

Incidencia de la forma urbana en el metabolismo económico de los servicios públicos municipales

Francisco Javier Garrido-Jiménez ¹ | Francesc Magrinyà ² | María Consuelo Del Moral-Ávila ³

Recibido: 09-11-2020 | en su versión final: 18-05-2021

Resumen

Una de las características que mejor definen un sistema urbano es la existencia de unos servicios comunitarios que posibilitan que la vida ciudadana se desarrolle en condiciones de seguridad, salubridad, funcionalidad y habitabilidad. Dado que estos servicios e infraestructuras suelen discurrir por el espacio público, la morfología urbana condiciona su topología y dimensiones y con ello inevitablemente su metabolismo económico. El conocimiento de la naturaleza e intensidad de la relación entre la forma urbana y el coste de explotación de los servicios públicos permite profundizar en el conocimiento de los modelos de desarrollo que pueden resultar más sostenibles desde el punto de vista económico. Con este propósito, se ha desarrollado una función que evalúa el coste de explotación de un sector urbano a partir de sus variables urbanísticas básicas, empleando la Base de Datos del Coste Efectivo de los Servicios Prestados por las Entidades Locales que elabora el Ministerio de Hacienda de España desde 2014. Esta base proporciona datos tanto del coste de explotación de los servicios públicos locales como de algunas variables físicas de referencia. El estudio ha mostrado que, de media, un 30% del gasto corriente del municipio se destina a servicios directamente ligados a la forma urbana, siendo la densidad de viviendas, la eficiencia lineal, la eficiencia superficial y la cantidad de espacios libres las variables urbanísticas que más influyen en el coste de explotación de un sector de ciudad.

Palabras clave: Coste de explotación; servicios municipales; sostenibilidad económica

Citación

Garrido-Jiménez, F.J. *et al.* (2021). Incidencia de la forma urbana en el metabolismo económico de los servicios públicos municipales, *ACE: Architecture, City and Environment*, 16(46), 9786. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.16.46.9786>

Incidence of the Urban Form on the Municipal Public Services' Economic Metabolism

Abstract

One of the characteristics that best define an urban system is the existence of a series of community services allowing the city life to develop in proper conditions of safety, health, functionality, and habitability. Since those services are usually deployed through the public space, urban morphology conditions their topology and dimensions as well as their economic metabolism. Thus, the knowledge of both the nature and intensity of the relationship between the urban form and the operating cost of public services offers the possibility to deepen the analysis of those development models, which could be more sustainable from the economic point of view. For this purpose, an urban fragment operating cost function from its basic urban variables has been developed using the Effective Cost of Services Provided by Local Entities Database performed by the Spanish Ministry of Finance since 2014. This database provides information on both the operating cost of public services and some physical reference variables. The study has shown that, on average, 30% of the municipality's current expenditures are devoted to services directly linked to urban form, being the housing density, the relative length of roads, the relative road area, and the parks and gardens ratio those urban variables showing the biggest influence on the operating cost of a city fragment.

Keywords: Operating cost; municipal services; economic sustainability

¹ Doctor. Ingeniero Civil. Ayuntamiento de Almería. Profesor Asociado, Universidad de Almería (ORCID: [0000-0001-7712-1749](https://orcid.org/0000-0001-7712-1749), Scopus Author ID: [55935801100](https://orcid.org/55935801100)), ² Dr. Ingeniero. Profesor Agregado, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, *Universitat Politècnica de Catalunya* (ORCID: [0000-0002-4638-0868](https://orcid.org/0000-0002-4638-0868), Scopus Author ID: [56178374900](https://orcid.org/56178374900)), ³ Dra. Arquitecta. Profesora Contratada Doctora Indefinida, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada (ORCID: [0000-0002-0846-1958](https://orcid.org/0000-0002-0846-1958)). Correo de contacto: fjavierrgarrido@hotmail.com

1. Introducción

La práctica urbanística, como cualquier otro ámbito de la acción humana, debe contribuir a la consecución de los objetivos globales de sostenibilidad social, ambiental y económica. No obstante, mientras que los objetivos de sostenibilidad ambiental se encuentran muy ligados a fases tempranas de la planificación urbanística, a través de las regulaciones legales, los estudios que sustentan los objetivos de sostenibilidad social y económica de actuaciones urbanísticas, más relativos y transversales, han sido mucho menos abundantes. En el caso de la sostenibilidad económica el estudio suele ser bastante complejo, tanto por la dificultad de estimar los ingresos y gastos a largo plazo en un ámbito concreto, como porque el análisis puede realizarse desde diferentes planteamientos: desde la perspectiva de los ciudadanos que viven en la zona o de las Administraciones Públicas que prestan los servicios. Así, lo que es sostenible para uno, no tiene por qué ser sostenible para el otro. Estas dificultades han limitado más de lo deseable la proliferación de estudios de esta naturaleza, aun cuando la investigación ha demostrado que existen fuertes vínculos entre la forma de un tejido urbano y sus potenciales ingresos y gastos. En este sentido, el estudio llevado a cabo ha ahondado en esta relación, concretamente mediante el análisis de la Base de Datos del Coste Efectivo de los Servicios Prestados por las Entidades Locales que desde 2014 elabora el Ministerio de Hacienda de España y que aporta datos tanto del coste de explotación de los servicios públicos como de algunas variables físicas de referencia.

A partir de los datos publicados, se ha desarrollado una función de gasto que permite determinar los futuros costes de explotación que un Ayuntamiento soportaría en un sector urbano en función de sus variables urbanísticas básicas, la cual podría ser aplicada allí donde los datos son inexistentes, insuficientes o poco fiables. Por otro lado, partiendo de la función de gasto, también se han desarrollado algunas conclusiones básicas acerca del rol económico de las variables urbanísticas intervinientes.

La investigación se ha articulado como se indica a continuación. En primer lugar, se acompaña una revisión bibliográfica de los estudios que han analizado las relaciones entre el coste de explotación de los servicios públicos y las principales variables urbanísticas (2. “Estado del arte”). Posteriormente, se presenta la metodología seguida para la obtención de la función de gasto, así como los datos que la soportan (3. “Objetivos, materiales y métodos”). A continuación, se muestran los resultados del análisis del coste de explotación y de las variables urbanísticas de los 4.875 municipios españoles que han aportado datos al Ministerio de Hacienda (4. “Resultados”). Finalmente, se realiza una discusión de los resultados alcanzados (5. “Discusión”) y se presentan las conclusiones al estudio (6. “Conclusiones”).

2. Estado del arte

Desde el punto de vista de la Administración Pública, numerosas investigaciones han mostrado importantes vínculos entre las características físicas de un entorno urbano y el coste de explotación de sus servicios públicos (Frank, 1989). De igual modo, desde el punto de vista de los ingresos, también se ha observado que la forma urbana no es neutral a los recursos que las Administraciones Públicas pueden obtener para la gestión de las funciones que tienen encomendadas (Paulsen, 2009). Sin embargo, y a pesar de que existe consenso acerca de que las actuaciones urbanísticas deben plantear soluciones sostenibles desde el punto de vista ambiental, social y económico, contribuyendo así a la sostenibilidad global del sistema (Krueger y Buckingham, 2012), los análisis de sostenibilidad económica vinculados al urbanismo son más bien escasos (Garrido-Jiménez *et al.*, 2018). Por ejemplo, en el caso de España no forman parte del cuerpo normativo urbanístico hasta la Ley de Suelo de

2007. De hecho, el énfasis en este tipo de análisis suele producirse en el contexto de los recurrentes periodos de recesión económica, momento en que se pueden evidenciar desequilibrios entre la infraestructura creada en momentos de bonanza económica y las posibilidades de los contribuyentes que deben sostenerlas en medio de la crisis (Aalbers, 2008; Nassauer y Raskin, 2014). Estos desequilibrios pueden producirse por dos situaciones diferentes. La primera, normalmente imprevisible, es típica de las zonas industriales en declive, cuando un tejido pierde abundante población, pero permanecen servicios e infraestructuras sobredimensionadas que hay que mantener (Moss, 2008; Radzinski, 2016). La otra situación, mucho más previsible, es la posterior a periodos de especulación inmobiliaria, donde se ha construido una infraestructura tan excesiva que el mercado no acaba de digerir ni de convertir en ciudad (Molloy, 2016).

Según Ewers y Nijkamp (1990), la sostenibilidad económica de un tejido urbano se define como su capacidad para generar los recursos que su propio metabolismo consume en el largo plazo. Como se ha indicado, desde el punto de vista urbanístico, la investigación se ha centrado en el análisis de los nexos existentes entre la forma urbana y el metabolismo económico de los servicios públicos (Garrido-Jiménez *et al.*, 2013; Klug y Hayashi, 2007). De este análisis se extrae que esta relación es muy intensa en los servicios que, desplegados por el territorio, son sensibles a la morfología de los núcleos de población, mientras que sería casi inexistente en las prestaciones personales que reciben los ciudadanos. Teniendo en cuenta esta realidad, Mace (1961) denominó al primer grupo como servicios a “la propiedad” y al segundo grupo servicios a “las personas”. En el grupo de los servicios a “la propiedad” se suelen situar el abastecimiento de agua, el saneamiento, el alumbrado público, la gestión de residuos, la limpieza viaria y el mantenimiento de pavimentos y parques y jardines (Boadway y Kitchen, 1984), mientras que el resto de servicios, tales como librerías, policía, servicios sociales, instalaciones deportivas, etc. serían considerados servicios a “las personas” (Deber *et al.*, 2006). Algunos servicios como el transporte público podrían tener adscripción ambigua, pero por su distribución variable e irregular por el territorio son difíciles de relacionar con ninguna variable urbanística y por lo tanto se suelen incluir dentro de los servicios a “las personas” (Garrido-Jiménez *et al.*, 2018).

La relación entre el coste de explotación de los servicios a “la propiedad” y la forma urbana se gesta a través de las dimensiones relativas de la infraestructura, de la “cantidad de servicio” o de su topología (Stone, 1973; Carruthers, 2002). Por ejemplo, el coste de explotación del servicio de abastecimiento de agua por unidad de superficie urbanizada estaría fuertemente relacionado tanto con la densidad de viviendas (cantidad de agua), como con la longitud relativa de viales o eficiencia lineal (coste de mantenimiento de infraestructura) (AEAS, 2011). En el caso del saneamiento, los resultados son análogos, sustituyendo el coste del agua bruta por el de su depuración (Speir y Stephenson, 2002). El servicio de recogida y tratamiento de residuos también tiene una influencia urbanística mixta, ya que parte de su coste de explotación por unidad de superficie urbanizada depende de la longitud del recorrido de los camiones (eficiencia lineal), mientras que el coste de tratamiento de residuos depende de la densidad de viviendas (Callan y Thomas, 2001; Dijkgraaf y Gradus, 2003).

Otros servicios tienen una caracterización más sencilla. Por ejemplo, el coste de explotación del alumbrado público está fuertemente relacionado con la longitud de los viales que tienen que ser iluminados (Tähkämö *et al.*, 2012), mientras que en el caso del mantenimiento de parques y jardines (Tempesta, 2015), pavimentos (Yepes *et al.*, 2016) o limpieza viaria (Álvarez *et al.*, 2005), existe una cierta proporcionalidad entre el coste del servicio y las superficies tratadas. En cualquier caso, la relación entre la variable urbanística y el coste de explotación del servicio se produce siempre a través del factor denominado “nivel de servicio”, representativo de las características específicas de la prestación (Ladd y Yinger, 1989).

Como se puede observar, conceptualmente es relativamente sencillo relacionar el coste de explotación de algunos servicios públicos con la forma urbana, pero ello no ha favorecido que los estudios de sostenibilidad económica vinculados al urbanismo proliferen. Ni siquiera en el caso más sencillo, que es el que se realiza desde el punto de vista de la Administración Pública. Las causas son varias, pero la más habitual radica en la dificultad para establecer el coste unitario de los servicios públicos, ya que las Administraciones Públicas no suelen llevar una contabilidad de costes para cada servicio, ni con carácter general ni para zonas concretas del territorio (Castel, 2006). Por otro lado, cualquier intento de estimación se encuentra con dificultades tales como la existencia de servicios gestionados por empresas privadas, poco proclives a facilitar datos (Hirsch, 1968), gastos compartidos entre varios servicios (Guengant, 1995) o gastos coyunturales (Downing y Gustely, 1977).

En el caso de España, el primer intento por paliar esta dificultad, aunque de forma parcial, es a través de la formación de la Base de Datos del Coste Efectivo de los Servicios Prestados por las Entidades Locales (en adelante BDCSEL) que desde el año 2014 elabora el Ministerio de Hacienda. Esta base de datos, aunque con valores no contrastados por el propio Ministerio, recopila los datos suministrados por las Entidades Locales, no solamente del coste corriente de explotación de los servicios públicos, sino también de diferentes variables físicas, con lo que constituye un inmejorable punto de partida para todo tipo de análisis en esta materia.

3. Objetivos, materiales y métodos

3.1 *Objetivos*

Como se ha indicado, desde 2014 el Ministerio de Hacienda de España solicita anualmente a las Entidades Locales datos sobre el coste de explotación de sus servicios públicos, teniendo en cuenta todas las formas de gestión, directa e indirecta. La BDCSEL abre muchas posibilidades al análisis urbanístico, ya que, junto al coste de explotación de los servicios públicos, las Entidades Locales también aportan datos relativos a determinadas magnitudes físicas asociadas a cada uno de ellos (longitudes, superficies, potencia, número de viviendas, etc.).

Sin embargo, existen varias dificultades que impiden una explotación directa de la BDCSEL. La primera es que los datos no cuentan con ningún tipo de validación ulterior por el Ministerio. De un somero repaso a la base de datos se pueden detectar numerosas incoherencias e inverosimilitudes. Por otra parte, solamente 4.875 de los 8.131 municipios de España ha aportado los datos requeridos. Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, los datos de 4.875 municipios son una base suficientemente robusta que puede servir de gran ayuda en la práctica urbanística.

Por ello, y partiendo de los datos existentes en la BDCSEL, el objetivo de la investigación ha sido el de construir una función que permita estimar el coste de explotación de los servicios públicos municipales en un sector urbano cualquiera, existente o planificado, en función de sus variables urbanísticas básicas. Esta función de costes ha de permitir valorar, junto con la análoga de ingresos, el metabolismo económico de áreas urbanas y determinar su grado de sostenibilidad en este campo. La implementación de este tipo de fórmulas en fase de planificación permite que la acción urbanística pueda orientarse de forma apropiada desde un primer momento, aunque sin perder de vista, como es lógico, que la vertiente económica no es más que una de las tres bases del sistema. A la vista de los datos existentes, la fórmula propuesta, que cuenta con el respaldo de los datos del coste de explotación de los servicios públicos de casi 5.000 municipios, puede emplearse para realizar estudios no solamente en los municipios donde se carece de datos, sino también donde estos son incompletos o poco fiables.

3.2 Obtención de la función de costes

Para generar la función de costes se ha partido de la teoría general para la elaboración de funciones de ingresos y gastos de explotación de servicios públicos municipales desarrollada por Garrido-Jiménez *et al.* (2018), adaptada en función de los datos disponibles en la BDCSEL. Siguiendo el método general, la formulación general del coste de explotación de los servicios públicos municipales por hectárea de terreno urbanizado sería la siguiente:

$$\text{Coste Explotación (€/Ha/año)} = [(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5)xD + (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4)xL + (\gamma_1)xS] xM$$

Donde:

D: Densidad de viviendas (viv./ha)

L: Eficiencia Lineal (m./ha)

S: Eficiencia Superficial (m²/ha)

M: Multiplicador por gastos en servicios a “las personas”

El factor multiplicador “M” de la ecuación representa el resto de los servicios que el municipio presta en la zona de análisis pero que solamente dependen de la cantidad de población en el área. Aunque podrían haberse incluido como un factor más de los dependientes de la densidad de viviendas, para mayor claridad conceptual se continuará con la separación nítida entre servicios a “las personas” y a “la propiedad”. Los multiplicadores de cada término, representativos del coste unitario de explotación de cada servicio público a “la propiedad” son los que se indican en la Tabla 1:

Tabla 1. Multiplicadores de función de gasto general

Servicio a “la propiedad”	Coste Unitario	Coef.	Variable urbanística
Abastecimiento de agua potable	Coste agua/Vivienda	α_1	Densidad Viviendas (viv/ha)
Mantenimiento red de agua potable	Coste mantenim./m. vial	β_1	Eficiencia Lineal (m/ha)
Mantenimiento red de saneamiento	Coste mantenim./m. vial	β_2	Eficiencia Lineal (m/ha)
Depuración de agua residual	Coste depuración/Vivienda	α_2	Densidad Viviendas (viv/ha)
Recogida de RSU	Coste recogida/Vivienda	α_3	Densidad Viviendas (viv/ha)
Tratamiento de RSU	Coste recogida/Vivienda	α_4	Densidad Viviendas (viv/ha)
Limpieza viaria	Coste limpieza/m. vial	β_3	Eficiencia Lineal (m/ha)
Alumbrado público	Coste alumbrado/m. vial	β_4	Eficiencia Lineal (m/ha)
Mantenimiento de zonas verdes	Coste mant./sup. z.verdes (f(D))	α_5	Densidad Viviendas (viv/ha)
Mantenimiento de pavimentos	Coste manten./m ² vial	γ_1	Eficiencia Superficial (m ² /ha)

Fuente: Los autores.

Como se ha indicado, la metodología general se ha adaptado a los datos disponibles en la BDCSEL, lo que ha obligado a modificar parcialmente algunos coeficientes. Los costes unitarios que formarán la función de gasto son los que se indican en la Tabla 2:

Tabla 2. Multiplicadores de función de gasto BDCSEL

Servicio a “la propiedad”	Coste Unitario	Coef.	Variable urbanística
Abastecimiento de agua potable	Coste agua/Vivienda	α_1	Densidad Viviendas (viv/ha)
Saneamiento y Depuración	Coste depuración/Vivienda	α_2	Densidad Viviendas (viv/ha)
Recogida y Tratamiento de RSU	Coste recogida/Vivienda	α_3	Densidad Viviendas (viv/ha)
Limpieza viaria	Coste limpieza/ m ² vial	γ_1	Eficiencia Superficial (m ² /ha)
Alumbrado público	Coste alumbrado/ m. vial	β_1	Eficiencia Lineal (m/ha)
Mantenimiento de zonas verdes	Coste manten./Sup. Z.verdes	δ_1	Superficie Z.Verdes (m ² /ha)
Mantenimiento de pavimentos	Coste manten./ m ² vial	γ_2	Eficiencia Superficial (m ² /ha)

Fuente: Los autores.

Como se puede observar, la utilización de la BDCSEL exige algunas simplificaciones, todas ellas admisibles. Por ejemplo, en el caso del abastecimiento de agua, los municipios indican el coste total del servicio sin diferenciar entre el coste del recurso y el mantenimiento de la infraestructura. En el saneamiento la situación es análoga, pues no se diferencia entre el coste de la depuración y del mantenimiento de las canalizaciones. Aunque en ambos casos se cuenta con el dato tanto de las viviendas con servicio, como de la longitud de canalizaciones, se ha optado por asociar el coste al número de viviendas, ya que el coste del agua bruta y de la depuración es mucho mayor que el del mantenimiento de las tuberías (Garrido-Jiménez *et al.*, 2018). En el caso de la limpieza viaria, aunque la referencia habitual para establecer el coste suele ser la longitud de vial, la BDCSEL aporta el dato de la superficie limpiada, lo cual, como es lógico, es perfectamente asumible. Igual referencia habría que hacer respecto al mantenimiento de parques y jardines, donde en la BDCSEL está disponible tanto el coste total del servicio como la superficie mantenida. Por ello, se incluye una nueva variable en la ecuación “V”, representativa de la superficie de espacios libres. De este modo, la función de coste simplificada, teniendo en cuenta los datos disponibles en la BDCSEL sería la siguiente:

$$\text{Coste Explotación (€/Ha/año)} = [(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)xD + (\beta_1)xL + (\gamma_1 + \gamma_2)xS + (\delta_1)xV] xM$$

3.3 Obtención de los costes unitarios

Aunque no todos los municipios han aportado los datos para la formación de la BDCSEL, la existencia de los datos del coste de explotación de los servicios públicos de 4.875 municipios, acompañados por algunos parámetros físicos de referencia, es una base suficientemente sólida para poder extraer conclusiones representativas. Si bien los datos no cuentan con ninguna validación por parte del Ministerio, cabe pensar que, con una muestra tan amplia, representativa de todas las tipologías y tamaños de asentamientos urbanos, la distribución de costes unitarios para cada servicio siga una función gaussiana cuya función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

Donde μ es la media de la muestra y σ es la desviación estándar.

Aunque este ajuste no será evidentemente perfecto, es el que presenta una menor cantidad de artificialidad de partida. Así, para elaborar la función se va a asumir que el coste unitario de cada servicio público (coeficientes de la Tabla 2) equivale a la media de la muestra. Sin embargo, la media no se obtendrá de forma directa, ya que, como se ha indicado, de un somero análisis BDCSEL se observa que algunos resultados son totalmente imposibles (errores de cambio de unidades, errores materiales, etc.) y además existe una gran cantidad de valores nulos. Así, antes de la obtención de las medias se harán las siguientes correcciones:

- a) Se eliminarán los valores y los denominadores nulos
- b) Se eliminarán los valores fuera de la realidad aplicando el *Criterio de Chauvenet*, descartando resultados que no cumplan con la condición de que $p \times n > 0,50$ donde p es la probabilidad gaussiana y n el número de elementos de la muestra.

Una vez realizadas estas correcciones, se volverá a construir una nueva media que, finalmente, sea la que represente el coste medio de explotación de los servicios públicos, pasando a formar parte de la función de costes. Evidentemente, en aquellos municipios en los que se disponga del coste unitario de los servicios, se podrá emplear directamente la fórmula general o la simplificada, dependiendo de

la cantidad de datos disponibles, sin tener que recurrir a valores medios estadísticos. Los datos que se aportan corresponden a la última versión de la BDCSEL con datos del año 2018 (suministrados por los municipios en diciembre de 2019).

4. Resultados

4.1 Coste unitario de explotación de los servicios públicos

Abastecimiento de agua potable

El diagrama representativo del coste del servicio de suministro de agua potable por vivienda a partir de la BDCSEL es el que se representa en la Figura 1:

Figura 1. Coste de explotación servicio de abastecimiento de agua por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

Los valores representativos de la muestra son los que se indican a continuación (Tabla 3):

Tabla 3. Parámetros estadísticos del servicio de abastecimiento de agua potable

Parámetro	Valor
Coste Unitario (α_1) (€/viv/año)	88,69
Desviación Estándar	78,62
Tamaño muestra	3.545

Fuente: Los autores.

Aunque la desviación estándar es elevada, el valor de la media se encuentra dentro de los parámetros medidos en trabajos similares para ciudades de tamaño entre 100.000 y 300.000 habitantes (Garrido-Jiménez *et al.*, 2018)

Saneamiento y depuración

Los resultados obtenidos tras el análisis del coste de explotación de los servicios de saneamiento y depuración de agua son el que se observan en la Figura 2:

Figura 2. Coste de explotación servicio de saneamiento y depuración por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

Los valores representativos del análisis de la muestra son los que se indican en la Tabla 4:

Tabla 4. Parámetros estadísticos del servicio de saneamiento y depuración

Parámetro	Valor
Coste Unitario ($\alpha 2$) (€/vivienda/año)	21,42
Desviación Estándar	26,95
Tamaño muestra	3.062

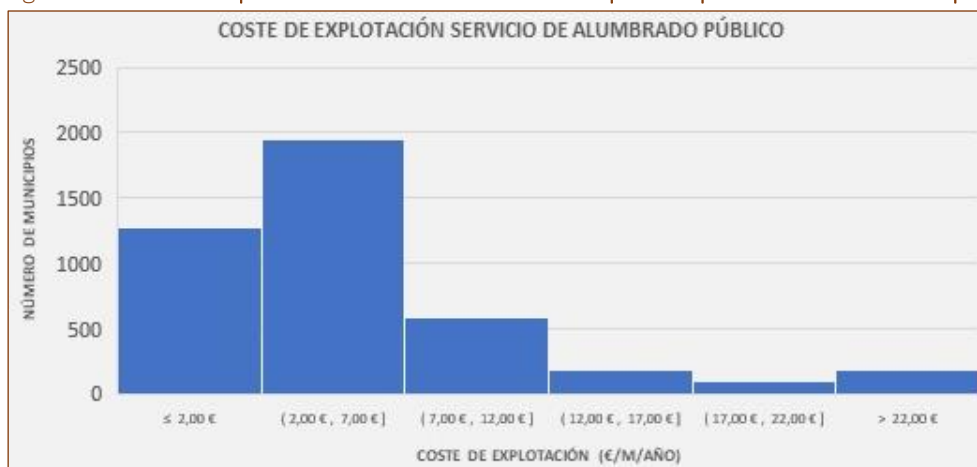
Fuente: Los autores.

El valor medio, aunque con una desviación estándar elevada, cae dentro del intervalo de mayor frecuencia, con lo que se considera válido. También es coherente con los resultados de Garrido-Jiménez *et al.* (2018).

Alumbrado público

La distribución de frecuencias del coste de explotación del servicio de alumbrado público, referidas a la longitud de vial iluminado, es la que se observa en la Figura 3:

Figura 3. Coste de explotación servicio de alumbrado público por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

El coste medio del servicio y resto de valores estadísticamente significativos se encuentran en la Tabla 5:

Tabla 5. Parámetros estadísticos del servicio de alumbrado público

Parámetro	Valor
Coste Unitario (β_1) (€/m/año)	6,43
Desviación Estándar	11,28
Tamaño muestra	4.266

Fuente: Los autores.

El valor medio se encuentra dentro del intervalo de mayor frecuencia con lo que, con todas las limitaciones inherentes al estudio, se considera suficientemente representativo. También es coherente con los parámetros estudiados por Garrido-Jiménez *et al.* (2018) para capitales de provincia.

Limpieza viaria

Para el servicio de limpieza viaria, la frecuencia del coste de explotación del servicio por municipios es la que se refleja en la Figura 4:

Figura 4. Coste de explotación servicio de limpieza viaria por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

Los valores representativos del análisis de la muestra para este servicio se reflejan en la Tabla 6:

Tabla 6. Parámetros estadísticos del servicio de limpieza viaria

Parámetro	Valor
Coste Unitario (γ_1) (€/m2/año)	3,02
Desviación Estándar	12,58
Tamaño muestra	3.244

Fuente: Los autores.

De los resultados estadísticos se obtiene un grado de variabilidad muy grande para este servicio, el cual puede deberse a importantes diferencias entre niveles de servicio. A falta de otras referencias, se considera coherente con los resultados obtenidos por Garrido-Jiménez *et al.* (2018), donde se midieron para capitales españolas resultados de entre 47,05 y 6,62 €/m/año que, convertidos a unidad de superficie, son semejantes a los de la Tabla 5.

Recogida y tratamiento de residuos sólidos urbanos

Para el servicio de recogida y tratamiento de residuos sólidos urbanos (en realidad son dos servicios diferentes), los resultados se muestran en la Figura 5:

Figura 5. Coste de explotación servicio de recogida y tratamiento de RSU por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

Los valores representativos del análisis de la muestra son los que se observan en la Tabla 7:

Tabla 7. Parámetros estadísticos del servicio de recogida y tratamiento de RSU

Parámetro	Valor
Coste Unitario (α_3) (€/viv/año)	76,06
Desviación Estándar	65,33
Tamaño muestra	1.662

Fuente: Los autores.

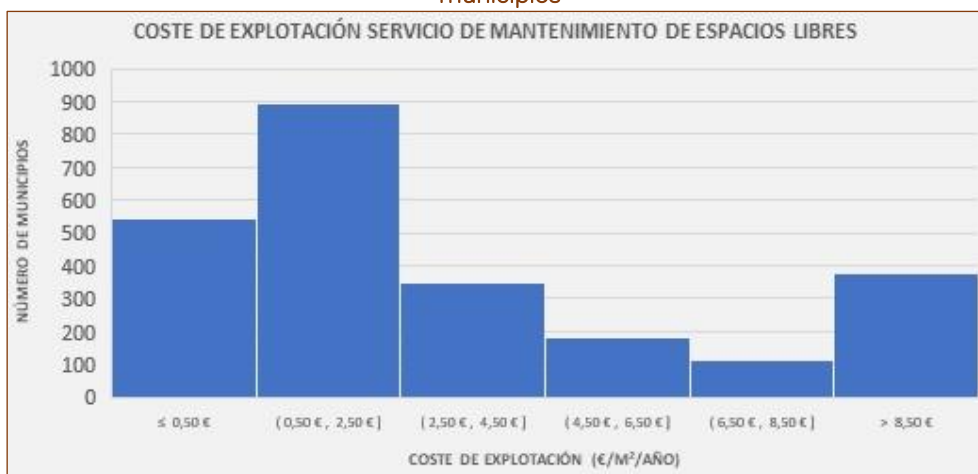
El ajuste a la función normal es más sólido que en el resto de servicios, siendo la desviación estándar, aunque elevada, relativamente menor. El tamaño de la muestra en este caso es menor, ya que este servicio frecuentemente se presta desde entidades supramunicipales (consorcios, mancomunidades, etc.), cuyos datos se han descartado por la imposibilidad de asignar costes individualizados a cada municipio. En cualquier caso, la muestra se compone de 1.662 elementos.

Mantenimiento de espacios libres

La representación del coste de mantenimiento de espacios libres en función del número de municipios es la que aparece en la Figura 6.

El resultado obtenido muestra un alto grado de variabilidad para el coste de este servicio, posiblemente debido a grandes variaciones en el nivel con el que se mantienen las zonas verdes en los municipios dependiendo de su tamaño, clima, diseño, etc. (Tempesta, 2015). De hecho, es un servicio que puede ser altamente heterogéneo incluso dentro de un mismo núcleo de población por las diferentes características específicas de cada parque (Fratini *et al.*, 2009). En cualquier caso, los resultados obtenidos son los siguientes (Tabla 8).

Figura 6. Coste de explotación servicio de mantenimiento de espacios libres por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

Tabla 8. Parámetros estadísticos del servicio de mantenimiento de espacios libres

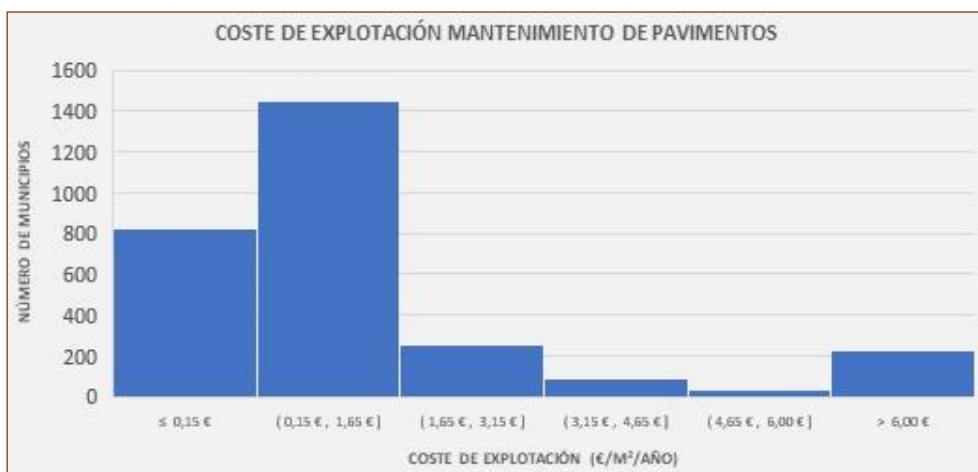
Parámetro	Valor
Coste Unitario (δ_1) (€/m2/año)	5,99
Desviación Estándar	13,57
Tamaño muestra	2.460

Fuente: Los autores.

Mantenimiento de pavimentos

El coste anual de mantenimiento de los pavimentos por unidad de superficie derivado de los datos de la BDCSEL es el mostrado en la Figura 7:

Figura 7. Coste de explotación servicio de mantenimiento de pavimentos por número de municipios



Fuente: Los autores a partir de BDCSEL.

Los valores representativos del análisis de la muestra son los que se observan en la Tabla 9. Como se puede observar, el valor medio es poco representativo de la mayoría de municipios y se ve sesgado por valores excesivamente altos. No obstante, se ha optado por mantener una homogeneidad en el tratamiento estadístico de los datos para todos los servicios.

Tabla 9. Parámetros estadísticos del servicio de mantenimiento de pavimentos

Parámetro	Valor
Coste Unitario (γ ₂) (€/m ² /año)	3,43
Desviación Estándar	14,11
Tamaño muestra	2.873

Fuente: Los autores.

4.2 Coeficiente multiplicador

En el apartado anterior se ha estimado el coste unitario medio de explotación de cada uno de los servicios a “la propiedad”. Sin embargo, para estimar el coste total de explotación por unidad de superficie urbanizada es necesario cuantificar la totalidad de los servicios, incluyendo aquellos a “las personas”. Para ello se aplicará un coeficiente multiplicador, que definirá el peso de cada conjunto de servicios en el gasto corriente municipal. Para estimar este coeficiente multiplicador “M” se ha realizado un análisis de la BDCSEL, comparando el coste global de los servicios a “la propiedad” con la envolvente de gasto total. Los resultados para el año 2018 (último disponible) son los siguientes (Tabla 10):

Tabla 10. Coste total anual en servicios a “la propiedad” (2018)

Servicio a “la propiedad”	Coste total (2018)
Abastecimiento de agua potable	1.571.215.881,02 €
Saneamiento y depuración	417.731.198,46 €
Alumbrado Público	1.141.077.793,52 €
Limpieza Viaria	1.831.287.579,94 €
Recogida y Tratamiento de RSU	2.104.299.198,83 €
Mantenimiento de Espacios Libres	973.930.320,70 €
Mantenimiento de Pavimentos	875.978.966,20 €
TOTAL	8.915.520.938,67 €

Fuente: Los autores

El coste total de la envolvente de servicios municipales (incluyendo servicios a “las personas” y a “la propiedad”) para el conjunto de municipios con datos disponibles en la BDCSEL es el que, por Comunidad Autónoma, se refleja en la Tabla 11:

Tabla 11. Coste total anual en servicios municipales (2018)

Comunidad Autónoma	Coste total servicios (2018)
Andalucía	5.554.223.000,94 €
Aragón	961.501.915,34 €
Asturias	672.986.474,44 €
Islas Baleares	545.978.733,06 €
Islas Canarias	1.522.283.455,96 €
Cantabria	435.985.834,01 €
Castilla y León	1.190.997.263,55 €
Castilla-La Mancha	762.590.014,47 €
Cataluña	5.646.433.233,61 €
Extremadura	486.901.408,26 €
Galicia	1.379.927.245,68 €
Comunidad de Madrid	5.220.804.743,06 €
Región de Murcia	966.211.238,91 €
Comunidad Foral de Navarra	45.777.335,43 €
País Vasco	---
La Rioja	163.270.866,06 €
Comunidad Valenciana	3.131.118.125,11 €
Ceuta	190.138.672,84 €
Melilla	190.768.440,86 €
TOTAL	29.067.898.001,59 €

Fuente: Los autores

De este modo, el coeficiente multiplicador “M” sobre la función de costes de los servicios a “la propiedad” será de:

$$M = \frac{29.067.898.001,59}{8.915.520.938,67} = 3,26$$

El valor obtenido está en línea con el alcanzado en otros estudios de semejante naturaleza en capitales de Provincia (valores entre 1,70-3,97) (Garrido-Jiménez *et al.*, 2018), con lo que se puede dar por válido.

4.3 Función de costes

A la vista de lo anterior, la función de costes de explotación para un fragmento urbano, en función de sus variables de forma básicas es la que se muestra:

$$\text{Coste de Explotación (€/ha/año)} = (186,17xD + 6,43xL + 6,45xS + 5,99xV)x3,26$$

5. Discusión

La investigación realizada ha aportado dos resultados, uno más consistente que otro. El más consistente sería la metodología seguida para adaptar el método general de formulación de costes de explotación por unidad de superficie urbanizada a los datos disponibles en la BDCSEL. Este primer fruto de la investigación permite explotar la base de datos ministerial para el análisis del metabolismo económico de zonas urbanas y no de una forma abstracta, sino a través de la vinculación entre patrones económicos y morfológicos. De este modo, el resultado obtenido es aplicable no solamente a aquellos municipios cuyo coste de explotación de servicios públicos esté disponible en la BDCSEL, sino a todos aquellos (en cualquier país) cuyos costes de explotación sean conocidos. Aunque el método pierde algo de precisión respecto al general, del cual es una simplificación, su empleo es perfectamente válido en entornos socio-económicos y administrativos semejantes al de España.

La siguiente parte de la investigación se ha dedicado a explotar directamente los valores del coste de explotación de los servicios públicos locales existentes en la BDCSEL. Esta labor ha permitido disponer de una visión global de la horquilla en que se mueve el coste de explotación de los servicios locales en relación con las variables urbanísticas básicas (densidad de viviendas, eficiencia lineal, eficiencia superficial, superficie de espacios libres), resultado de gran valor si se tiene en cuenta la escasez de datos de este tipo.

También ha permitido, a través del análisis estadístico, formular los costes de explotación de la unidad de superficie urbanizada para municipios cuyo resultado de explotación de servicios públicos es total o parcialmente desconocido o inconsistente. Aunque el resultado numérico obtenido no carece de interés, es necesario llamar la atención de que está muy influenciado por el análisis estadístico realizado, aspecto a tener en cuenta si se considera que los datos que presentan los municipios no están sometidos a ninguna validación o depuración ulterior. Así, para mayor sencillez y huyendo de artificios matemáticos excesivos, se ha planteado un análisis gaussiano clásico con eliminación de los valores estadísticamente muy extremos. Si, por ejemplo, prescindiendo de una cierta formalidad matemática se hubiese planteado eliminar el 20% de los valores extremos para el coste de explotación de cada servicio, los valores medios habrían sido en algunos casos muy diferentes a los alcanzados (Tabla 12):

Tabla 12. Coste de explotación de servicios públicos por unidad de referencia. Estudio estadístico comparativo

Servicio	Medida Gauss	Media valores centrales
Abastecimiento de agua potable	88,69	76,47
Saneamiento y depuración	21,42	14,43
Alumbrado público	6,43	4,13
Limpieza viaria	3,02	0,62
Recogida y tratamiento de RSU	76,06	67,76
Mantenimiento de espacios libres	5,99	2,64
Mantenimiento de pavimentos	3,43	0,63

Fuente: Los autores.

Como se puede observar, los resultados obtenidos pueden llegar a variar ostensiblemente, lo cual muestra la cautela con la que se han de analizar este tipo de resultados y anima a profundizar en futuras investigaciones en este ámbito. En cualquier caso, el análisis gaussiano ha arrojado valores superiores en todos los servicios, lo cual tiene lógica si se tiene en cuenta la menor proliferación de municipios de gran tamaño dentro de la muestra y que con el segundo método son eliminados; cabe esperar un mayor nivel de servicio y por lo tanto un mayor coste unitario en municipios de gran tamaño. No obstante, este aspecto deberá comprobarse en un análisis específico por tamaños de población.

La formulación no solamente permite el cálculo del valor total de la explotación de los sectores urbanos en función de sus variables urbanísticas básicas, sino que también permite explorar el rol económico de cada una de ellas. Para ello puede realizarse un análisis de sensibilidad a partir de la función de costes. Por ejemplo, si se toma un tejido de referencia con parámetros de ordenación $D=40$ viv/ha, $L=175$ m/ha, $S=4.000$ m²/ha y $V=1.500$ m²/ha (Figura 8), el coste total de explotación sería de 141.344 €/ha/año.

Figura 8. Tejido urbano



$D = 40$ VIV. / ha; $L = 175$ M. / ha; $S = 4.000$ m². / ha; $V = 1.500$ m². / ha;

Fuente: Los autores.

Si se incrementa cada variable en un 20%, dejando fijas las restantes, el resultado se muestra en la Tabla 13, comparando nuevamente las dos posibilidades de tratamiento de datos:

Tabla 13. Coste de explotación de servicios públicos por unidad de referencia. Sensibilidad

Δ Variable 20%	Δ Costes totales (%) Gauss	Δ Costes totales (%) V.Cent.
Densidad de viviendas (D)	3,43	7,91
Eficiencia Lineal (L)	0,52	0,90
Eficiencia superficial (S)	11,90	6,23
Superficie espacios libres (V)	4,10	4,94
Δ Variable 20%	Δ Costes totales (%) Gauss	Δ Costes totales (%) V.Cent.

Fuente: Los autores.

Los resultados vuelven a mostrar la importancia del análisis estadístico. Aun así, del análisis global podría desprenderse que cada incremento de densidad de viviendas del 5% supone aproximadamente un 1% de incremento de gasto, el 5% de incremento de la superficie de vial en torno al 2% y el 5% en el incremento de las zonas verdes elevaría el gasto sobre un 1%. La longitud relativa de viales sería prácticamente neutra. Independientemente del ajuste de los datos, el resultado es significativo para el análisis de la sostenibilidad económica de tejidos urbanos, ya que los ingresos municipales en las zonas urbanizadas suelen ir vinculados a las unidades residenciales, lo que sugiere que, desde el punto de vista económico, son preferibles tejidos densos, donde los mayores ingresos compensarían el ligero aumento de gasto. Este resultado, reiterado en la mayoría de los estudios tanto analíticos como “intuitivos”, tampoco puede ser llevado hasta el extremo, ya que la investigación ha demostrado que el coste de explotación de los servicios es susceptible de sufrir diseconomías cuando, al margen del incremento del nivel de servicio, la densidad supera determinados umbrales (Holcombe y Williams, 2008).

6. Conclusión

El análisis de la Base de Datos del Coste Efectivo de los Servicios prestados por las Entidades Locales del Ministerio de Hacienda de España ha permitido obtener valiosos datos acerca de la relación entre la forma urbana y el metabolismo económico de los servicios públicos locales. El primer resultado significativo es que, de media, el 30% del gasto corriente municipal se destina a servicios a “la propiedad”, aquellos directamente relacionados con la morfología de la ciudad y sobre los que, en el momento de la planificación, el urbanista puede incidir en un sentido u otro. Con ello, queda patente la importancia de introducir parámetros de sostenibilidad económica en etapas tempranas del análisis urbanístico. La explotación de la base de datos, que aporta datos del coste de explotación de los servicios públicos y algunas variables físicas de referencia, también ha permitido avanzar en el establecimiento de fórmulas útiles para el cálculo del coste de explotación de áreas urbanas existentes o planificadas. Más allá de los resultados numéricos alcanzados, siempre matizables en función del manejo estadístico de los datos, la investigación ha mostrado el papel central de la densidad de viviendas y la superficie relativa de viales en el gasto público, por ser las variables de las que, en última instancia, depende el gasto público en mayor medida. Finalmente, el estudio ha dejado abiertas numerosas vías de estudio futuras, tales como el análisis del rol del tamaño de población en el coste unitario de los servicios.

Autoría

El primer autor ha diseñado la investigación, ha elaborado los datos y ha formalizado el artículo. Las El segundo autor y la tercera autora han orientado y validado el proceso seguido, así como la coherencia formal y conceptual de la investigación en su conjunto.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Bibliografía

Aalbers, M. (2008). The financialization of home and the mortgage market crisis. *Competition and Change*, 12(2), 148-166. DOI: <https://doi.org/10.1179/102452908X289802>

Álvarez, X. C., Caride, M. J. y González, X. M. (2005). Evaluación económica del servicio de recogida de basuras en los municipios gallegos. *Revista de Estudios Regionales*, 72, 85-112. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75507203>

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamientos (AEAS). (2011). *Guía de tarifas de los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua*. Madrid, España: AEAS. Recuperado de <https://www.aeas.es/component/content/article/19-manuales/manuales-y-guias-2011/34-guia-de-tarifas-de-los-servicios-de-abastecimiento-y-saneamiento-de-agua-colaboracion-femp?Itemid=101>

Boadway, R. W. y Kitchen, H. M. (1984). *Canadian tax policy*. Toronto, Canadá: Canadian Tax Foundation.

Callan, S. J. y Thomas, J. M. (2001). Economies of scale and scope: A cost analysis of municipal solid waste services. *Land Economics*, 77(4), 548-560. DOI: <https://doi.org/10.2307/3146940>

Carruthers, J. I. (2002). The impacts of state growth management programmes: A comparative analysis. *Urban Studies*, 39(11), 1959-1982. DOI: <https://doi.org/10.1080/0042098022000011317>

Castel, J. C. (2006). Les coûts de la ville dense ou étalée. *Etudes Foncières*, 119, 18-21. Recuperado de <https://sites.google.com/site/jccastel69/home/les-couts-ville-dense-ou-etalee-janv-2006>

Deber, R., Millan, K., Shapiro, H. y McDougall, C. (2006). A cautionary tale of downloading public health in Ontario: What does it say about the need for national standards for more than doctors and hospitals? *Healthcare Policy*, 2(2), 60-75. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2585438/>

Dijkgraaf, E. y Gradus, R. (2003). Cost savings of contracting out refuse collection. *Empirica*, 30(2), 149-161. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024175730230>

Downing, P. B. y Gustely, R. D. (1977). The public service costs of alternative development patterns: A review of the evidence. En P.B. Downing (Ed.), *Local service pricing policies and their effect on urban spatial structure* (pp. 63-86) Vancouver, Canadá: University of British Columbia Press.

Ewers, H., y Nijkamp, P. (1990). Urban sustainability. En P. Nijkamp (Ed.), *Urban sustainability* (pp. 8-10). Avebury, Reino Unido: Gower Publishing Company.

Frank, J. E. (1989). *The costs of alternative development patterns. A review of the literature*. Washington, Estados Unidos: Urban Land Institute.

Fratini R., Marone E., Riccioli F. y Scozzafava, G. (2009). Green urban areas: evaluation and analysis of public spending for management. *Geomatics and Environmental Engineering*, 3, 25-43. Recuperado de <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-AGH8-0005-0048>

Garrido-Jiménez, F. J., Magrinyà, F., y del Moral-Ávila, M. C. (2013). Relación entre variables de ordenación urbanística y coste de explotación de los servicios públicos urbanos: evolución histórica. *ACE, Architecture, City and Environment*, 8(23), 11-32. DOI: <https://doi.org/10.5821/ace.8.23.2595>

Garrido-Jiménez, F. J., Magrinyà, F., y del Moral-Ávila, M. C. (2018). Municipal operating costs and revenues in future developments as a function of urban planning variables. *Journal of Urban Planning and Development*, 144(1), 04017020. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000407](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000407)

Guengant, A., Josselin, J. M. y Rocaboy, Y. (1995). Densités et finances locales. Difficulties de la modélisation. *Annales de la Recherche Urbaine*, 67, 65-71. Recuperado de https://www.persee.fr/doc/aru_0180-930x_1995_num_67_1_1878

Klug, S. y Hayashi, Y. (2007). Social and public costs of residential urban sprawl, En *Proceedings of the 7th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies*, (p. 58). DOI: <https://doi.org/10.11175/eastpro.2007.0.58.0>

Hirsch, W. (1968). The supply of urban public services. En S. Perloff y L. Wingo (Eds.) *Issues in urban economics* (pp. 477-525) Baltimore, Estados Unidos: Johns Hopkins University Press.

Holcombe, R.G. y Williams, D.W. (2008). The impact of population density on municipal government expenditures. *Public Finance Review*, 36(3), 359-373. DOI: <https://doi.org/10.1177/1091142107308302>

Krueger, R. y Buckingham, S. (2012). Towards a 'consensual' urban politics? Creative planning, urban sustainability and regional development. *International Journal of Urban and Regional Research*, 36(3), 486-503. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2011.01073.x>

Ladd, H. F. y Yinger, J. (1989). *America's ailing cities: Fiscal health and the design of urban policy*. Baltimore, Estados Unidos: Johns Hopkins University Press.

Mace, R. L. (1961). *Municipal cost-revenue research in the United States*. Chapel Hill, Estados Unidos: University of North Carolina.

Molloy, R. (2016). Long-term vacant housing in the United States. *Regional Science and Urban Economics*, 59, 118-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2016.06.002>

Moss, T. (2008). Cold spots of urban infrastructure: "Shrinking" processes in Eastern Germany and Modern Infrastructural Ideal. *International Journal of Urban and Regional Research*, 32(2), 436-451. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2008.00790.x>

Nassauer, J. I. y Raskin, J. (2014). Urban vacancy and land use legacies: A frontier for urban ecological research, design and planning. *Landscape and Urban Planning*, 125, 245-253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.10.008>

Paulsen, K. (2009). *The Effects of Land Development on Municipal Finance: A Conceptual Overview*. Cambridge, Estados Unidos: Lincoln Institute of Land Policy. Recuperado de https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/1680_894_paulsen_final.pdf

Radzimski, A. (2016). Changing policy responses to shrinkage: The case of dealing with housing vacancies in Eastern Germany. *Cities*, 50, 197-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.10.005>

Speir, C. y Stephenson, K. (2002). Does sprawl cost us all?. *Journal of the American Planning Association*, 68(1), 56-70. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944360208977191>

Stone, P. A. (1973). *The structure, size and costs of urban settlements*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Tähkämö, L., Ylinen, A., Puolakka, M. y Halonen, L. (2012). Life cycle cost analysis of three renewed street lighting installations in Finland. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(2), 154-164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0345-z>

Tempesta, T. (2015). Benefits and costs of urban parks: a review. *Aestimum*, 67, 127-143. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/228543399.pdf>

Yepes, V., Torres-Machi, C., Chamorro, A. y Pellicer, E. (2016). Optimal pavement maintenance programs based on a hybrid greedy randomized adaptive search procedure algorithm. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(4), 540-550. DOI: <https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1120770>