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, define los objetivos de calidad del aire como los valores límite, objetivo, así como, las obligaciones en materia de concentración de la exposición que establece la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, e igualmente, en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Este mencionado Real Decreto 818/2018 incluye los compromisos de reducción de emisiones de España, con respecto al año de referencia, en este caso 2005, siendo estos:

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COVNM	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
<b>Horizonte 2020-2029</b>	67%	41%	22%	3%	15%
<b>A partir de 2030</b>	88%	62%	39%	16%	50%

Tabla 5.5. Compromisos de reducción de emisiones. Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica.

Para los contaminantes atmosféricos se establecen los llamados valores límite y valores objetivo, generalmente de emisión, para un período determinado. A continuación, se muestra una tabla comparativa de los valores legislados en la Unión Europea para los contaminantes atmosféricos más comunes, respecto a los valores guía de protección de la salud establecidos por la OMS, en ella pueden observarse algunas discrepancias.

<b>Contaminante</b>	<b>Valor legislado UE</b>	<b>Valor guía OMS (2006)</b>
<b>SO<sub>2</sub> (horario)</b>	350 µg/m <sup>3</sup> (>24 veces/año)	--
<b>SO<sub>2</sub> (diario)</b>	125 µg/m <sup>3</sup> (>3 veces/año)	20 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub> (horario)</b>	200 µg/m <sup>3</sup> (>18 veces/año)	200 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub> (anual)</b>	40 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM10 (diario)</b>	50 µg/m <sup>3</sup> (>35 veces/año)	50 µg/m <sup>3</sup> (>3 veces/año)
<b>PM10 (anual)</b>	40 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM2,5 (diario)</b>	--	25 µg/m <sup>3</sup> (>3 veces/año)
<b>PM2,5 (anual)</b>	25 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
<b>O<sub>3</sub> (máximo diario 8h)</b>	120 µg/m <sup>3</sup> (>25 veces/año en promedio de 3 años)	100 µg/m <sup>3</sup>
<b>CO</b>	10 mg/m <sup>3</sup> (máximo diario octohorario anual)	10 mg/m <sup>3</sup> (8h)
<b>Pb (anual)</b>	0,5 µg/m <sup>3</sup>	0,5 µg/m <sup>3</sup>
<b>As (anual)</b>	6 ng/m <sup>3</sup>	--
<b>Cd (anual)</b>	5 ng/m <sup>3</sup>	5 ng/m <sup>3</sup>
<b>Ni (anual)</b>	20 ng/m <sup>3</sup>	--
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (anual)</b>	5 µg/m <sup>3</sup>	--
<b>B(a)P (anual)</b>	1 ng/m <sup>3</sup>	--

Tabla 5.6. Valores legislados de contaminantes atmosféricos respecto a los valores de la Organización Mundial de la Salud. Elaboración propia. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica.

De tal forma que, en función de los valores registrados en cada ciudad para cada uno de los contaminantes mencionados, será determinado un nivel de calidad del aire que podrá ser: a) Muy bueno, b) Bueno, c) Regular, d) Malo o e) Muy malo (O. TEC/351/2019, de 18 de marzo). Estos rangos se corresponden con los valores:

Calidad	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
Muy bueno	0-10 µg/m <sup>3</sup>	0-20 µg/m <sup>3</sup>	0-40 µg/m <sup>3</sup>	0-80 µg/m <sup>3</sup>	0-100 µg/m <sup>3</sup>
Bueno	11-20 µg/m <sup>3</sup>	21-35 µg/m <sup>3</sup>	41-100 µg/m <sup>3</sup>	81-120 µg/m <sup>3</sup>	101-200 µg/m <sup>3</sup>
Regular	21-25 µg/m <sup>3</sup>	36-50 µg/m <sup>3</sup>	101-200 µg/m <sup>3</sup>	121-180 µg/m <sup>3</sup>	201-350 µg/m <sup>3</sup>
Malo	26-50 µg/m <sup>3</sup>	51-100 µg/m <sup>3</sup>	201-400 µg/m <sup>3</sup>	181-240 µg/m <sup>3</sup>	351-500 µg/m <sup>3</sup>
Muy malo	51-800 µg/m <sup>3</sup>	101-1200 µg/m <sup>3</sup>	401-1000 µg/m <sup>3</sup>	241-600 µg/m <sup>3</sup>	501-1250 µg/m <sup>3</sup>

Tabla 5.7. Rangos establecidos para cada nivel del Índice Nacional de Calidad del Aire. Fuente: Boletín Oficial del Estado.

Recientemente, se ha aprobado el primer Programa de Control de la Contaminación Atmosférica que, a pesar de encontrarse actualmente en estado de borrador (puede ser modificado), se considera importante tener en cuenta las determinaciones que en él se establecen por su relación directa tan importante que mantiene con este tema en cuestión.

Por otro lado, en el apartado anterior se hizo referencia a que las ciudades generan ciertas modificaciones en su entorno debido a sus características intrínsecas, de modo que, en lo referente al problema de la modificación del equilibrio térmico en las ciudades, una posible medida a realizar sería la incorporación de los llamados techos verdes (*greenroofs*) en los edificios. Esto se debe a las cualidades de mejora del rendimiento térmico y aislamiento en los techos de los edificios que demuestran estos techos verdes. De manera que, los techos verdes amortiguan las fluctuaciones térmicas estacionales que sufren los sistemas de techado, mostrando en verano un efecto de enfriamiento asociado a la evapotranspiración de las plantas y a la evaporación de la humedad retenida en el propio suelo. Mientras que, en invierno el techo verde hace las veces de membrana de aislamiento, limitando la pérdida de calor en los edificios.

Finalmente, la sostenibilidad ambiental urbana es un aspecto sumamente complicado de tratar dado que su consecución está directamente vinculada a las actuaciones que se efectúen e implanten en muchos otros sectores debido a la gran afección que producen en el medio urbano, específicamente incluye a los temas tratados en este trabajo (transporte, energía, aguas residuales y residuos sólidos) cuya relevancia es muy significativa. De manera que, la unidad internacional de medida de la sostenibilidad ambiental urbana es la calidad del aire cuya evaluación se basa en el cumplimiento o el incumplimiento de los valores límite y objetivo de contaminación determinados legislativamente en base a las determinaciones realizadas por los comités científicos. Lo verdaderamente sostenible sería que existiera un equilibrio "antropoecológico", de tal manera que, los contaminantes emitidos por las diversas fuentes fueran absorbidos por los distintos sumideros sin sobrepasar la capacidad de carga de estos últimos, existiendo así un balance. Lamentablemente, se trata de un supuesto ideal. Sin embargo, sería un óptimo sostenible trabajar activamente para aproximarnos asintóticamente a este escenario. Por todo ello, la

determinación de la existencia de sostenibilidad ambiental en las siete ciudades se basará en el cumplimiento de estos valores relativos a sus respectivas calidades del aire.

### 5.3.3. Situación de las ciudades.

La finalidad de este apartado es establecer cuál es la calidad del aire existente en las siete ciudades que se están observando, a través del análisis de la presencia de los agentes contaminantes ya mencionados en las mismas. De modo que, la comparativa de tales valores con los rangos establecidos por el Índice Nacional de Calidad del Aire permita establecer si ese hecho resulta o no sostenible. Para llevar a cabo esta labor, se va a buscar indicadores como son: la concentración de partículas finas en suspensión (PM 2,5), la concentración de partículas en suspensión (PM 10) y la emisión de gases de efecto invernadero medido en toneladas per cápita.

Seguidamente, se expone el gráfico recogido en el Informe de Ciudades Sostenibles de 2018, el cual recoge la calidad del aire de cada una de las 52 ciudades españolas (en beige señaladas las siete aquí analizadas). Este gráfico se basa en la recopilación del conjunto de indicadores (con cifras normalizadas) que presentaba el informe al respecto.

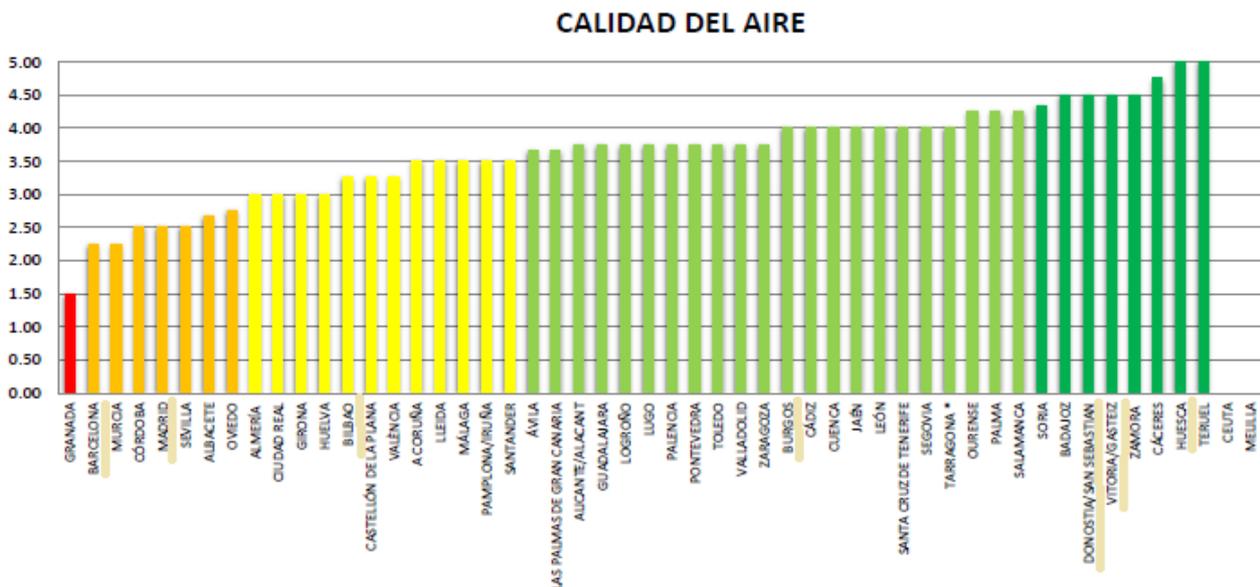


Figura 5.12. Calidad del aire general de las ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad.

Es apreciable que según este gráfico la ciudad seleccionada con la mejor calidad del aire sería Huesca, seguida de Vitoria y Donostia. Este hecho se debe a la puntuación global adquirida por Huesca en los indicadores del Informe de Ciudades Sostenibles (2018), como es el caso del indicador referido a la superficie relativa de parques y superficie natural en el cual Huesca recibió una alta puntuación, así como, a su puntuación media en emisiones atmosféricas, además de otros indicadores en este apartado excluidos que, el Informe sí abarcaba (como son el consumo hídrico, los ruidos y la gestión de residuos).

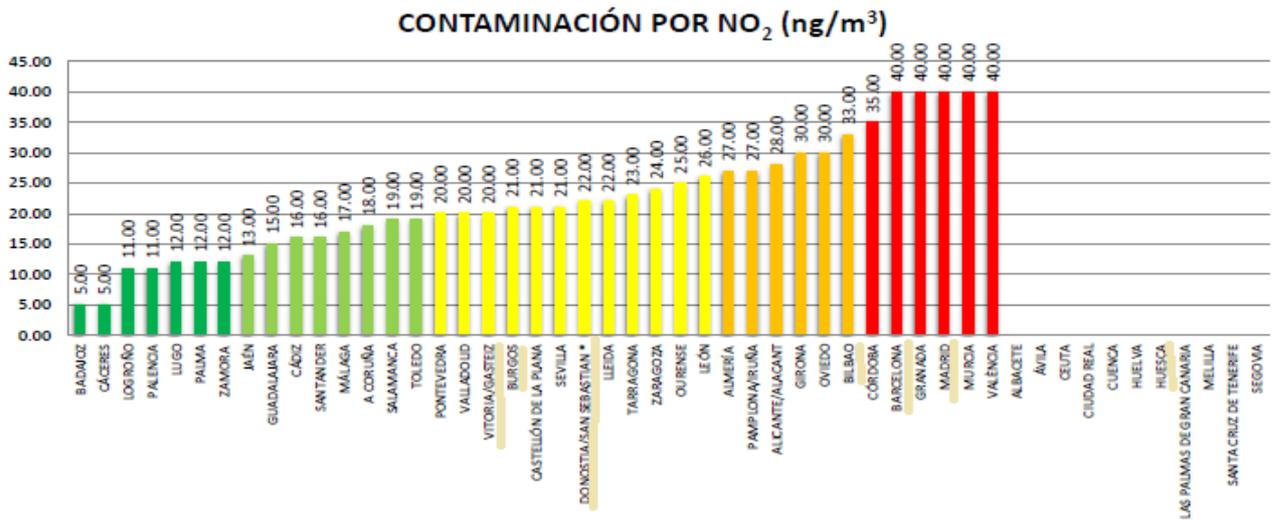


Figura 5.13. Valores de contaminación por NO<sub>2</sub>. Fuente: Observatorio de Sostenibilidad.

El anterior gráfico refleja la contaminación por NO<sub>2</sub> (expresado en ng/m<sup>3</sup>), como se desconoce si se trata de un valor medio o máximo ha sido utilizado para tener un orden de magnitud; presente en las 52 ciudades españolas, de nuevo, se ha señalado en color beige las ciudades a analizar. Siendo los valores registrados de:

Vitoria	Burgos	Donostia	Bilbao	Barcelona	Madrid	Huesca
20 ng/m <sup>3</sup>	21 ng/m <sup>3</sup>	21 ng/m <sup>3</sup>	33 ng/m <sup>3</sup>	40 ng/m <sup>3</sup>	40 ng/m <sup>3</sup>	Sin datos.

Tabla 5.8. Valores de NO<sub>2</sub> registrados. Elaboración propia. Fuente: OS.

Según estos valores la calidad del aire respecto a los niveles de contaminación por NO<sub>2</sub> es muy buena en todas las ciudades, excepto Huesca por ausencia de datos, puesto que estarían en el rango de 0 a 40 µg/m<sup>3</sup> que dictamina el INCA.

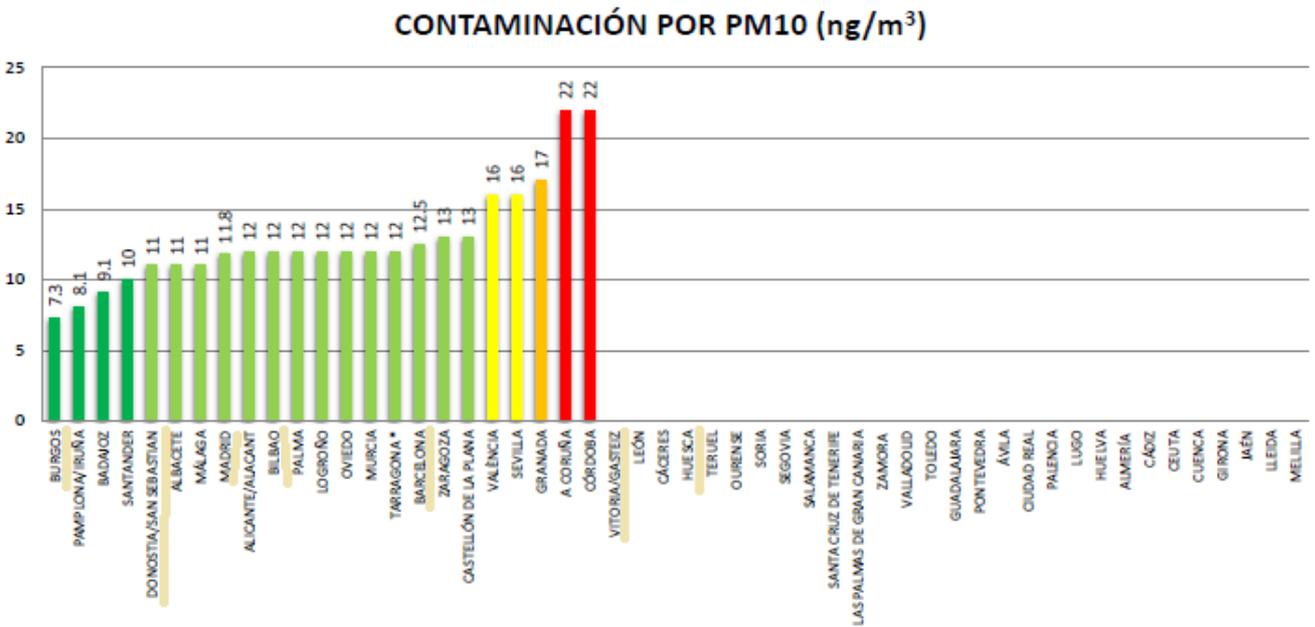


Figura 5.14. Valores de contaminación por PM<sub>10</sub>. Fuente: OS.

Tal y como se aprecia en esta gráfica, todas las ciudades cuentan con buena calidad del aire en lo que a PM<sub>10</sub> se refiere (como se desconoce si estos datos se tratan de un valor medio o máximo han sido utilizados para tener un orden de magnitud), excepto Vitoria y Huesca que no cuentan con información al respecto. De tal modo que, los valores son:

Vitoria	Burgos	Donostia	Bilbao	Barcelona	Madrid	Huesca
Sin datos.	7,3 ng/m <sup>3</sup>	11 ng/m <sup>3</sup>	12 ng/m <sup>3</sup>	12,5ng/m <sup>3</sup>	11,8ng/m <sup>3</sup>	Sin datos.

Tabla 5.9. Valores de PM10 registrados. Elaboración propia. Fuente OS.

Comparando los datos recogidos en esta tabla con los rangos de valores establecidos por el INCA, de nuevo, todas las ciudades, salvo Vitoria y Huesca, cuentan con muy buena calidad del aire respecto a PM<sub>10</sub> dado que se encuentra en el intervalo de 0-20 µg/m<sup>3</sup>.

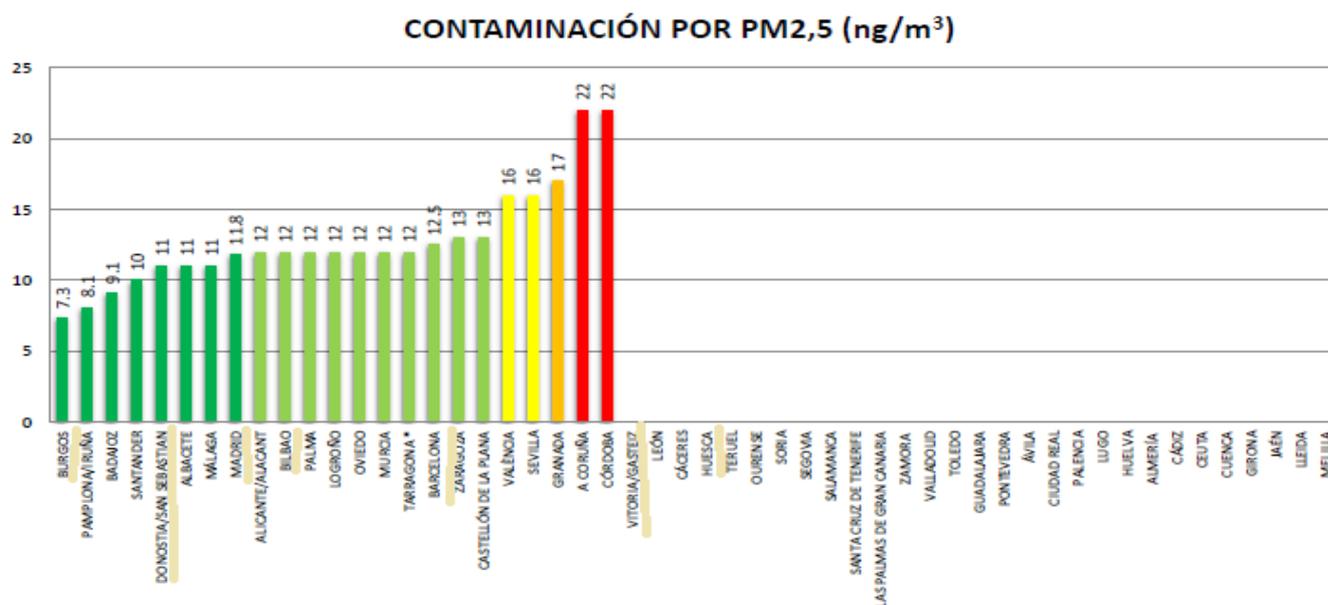


Figura 5.15. Valores de contaminación por PM<sub>2,5</sub>. Fuente: OS.

De nuevo este gráfico indica que todas las ciudades seleccionadas cuentan con una muy buena calidad del aire del aire (igualmente como se desconoce si estos datos constituyen un valor medio o máximo han sido utilizados para tener un orden de magnitud), según los rangos del Índice Nacional de Calidad del Aire, salvo Vitoria/Gasteiz y Huesca que se desconoce su situación.

Sin embargo, los tres gráficos presentados respecto a contaminación por PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y NO<sub>2</sub> presentan el mismo problema: se desconoce si se refieren a valores máximos o medios, es decir, tal y como ha sido explicado anteriormente, se han empleado para conocer órdenes de magnitud. Con motivo de subsanar las dudas, se ha consultado el Informe de Evaluación de la Calidad del Aire emitido en 2018, este es de ámbito nacional, en cambio, respecto al indicador PM<sub>2,5</sub> había datos a escala municipal de casi todas las ciudades elegidas. Aunque solo se haya hallado información temporalizada acerca de este indicador, permite contrastar la información aportada por el Informe de Ciudades Sostenibles de 2018 respecto a la calidad del aire.

Estaciones	Medias Anuales PM 2,5 (µg/m <sup>3</sup> )									
Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Burgos</b>	13	9,2	8,8	10	8,8	11	8,6	8,7	7,3	6,3
<b>Barcelona</b>	16	15	17	18	14	13	17	12	13	14

<b>Barcelona</b>	20	15	14	15	12	12	15	11	12	13
<b>Madrid</b>	14	14	14	13	10	11	13	11	12	12
<b>Madrid</b>	13	12	13	12	9,8	10	12	10	11	11
<b>Madrid</b>	13	12	12	11	8,3	9,2	11	9,2	9,5	11
<b>San Sebastián</b>		10	11							
<b>Bilbao</b>	12	12		12	12	9,6	11	8,9	12	13

Tabla 5.10. Medias anuales de PM<sub>2,5</sub>. Elaboración propia. Fuente: Informe de la Evaluación de la Calidad del Aire en España 2018.

Las comparaciones entre la información contenida en esta tabla y la contemplada en el gráfico relativo a la contaminación por PM<sub>2,5</sub> generan discrepancias. En primer lugar, se aprecia que la contaminación relativa a este indicador no ha disminuido necesariamente a lo largo del tiempo, sino que se observan fluctuaciones. En segundo lugar, es observable que la calidad del aire solo es "muy buena" en el caso de Burgos en el año 2018, las demás cuentan con "buena" calidad del aire. También, es apreciable que Huesca no presenta datos de nuevo, aunque en este caso tampoco se conoce la situación de Vitoria. Se desconocen las causas. Finalmente, queda reflexionar sobre el hecho de que según la Organización Mundial de la Salud (año 2006) el límite anual para este contaminante es de 10 µg/m<sup>3</sup>, con lo que, cabría reflexionar acerca de si el límite debería ser más restrictivo.

En este apartado no se incluye información específica de las ciudades por dos motivos: en primer lugar, los gráficos generales aportaban esa información y, en segundo lugar, ese tipo de información no la proporcionaban las propias ciudades.

### Situación final

Este subapartado no cuenta con tabla resumen puesto que se han encontrado todos los indicadores que se buscaban, no siendo necesario realizar ninguna adaptación o elección por similitud, y porque no se ha incluido información específica de las ciudades.

A este respecto, se van realizando progresos sostenibles en Barcelona, Burgos Bilbao, Donostia y Madrid puesto que se cumplen los límites establecidos legislativamente, este hecho se ha determinado mediante la comprobación de los resultados relativos al indicador PM<sub>2,5</sub>, por medio de la comparación entre los datos obtenidos del gráfico (Figura 5.15) y la tabla obtenida del Informe de Evaluación de la Calidad del Aire (tabla 5.10). Salvo en el caso de Huesca y Vitoria cuya situación es desconocida en este ámbito. Ahora bien, es prioritario que las ciudades, pese a cumplir los valores establecidos, desarrollen e implanten medidas que permitan hacer frente a los problemas ambientales del entorno urbano (principalmente, la contaminación). Además, hay que tener en cuenta que todas las ciudades evaluadas en algún año del período analizado han superado el límite establecido por la OMS para dicho indicador contrastado, este hecho junto al de que existen diversos condicionantes urbanos que favorecen la generación de determinados contaminantes, como el ya mencionado fenómeno urbano típico de las calles estrechas. Todo ello hace que sea necesario considerar el establecimiento de límites más restrictivos de los contaminantes atmosféricos.

## **5.4. Transporte**

### **5.4.1. Introducción**

El pasado año 2018, el sector del transporte supuso el 28% de las emisiones totales a escala nacional, la mayoría emisiones de CO<sub>2</sub>. Lo que convierte al sector del transporte en el sector responsable de la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> del año 2018. El sector del transporte es una gran fuente de contaminación móvil que típicamente incluye: los vehículos automóviles, los ferrocarriles, la aviación y la navegación marítima. De tal manera que, en el caso del transporte aéreo (el cual no constituye en sí mismo un medio de transporte interurbano, en cambio, numerosas ciudades presentan aeropuertos en sus entornos, cuyos impactos recibe la población urbana en cierta medida) los impactos ambientales locales (produce impactos ambientales globales también, hecho no despreciable puesto que la contaminación se desplaza) abarcan los siguientes: uso de un gran espacio (puede ocasionar la destrucción o fragmentación de ecosistemas y/o la afección a las rutas migratorias de las aves), afección al paisaje, ruido y contaminación atmosférica (emisión de GEI). Aunque en el entorno urbano la contaminación del sector del transporte, mayoritariamente, se refiere a los vehículos automóviles, es decir, a los desplazamientos de pasajeros y mercancías interurbanos. Esto no significa que el sector del transporte exclusivamente genere contaminación de este modo puesto que, la producción de los medios de transporte y su posterior eliminación también generan contaminación, aspecto que está siendo considerado recientemente desde la implantación del concepto del ciclo de vida de las materias primas (*cradle to cradle*).

### **5.4.2. Sostenibilidad en el Transporte**

El undécimo ODS de las Naciones Unidas, referente a las ciudades y comunidades sostenibles, contempla entre sus metas el facilitar el acceso a sistemas de transporte asequibles, seguros, accesibles y sostenibles para todas las personas y mejorar la seguridad vial, concretamente por medio de la ampliación del transporte público, atendiendo especialmente las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad. La sostenibilidad en el transporte urbano está muy ligada a la descarbonización del sector del transporte en las ciudades, la cual se fundamenta en cinco pilares que son: la intensidad de carbono presente en el combustible, la distancia de los desplazamientos, la cifra de viajes motorizados, la intensidad energética y la tasa de ocupación de los vehículos. En primer lugar, la intensidad de carbono presente en el combustible hace referencia a la medida de la emisión de GEI por unidad de energía (típicamente, gCO<sub>2</sub> equivalentes/MJ), la consecución de este punto requiere del empleo de las mejores tecnologías disponibles para sustituir el combustible por otro menos contaminante o los propios vehículos, de manera que, se utilicen fuentes de energía más limpias. A este respecto, los vehículos eléctricos o los propulsados con hidrógeno se observan los más apropiados para el transporte urbano puesto que la contaminación emitida por los mismos es mínima, en contraposición con los vehículos propulsados con biocombustibles que, a pesar de, suponer una reducción en las emisiones globales de CO<sub>2</sub> al analizar el ciclo de vida de estos combustibles, las emisiones del tubo de escape son equiparables a las emisiones de los combustibles fósiles (Searchinger 2010, citado en Kammen & Sunter 2016). Sin embargo, el

96% de la producción de hidrógeno se basa actualmente en métodos convencionales que emplean combustibles fósiles. Por otro lado, la intensidad de la energía es otro aspecto a considerar, la cual se refiere a la energía necesitada para mover un vehículo un kilómetro de distancia, las mejoras se focalizan en incrementar la economía del combustible por medio de modificaciones en los factores: el aligeramiento del vehículo, la aerodinámica, la gestión de la carga de accesorios y la optimización de los sistemas de transmisión. Respecto a las tasas de utilización de los vehículos, las estrategias destinadas a la reducción de la utilización de los vehículos privados más óptimas son el uso del transporte público y el uso compartido de los vehículos privados, en cambio, según un modelo de Frangnant & Kockelman (2014) el uso compartido de vehículos privados podría minimizar la cantidad de automóviles en uso en un factor de 10, mientras que el total de la distancia motorizada recorrida se incrementaría en un 11% (Kammen & Sunter, 2016). La sostenibilidad en el transporte no depende exclusivamente de la descarbonización aplicada mediante la sustitución de unos combustibles por otros, y/o de unas fuentes de energía por otras, sino también de la evaluación de todas las etapas del ciclo de vida de los productos y servicios, de tal forma que, se lleve a cabo un proceso de mejora continuada que permita realizar una gestión sostenible de sector.

#### **5.4.3. Situación de las ciudades**

En el apartado aquí tratado, se desea encontrar información similar a la que se obtiene mediante los indicadores siguientes: kilómetros del sistema de transporte público de alta capacidad por cada 100 000 habitantes, número anual de viajes en transporte público per cápita, kilómetros de sistemas ligeros de transporte público de pasajeros por cada 100 000 habitantes y número de automóviles particulares per cápita. En caso de no encontrarse estos se buscarán otros análogos en función de la información de que se disponga.

A continuación, se presenta la situación actual de las ciudades frente al sector de la movilidad, es decir, el transporte público y privado. Para ello, se presentan los siguientes gráficos pertenecientes al Informe de Ciudades Sostenibles de 2018. Resulta evidente que los indicadores que se exponen en los siguientes gráficos no son los indicadores definidos para la evaluación de la sostenibilidad urbana referente al sector del transporte, pero se han dado por válidos porque la información que transmiten estos indicadores es análoga a la que transmitirían los otros, en el sentido de que ambos manifiestan el uso que hacen los ciudadanos del transporte público, salvo que estos indicadores lo transmiten de manera indirecta.

### PRECIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO (50 viajes mensuales €)

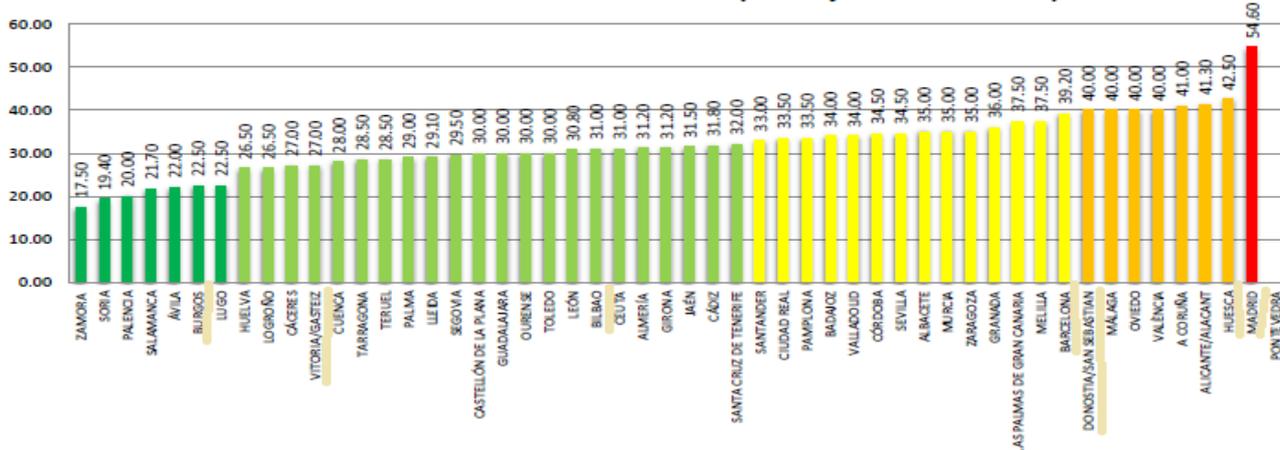


Figura 5.16. Precio del transporte público de las ciudades españolas. Fuente: Informe de Ciudades Sostenibles 2018.

En este gráfico es observable que, de las siete ciudades seleccionadas, Burgos es la que posee el menor coste de transporte, por su parte, Vitoria y Bilbao presentan costes intermedios, mientras que Huesca y Madrid presentan los costes más elevados, este hecho puede repercutir negativamente sobre la población urbana. Este gráfico, pese a tener su aparente carácter económico, es un gran indicador social puesto que el precio del transporte público afecta directamente al comportamiento de la población urbana al escoger su medio de transporte habitual o puntual. Además del hecho de que el transporte asequible es una de las metas de los ODS, tal y como se ha mencionado con anterioridad. Por otra parte, al tratarse de un sector con mucha presencia en las emisiones de contaminantes atmosféricos y en el consumo energético, numerosas iniciativas destinadas a limitar o reducir el uso del transporte privado, generalmente vehículos, se centran en la promoción del uso del transporte público, cuya elección por parte de la población simultáneamente depende del precio y, de la otra gran variable: el tiempo invertido en los desplazamientos.

### TIEMPO MEDIO DE VIAJE DIARIO AL TRABAJO (minutos)

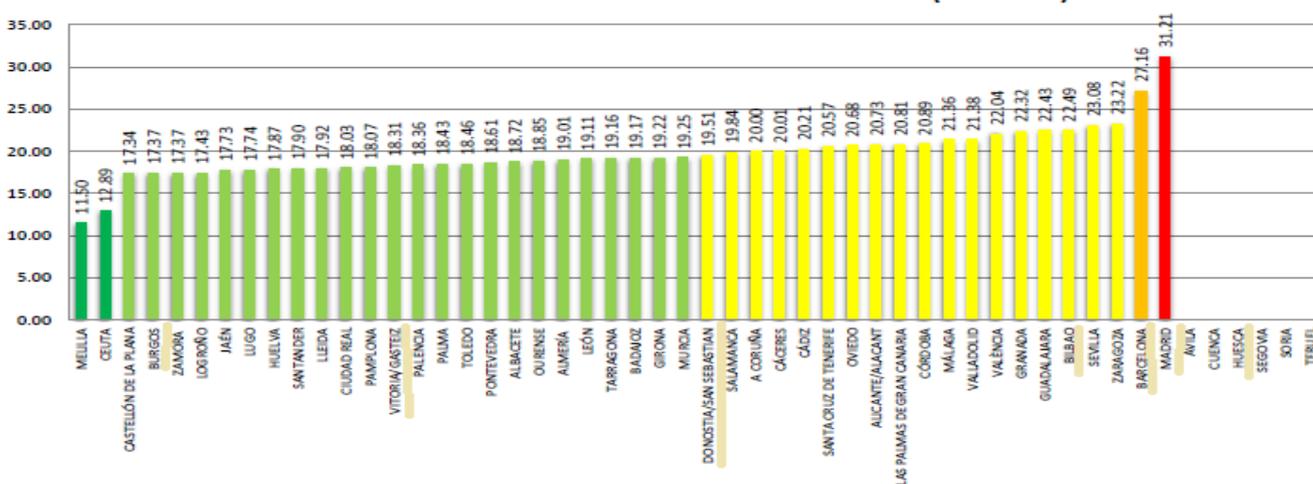


Figura 5.17. Tiempo medio de viaje diario al trabajo en las ciudades españolas. Fuente: Informe de Ciudades Sostenibles 2018.

Este gráfico representa el tiempo medio que emplean los habitantes de las ciudades españolas en desplazarse a sus respectivos trabajos. Aunque el gráfico muestra distintas

secciones, a primera vista se aprecia cierta constancia en el gráfico, oscilando todas las ciudades en torno a los veinte minutos, no se observa una diferencia importante entre ciudades. En cambio, Burgos lidera la clasificación de entre las siete ciudades con un tiempo medio diario de 17,37 minutos, en contraposición con el valor más elevado, los 31.21 minutos de Madrid. Estos elevados tiempos medios de desplazamiento suele deberse a causas: la congestión del tráfico, las residencias en ciudades dormitorio de la periferia urbana, las llamadas "horas punta", el uso multitudinario del vehículo privado, ...

En cuanto al uso multitudinario del vehículo privado, se presenta el gráfico siguiente:

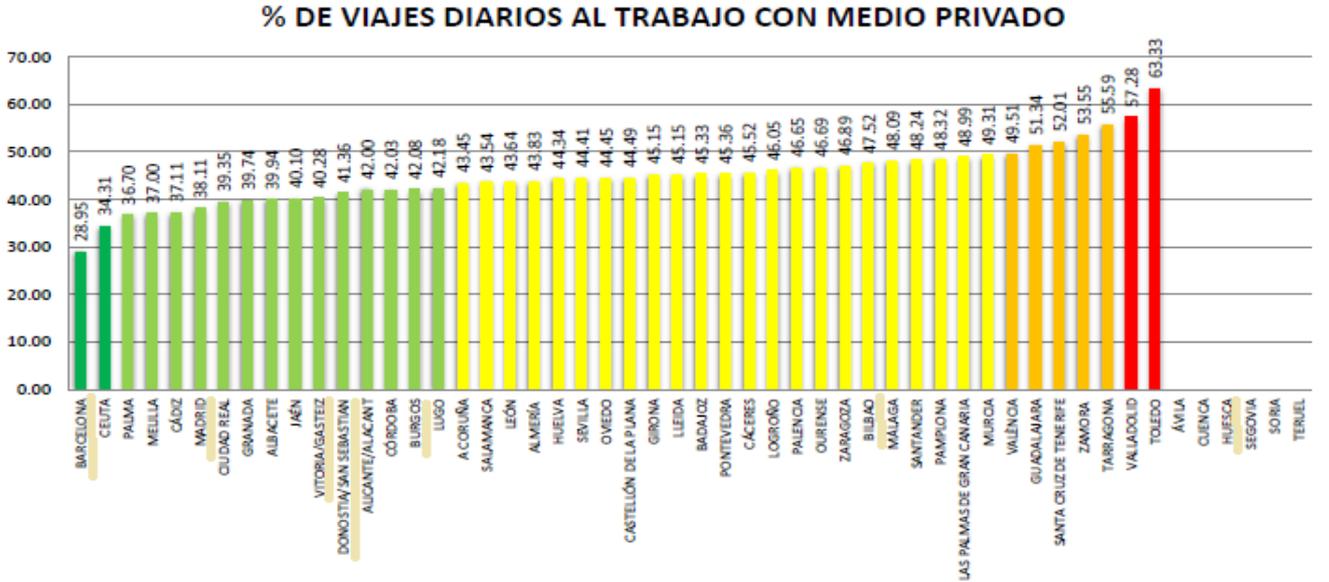


Figura 5.18. Porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado. Fuente: Informe de Ciudades Sostenibles 2018.

Este gráfico muestra ampliamente la prevalencia del uso del vehículo privado sobre el transporte público en los desplazamientos al trabajo. Cabe mencionar dos aspectos: en primer lugar, que casi todas las ciudades seleccionadas están entre los porcentajes más bajos, siendo Barcelona la que presenta mejores resultados y, en segundo lugar, que en casi todos los escenarios el uso del vehículo privado oscila en torno a la mitad de los desplazamientos diarios al trabajo.

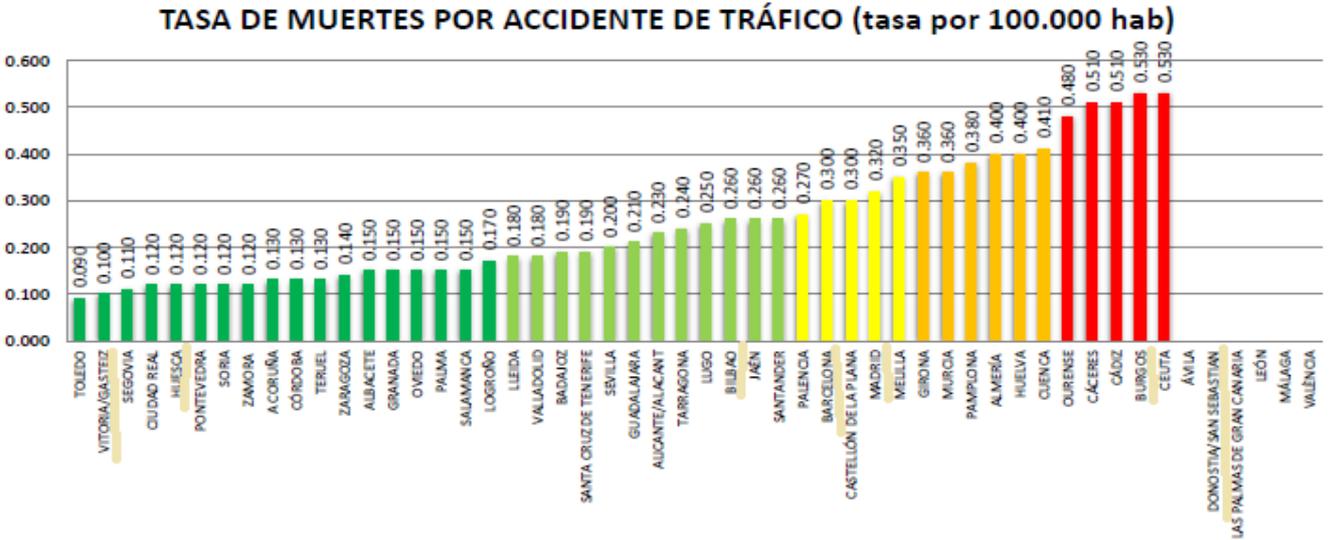


Figura 5.19. Tasa de muertes por accidentes de tráfico. Fuente: Informe de Ciudades Sostenibles 2018.

En cuanto a este gráfico sobre la tasa de muertes por accidente de tráfico, partiendo de la información comentaba hace unos instantes el siguiente gráfico cobra relevancia dado que casi la mitad de los desplazamientos al trabajo se realizan en vehículo privado, con una duración media de en torno a los veinte minutos, la tasa de muertes por accidentes de tráfico es un indicador esencial. A este respecto, la tasa de Burgos resulta extremadamente preocupante, es primordial trabajar activamente sobre el foco del problema, investigando sus causas y desarrollando posibles soluciones.

Este apartado no ha incluido información específica de las ciudades dado que el análisis general era muy revelador con respecto a los indicadores buscados, a pesar de diferir de los mismos, transmitiendo esta información de forma indirecta. Y, además, porque la información específica de las ciudades que se encontró no aportaba nada esclarecedor, conciso ni significativo.

### Situación final

La siguiente tabla 5.11 expone un resumen de los indicadores tratados en este apartado.

Ciudad Indicador	Barcelona	Bilbao	Burgos	Donostia	Huesca	Madrid	Vitoria
Km del sistema de transporte público de alta capacidad por cada 100 000 hab	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Número anual de viajes en transporte público per cápita	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado 28,95%	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado 47,52%	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado 42,08%	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado 41,36%	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado NS	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado 38,11%	No, porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado 40,28%
Km de sistemas ligeros de transporte público de pasajeros	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

por cada 100 000 hab								
Número de automóviles particulares per cápita	NS							

Tabla 5.11. Resumen informativo de la situación de las ciudades. Elaboración propia. Las casillas con las letras NS responden al desconocimiento del indicador de que se trate debido a la carencia de datos al respecto. Las casillas que contienen "No" expresan la ausencia del indicador relativo, pero exponen la información del indicador por el que han sido sustituidas.

La sostenibilidad urbana ambiental referida al tema del transporte resulta complicada de estimar debido a la dificultad añadida de tener que transcribir los datos de los indicadores de que se dispone (figuras 5.16 a 5.19) a los datos que proporcionarían los datos de los indicadores que se desearía disponer (mencionados en la columna izquierda de la tabla 5.11). A este respecto, el indicador "porcentaje de viajes diarios al trabajo con medio privado" es el indicador más relevante por su clara descripción del uso del transporte público, este a su vez, se ve afectado o influido por los indicadores "precio del transporte público" y "tiempo medio diario de viaje al trabajo". Siguiendo ese razonamiento, la ciudad más sostenible es Barcelona puesto que habitualmente los desplazamientos al trabajo se realizan por medios públicos de transporte, sin embargo, el precio del transporte público y la duración de los desplazamientos son dos indicadores sobre los que se debería actuar para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. El caso de Madrid resulta llamativo puesto que la mayoría utiliza diariamente el transporte público, aunque es el más caro de España y el más lento, se considera insostenible esta relación tan poco equilibrada. En Huesca no puede ser medida por la carencia informativa existente. Acerca de Bilbao, cabe puntualizar que en su caso aproximadamente la mitad de la población emplea diariamente el vehículo privado para ir al trabajo, pese a tener un precio asequible el transporte público, de modo que, no se considera sostenible. En cuanto a Donostia y Vitoria, ambas se sitúan en valores intermedios, la mayoría de la población utiliza a diario el transporte público para desplazarse al trabajo, además Vitoria presenta una tasa muy baja de accidentes de tráfico, Donostia debe ajustar el precio del transporte público, ambas se entienden sostenibles, pero deben continuar incluyendo mejoras en el sistema de transporte. Finalmente, la situación de Burgos, la mayoría utiliza el transporte público para ir al trabajo, el tiempo del desplazamiento es rápido, pero no se considera sostenible puesto que la tasa de accidentes de tráfico es desorbitada. En todas las ciudades deben implementarse medidas de mejora del sistema de transporte público que permitan cumplir la meta mencionada de los ODS, así como, proporcionar datos directos respecto a su sistema de transporte público.

## 5.5. Aguas Residuales

### 5.5.1. Introducción

En las ciudades, la frenética urbanización ha conllevado una descontrolada extracción de

los recursos hídricos naturales, siendo imperioso que la sostenibilidad hídrica urbana se base en un balance hídrico positivo. El aumento de la demanda de agua para el suministro doméstico, industrial, comercial y otras actividades de desarrollo han provocado una inmensa presión sobre el equilibrio de la oferta y la demanda del sistema existente (Satya et al., 2019). En la actualidad, la problemática de las aguas residuales urbanas abarca una escala mayor puesto que, además de los anteriores desafíos, se enfrenta a otros nuevos, como son la escasez de agua, el desperdicio hídrico y, la incorporación de sustancias u objetos exógenos al torrente hídrico residual. Este último supone un gran problema para numerosas ciudades puesto que se trata de un problema emergente cuyas implicaciones se desconocen por su carácter novedoso. Una gran cantidad de sustancias (fármacos, productos de higiene, productos de limpieza, ...) u objetos (toneladas de toallitas, entre otros) son desechados de manera negligente por los desagües urbanos, este hecho se traduce en un problema grave a la hora de depurar esas aguas residuales. Fueron realizados unos análisis en una EDAR urbana de tratamiento convencional, sobre más de cien contaminantes de carácter emergente (entre los que se encontraban estimulantes, desinfectantes, drogas, fármacos, hormonas, inclusive pesticidas), los cuales mostraron que, por un lado, una gran parte eran eliminados con el tratamiento, mientras que otros permanecieron en el efluente final, acabando en el medio ambiente (Tecnoaqua, 2018).

### **5.5.2. Sostenibilidad de las Aguas Residuales**

Actualmente, el desperdicio hídrico es tal que, la depuración de las aguas residuales, para su posterior reutilización, son un recurso imprescindible debido a la exacerbada escasez hídrica que se padece dada la demanda, esencialmente de agua dulce. Por ello, las aguas residuales deben ser gestionadas considerándolas una fuente de energía, agua, nutrientes y otros subproductos que se pueden recuperar. De este modo, El sexto ODS relativo al agua limpia y saneamiento, incorpora entre sus metas en el horizonte 2030: la mejora de la calidad del agua, disminuyendo la contaminación, eliminando el vertido y reduciendo la emisión de materiales peligrosos y de productos químicos, disminuyendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar e incrementando de forma significativa el reciclado, así como, la reutilización sin riesgos a nivel mundial. Normalmente, la gestión del agua en las ciudades está encajada en los enfoques relativos a infraestructuras centralizadas a gran escala, las cuales restringen las opciones de implementar tecnologías, así como, enfoques más resistentes y flexibles, como empleo de aguas adecuadas a cada propósito, infraestructuras verde-azules y, la recuperación de energía y nutrientes procedentes de las aguas residuales (Brown et al., 2011 citado en Satya et al., 2019).

Por ello, la determinación de la existencia o no de sostenibilidad urbana respecto al tratamiento y a la gestión de las aguas residuales se basa en diversos indicadores, como los aquí expuestos: el porcentaje de la población urbana que cuenta con un servicio de recogida de las aguas residuales, el porcentaje de las aguas residuales que reciben tratamiento primario, el porcentaje de las aguas residuales que no ha recibido tratamiento alguno, el porcentaje de dichas aguas que reciben tratamiento secundario y, el porcentaje de aguas residuales que reciben uno terciario.

### 5.5.3. Situación de las ciudades

En este apartado se desean encontrar los indicadores: porcentaje de las aguas residuales que no ha recibido tratamiento, porcentaje de las aguas residuales urbanas que recibe tratamiento primario, porcentaje de las aguas residuales urbanas que recibe tratamiento secundario, porcentaje de las aguas residuales urbanas que recibe tratamiento terciario y porcentaje de la población de la ciudad con servicio de recogida de las aguas residuales.

**CONSUMO PER CAPITA DE AGUA (litro/habitante día)**

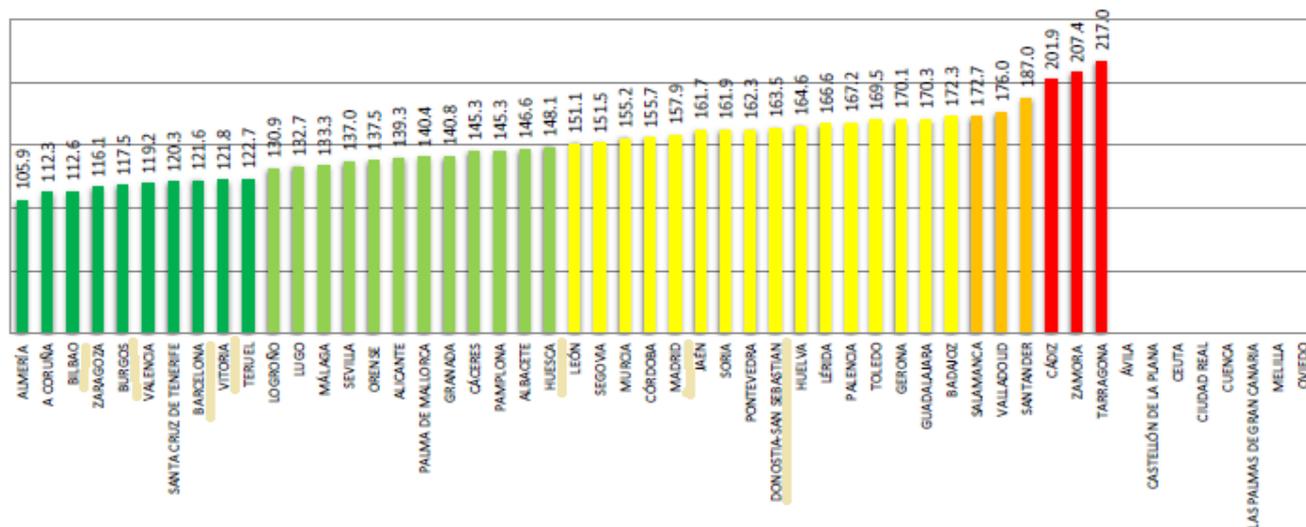


Figura 5.20. Consumo Hídrico per cápita. Fuente: Informe de Ciudades Sostenibles 2018.

Este gráfico expone el consumo hídrico de las ciudades españolas en litros consumidos por habitante al día, en él las ciudades se encuentran clasificadas de manera que las que mantienen un menor consumo hídrico se sitúan en las mejores posiciones, coloreadas en verde en el gráfico, mientras que las que presentan un consumo más crítico aparecen representadas en rojo. Este gráfico es una muestra del consumo hídrico desproporcionado que existe en la actualidad, con el consecuente desperdicio hídrico desmesurado. De entre las ciudades seleccionadas la que se encuentra en una mejor posición es Bilbao, de manera que, en el caso de esta ciudad, esos 112,6 litros consumidos al día por cada habitante, prácticamente la totalidad de esos 112,6 litros por habitante se convierten en residuos, aguas residuales, cada día, independientemente del uso que se les dé a esas aguas. Además de que, la escasez hídrica crea la necesidad de que esas aguas, esos 112,6 litros por habitante al día en el caso de Bilbao (por poner un ejemplo de los más optimistas) sean tratadas para retornar al ciclo, lo que, a su vez, supone un consumo de energía y de recursos. No se trata de una situación sostenible de modo alguno este consumo hídrico urbano.

Los datos asociados a los indicadores que se mencionan seguidamente: el volumen de aguas residuales tratadas, volumen total de aguas reutilizadas, importe facturado por el alcantarillado y depuración, volumen (expresado en toneladas) de generación de lodos durante el tratamiento de las aguas residuales y la longitud de la red de alcantarillado (expresada en kilómetros), aparecen mostrados públicamente en la página web del Instituto Nacional de Estadística, en cambio, se refieren a las Comunidades y Ciudades Autónomas, no a escala municipal.

Finalmente, resulta evidente que en este apartado no se ha conseguido encontrar ningún

tipo de información que sea o se asemeje a los indicadores que se buscaban. Únicamente se dispone del indicador relativo al consumo hídrico.

### Situación final

La sostenibilidad urbana en las aguas residuales no ha podido ser evaluada por la carencia de información, sin embargo, acerca del consumo y del desperdicio hídrico deben tomarse medidas al respecto que permitan ahorrar agua y utilizarlo sensatamente.

## 5.6. Análisis de la Sostenibilidad Ambiental de las Ciudades Españolas

Una vez, se ha estudiado el informe emitido por el Observatorio de la Sostenibilidad en el año 2018, han sido definidos los temas a analizar y sus consiguientes indicadores, se han estudiado las problemáticas urbanas relativas a dichas temáticas, se ha definido la gestión ambiental urbana sostenible y se han estudiado y analizado la situación de las ciudades mediante la información disponible, es posible generar una imagen aproximada de la situación de estas siete ciudades en su gestión ambiental. Concluyendo que, el análisis de la sostenibilidad ambiental urbana debe ser integrado comprendiendo diversas temáticas, puesto que el hecho de limitar la sostenibilidad ambiental al análisis de la calidad del aire o a algún otro aspecto sectorial no reflejaría la magnitud del asunto, no siendo así realista. Razón por la cual este trabajo ha analizado cinco temas de gran relevancia en el ámbito de la ingeniería ambiental.

De modo que, visualizado de forma general se puede apreciar de la manera mostrada en la matriz siguiente:

Ciudades	Huesca	Barcelona	Bilbao	Burgos	Donostia	Madrid	Vitoria
Sostenibilidad							
Residuos Sólidos	?	X	-	-	-	X	-
Energía	?	?	?	?	?	?	?
Calidad del Aire	?	X	X	X	X	X	?
Transporte	?	X	-	-	X	-	X
Aguas Residuales	?	?	?	?	?	?	?

Tabla. 5.12. Matriz de visión general de sostenibilidad urbana. Elaboración propia.

Aunque los datos de la gestión urbana de las ciudades permiten evaluar la sostenibilidad de dicho desarrollo, no es posible hacer comparativas interurbanas puesto que la información disponible no está estandarizada, es decir, cada una presenta información relativa a un indicador u otro (o que no pertenezca a ninguno) no siendo homogéneo, por

tanto, no es comparable. Esta tabla solo muestra una imagen general de cada una de ellas. En ella, las casillas que contienen una letra "X" representan una gestión adecuada de la ciudad cuya columna posea esa casilla, igualmente, las casillas que comprenden el signo "?" presentan una carencia de información que impide cualquier evaluación. Por otro lado, las casillas con el signo "-" reflejan una gestión inadecuada en el tema en cuestión por parte de la ciudad que corresponda.

De modo que, si se le otorgan valores a esos signos, es decir, al signo "?" le corresponde el 0, al signo "-" le corresponde el -1 y, a la letra "X" le corresponde el valor 1 (esta asignación es aleatoria, empleada para generar un gráfico que permita traducir la información a una forma más intuitiva). Obteniendo el gráfico:

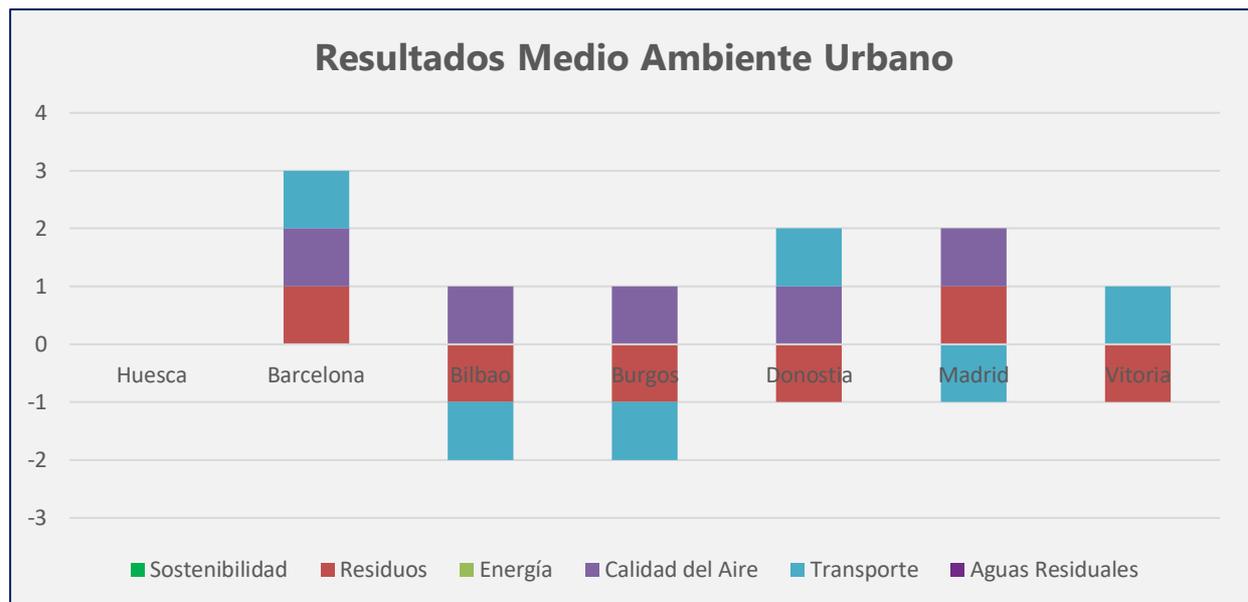


Figura 5.21. Resultados Análisis Ambiental. Elaboración propia. El tema de residuos se refiere a RSU.

Al observar tanto esta figura como la matriz anterior se pueden apreciar una serie de cuestiones: la ciudad de Huesca no ha podido ser evaluada en ningún tema, y prácticamente en ningún indicador, las ciudades de Bilbao y Burgos se encuentran en la misma posición, únicamente resultando sostenibles en calidad del aire, por otro lado, Donostia y Madrid solo han sido considerados como sostenibles en lo que a la gestión de un tema se refiere, el cual es distinto entre ellos, siendo en el caso de Donostia el transporte, mientras que, en el caso de Madrid es la calidad del aire. Por su parte, la ciudad de Vitoria es la que más desinformación presenta, después de Huesca, con la diferencia de que en la gestión del transporte se ha considerado sostenible. Finalmente, Barcelona ha sido la ciudad que mejor gestión ha expuesto, considerándose esta sostenible ambientalmente en tres de cinco temas examinados. Por todo ello, es preciso mencionar que, salvo Huesca, todas muestras aspectos positivos y negativos (en mayor o menor medida) en la gestión ambiental urbana sostenible, con muchas áreas de mejora, siendo Barcelona, Madrid y Donostia las que mejor se encuentran. Dicho lo cual, cabe destacar, que las carencias informativas encontradas, como es el caso de la temática de las aguas residuales y otros indicadores que se trataron en apartados anteriores, no es un aspecto que constituya una gestión sostenible. De modo que, debe existir una transparencia en la gestión urbana para poder avanzar hacia la sostenibilidad.

## 4 . CONCLUSIONES

---

Durante el desarrollo de este trabajo se han ido analizando y estudiando diversos aspectos relativos a la sostenibilidad urbana aplicada al caso de siete ciudades españolas que han permitido llegar a la conclusión de una serie de cuestiones:

- I. La ausencia de datos atenta contra la sostenibilidad ambiental: las carencias informativas han supuesto una gran limitación a lo largo de este trabajo, lo cual se traduce en que no es posible analizar la gestión ambiental sostenible, ya sea de un tema o de un indicador concreto, de una ciudad, desconociéndose esta. Por este mismo motivo, no han sido evaluados los temas denominados aguas residuales y energía. Igualmente, la información desfasada también constituye desinformación.
- II. Los residuos sólidos urbanos suponen un área prioritaria de mejora: a pesar de tratarse de un tema ambientalmente urgente en lo que a sostenibilidad urbana se refiere, tan solo dos ciudades de las siete analizadas han logrado ser consideradas sostenibles, por las medidas que han llevado a cabo en cuanto a gestión de los residuos, mostrando así un progreso con respecto a las demás ciudades, en las cuales aún prima la deposición en vertedero.
- III. La gestión urbana de las aguas residuales y la energía son una incógnita: no se han encontrado datos válidos que propicien una valoración. Sin embargo, cabe destacar la preocupante situación de la ciudad de Burgos con respecto a la pobreza energética, la cual en sí misma no es sostenible.
- IV. La calidad del aire urbano es sostenible en cinco ciudades: este hecho se debe a que no han superado los valores límite y objetivos de emisión, por el contrario, este hecho no significa que todavía no haya muchos aspectos que mejorar. Inclusive podría considerarse establecer límites más restrictivos para determinados contaminantes atmosféricos. Por otra parte, hay que dejar claro que existen muchos contaminantes atmosféricos que, interaccionan entre sí, en ocasiones de forma impredecible. Estas cuestiones deberían tenerse en cuenta al evaluar la sostenibilidad ambiental urbana.
- V. En el tema de transporte hay el mismo número de ciudades sostenibles, como de insostenibles: Barcelona, Donostia y Vitoria se consideran sostenibles en su gestión urbana del transporte, mientras que Bilbao, Burgos y Madrid se entienden insostenibles en dicha gestión, y de nuevo, la gestión de Huesca se desconoce.

---

## Bibliografía

---

- [1] Acciona s.f., *¿Qué es una 'Passivhaus' o casa pasiva?* [en línea], consultada: 19/09/2019, <https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/que-es-una-passivhaus-o-casa-pasiva/>
- [2] Alonso, G & Benito, A 2012, 'El impacto ambiental del transporte aéreo y las medidas para mitigarlo' *ponencia presentada al X Congreso de Ingeniería del Transporte junio de 2012*, consultada: 09/09/2019, <http://oa.upm.es/20345/>
- [3] Área Metropolitana de Barcelona 2019, *Tratamiento de los residuos* [en línea], consultada: 16/08/2019, <http://www.amb.cat/s/es/web/medi-ambient/residus/gestio/tractament.html>
- [4] Ayuntamiento de Donostia/ San Sebastián 2019, *Joko Garbia Residuos Urbanos* [en línea], consultada: 16/08/2019, <https://www.donostia.eus/ataria/es/web/ingurumena/hondakinak>
- [5] Ayuntamiento de Madrid 2019, *Estrategia de Residuos de la Ciudad de Madrid* [en línea], consultada: 14/08/2019, <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento?vgnextfmt=default&vgnextchannel=ce069e242ab26010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- [6] Ayuntamiento de Vitoria- Gasteiz 2019, *Agenda Local 21- Indicadores* [en línea], consultada: 27/08/2019, [https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?idioma=es&uid=u463ba415\\_145233fb570\\_7ef6](https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?idioma=es&uid=u463ba415_145233fb570_7ef6)
- [7] Banco Mundial 2019, *Iniciativa de Ciudades Sostenibles* [en línea], consultada: 30/11/2018, <http://www.worldbank.org/en/region/eca/brief/sustainable-cities-initiative>
- [8] 'Bilbao es la ciudad del Estado con mayor eficiencia energética, según un estudio' [en línea], *Europapress*, 30 de mayo, consultada: 18/09/2019, <https://www.europapress.es/euskadi/noticia-bilbao-zaragoza-ciudades-mayor-eficiencia-energetica-estudio-arthur-little-20180530115304.html>
- [9] Comisión Europea s.f., *European Green Capital* [en línea], consultada: 29/11/2018, <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/>
- [10] Comisión Europea s.f., *European Green Leaf* [en línea], consultada: 01/12/2018, <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/europeangreenleaf/index.html>
- [11] Enea: consultoría de autor en sostenibilidad 2011, *Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES) de Donostia/San Sebastián* [en línea], Enea - Estrategias para la sostenibilidad, S.L., consultada: 19/09/2019, <http://www.eneaconsultoria.com/plan-de-accion-para-la-energia-sostenible-paes-de-donostiasan-sebastian>
- [12] Escobar, R 2016, 'Caral: lecciones ancestrales' [en línea], *El País*, 1 de julio, consultada: 06/06/2019, [https://elpais.com/elpais/2016/06/27/planeta\\_futuro/1467023053\\_356719.html](https://elpais.com/elpais/2016/06/27/planeta_futuro/1467023053_356719.html)
- [13] España. Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados. Boletín Oficial

del Estado, de 29 de julio de 2011, núm. 181, pp. 85650 a 85705.

[14] España. Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire. Boletín Oficial del Estado, 28 de marzo de 2019, núm. 75, pp. 31880 a 31884.

[15] España. Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos. Boletín Oficial del Estado, 7 de julio de 2018, núm. 164, pp. 68316 a 68335.

[16] Gobierno de Aragón 2019, *Energía* [en línea], consultada: 27/08/2019, <https://www.aragon.es/-/energia>

[17] IMCO 2019, *Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables 2015* [en línea], consultada: 29/11/2018, <https://imco.org.mx/competitividad/indice-de-ciudades-competitivas-y-sustentables-2015/>

[18] Kammen, D & Sunter, D 2016, 'City-integrated renewable energy for urban sustainability', *Science*, vol. 352, pp. 922-928, consultada: 02/09/2019, <https://science.sciencemag.org/content/352/6288/922/tab-pdf>

[19] Keep Australia Beautiful 2019, *Sustainable Cities* [en línea], consultada: 03/12/2018, <http://kab.org.au/sustainable-cities/>

[20] Mesjasz-Lech, A 2014, 'Municipal waste management in context of sustainable urban development' paper presented to the 1st International Conference Green Cities, Czestochowa University of Technology, Czestochowa, 2014.

[21] Ministerio de Fomento 2019, *Agenda Urbana Española* [en línea], consultada: 16/03/2019, <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/agenda-urbana-espanola>

[22] Ministerio de Fomento 2019, *Marco Europeo de Referencia para la Ciudad Sostenible (RFSC)* [en línea], consultada: 23/03/2019, <https://www.fomento.gob.es/areas-de-actividad/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/marco-europeo-de-referencia-para-la-ciudad-sostenible-rfsc>

[23] Ministerio de Fomento 2019, *Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español* [en línea], consultada: 29/03/2019, <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/libro-blanco-de-la-sostenibilidad-en-el-planeamiento-urbanistico-espanol>

[24] Ministerio para la Transición Ecológica 2019, Borrador del *Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica* [en línea], consultada: 11/09/2019, [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/PP\\_SGCAMAI\\_2019\\_Participacion\\_publica\\_PNCCA.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/PP_SGCAMAI_2019_Participacion_publica_PNCCA.aspx)

[25] Ministerio para la Transición Ecológica 2019, *Desarrollo de Medio Ambiente Urbano* [en línea], consultada: 29/11/2018, <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/medio-ambiente-urbano/desarrollo-medio-am-urb/>

[26] Ministerio para la Transición Ecológica 2019, *Estrategia Nacional contra la Pobreza*

*Energética (ENPE) 2019-2024* [en línea], consultada: 22/08/2019, <https://energia.gob.es/Desarrollo/Paginas/Index.aspx>

[27] Ministerio para la Transición Ecológica 2019, *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022* [en línea], consultada: 2/08/2019, <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/Planes-y-Programas.aspx>

[28] Naciones Unidas, Asamblea General "Desarrollo y Cooperación Económica Internacional: Medio Ambiente: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo", A/42/427 (4 de agosto de 1987).

[29] Naciones Unidas, Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II) "Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II), A/CONF.165/14 (7 de agosto de 1996).

[30] Naciones Unidas, Consejo Económico y Social "Progreso general alcanzado desde la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Informe del Secretario General", E/CN.17/1997/2/Add.6 (27 de enero de 1997).

[31] Naciones Unidas 2019, *Objetivos de Desarrollo Sostenible* [en línea], consultada: 03/12/2018, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

[32] OS 2018, *Ciudades Sostenibles en España 2018: evaluación del progreso de las ciudades hacia un desarrollo más sostenibles basado en los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Nueva Agenda Urbana*, Observatorio de la Sostenibilidad.

[33] Pérez, A 2019, *El Ayuntamiento de Burgos emitirá 37.000 toneladas menos de CO2 al consumir energía de fuentes renovables* [en línea], Burgos Conecta, 22 de mayo de 2019, consultada: 21/08/2019, <https://www.burgosconecta.es/burgos/ayuntamiento/ayuntamiento-burgos-emitira-20190522135912-nt.html>

[34] RFSC 2016, *The Reference Framework for Sustainable Cities* [en línea], consultada: 23/03/2019, <http://rfsc.eu/>

[35] Romero, E (2016), *Evaluación y Gestión Medioambiental para Planes, Programas y Proyectos de Ingeniería*, 2015, Universidad de Sevilla, Sevilla.

[36] Romero, E, Fernández, F & Rivero, A 2001, *Bases para la Implantación de la Agenda 21 Local: Objetivos, Procedimientos y Estrategias. aplicación al Caso de Canarias*, Colegio de Economistas de Santa Cruz de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife.

[37] Rueda, S & Perlado, S 2012, *Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

[38] Satya, M, Prabhat, S, Anurag, O & Ramesh, S 2019, 'Identification of indicators for sustainable urban water development planning', *Science Direct*, vol. 108, no. 105691, consultada: 18/09/2019, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X19306843>

[39] Seoáñez, M 2002, *Tratado de la Contaminación Atmosférica: problemas, tratamiento y gestión*, Mundi-Prensa, Madrid.

- [40] Soto, M 2015, 'La primera ciudad sostenible de América nació hace 5.000 años' [en línea], *La Nación*, 25 de enero, consultada: 06/06/2019, <https://www.nacion.com/ciencia/medio-ambiente/primera-ciudad-sostenible-de-america-nacio-hace-5-000-anos/G6HR4FI5HZHGTOO34F77E2AAHE/story/>
- [41] Stockholm Resilience Center 2019, *How food connects all the SDGs* [en línea], consultado: 31 de julio de 2019, <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>
- [42] Teemusk, A & Mander, Ü 2006, 'The use of greenroofs for the mitigation of environmental problems in urban areas' *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 93, pp. 03-17, consultada: 01/09/2019, <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/93/16832>
- [43] Tecnoaqua 2018, *Contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y efluentes hospitalarios* [en línea], consultada: 09/09/2019, <https://www.tecnoaqua.es/articulos/20180807/articulo-tecnico-contaminantes-emergentes-aguas-residuales-urbanas-efluentes-hospitalarios>
- [44] UNE-EN ISO 37120:2014, *Desarrollo sostenible en las ciudades. Indicadores para los servicios urbanos y la calidad de vida*.
- [45] UNED 2016, *Energía y Desarrollo Sostenible* [en línea], consultada: 09/09/2019, <https://www2.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/impacto.htm>
- [46] UNESCO 2019, *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales, el recurso desaprovechado* [en línea], consultada: 10/09/2019, <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/#c1601498>
- [47] URBACT 2019, *Integrated Urban Development* [en línea], consultada: 23/03/2019, <https://urbact.eu/>