



Instituto Católico de Administración y Dirección de Empresas (ICADE)

# ***Smart Cities* y su Gestión de Residuos: el papel de las herramientas cuantitativas y cualitativas en la aplicación de soluciones inteligentes.**

Autor: Brittany Aleksa Barajas

Director: María Jesús Giménez Abad

## **Abstract**

The intentions of this work are to provide a complete analysis of European smart cities and how their solid waste management solutions use both quantitative smart technology as well as qualitative tools to achieve their objectives. Through its analysis, the work hopes to achieve a comprehensive understanding to provide useful takeaways and recommendations to both smart cities and its stakeholders.

In its review of the smart city concept, its origin, definition, evolution and stakeholders will be investigated to provide an up-to-date understanding. In its review of urban waste management, the work will define and breakdown waste management for cities and how it has evolved and become an even more pressing issue in recent times.

The work's fundamental research will be conducted through three case studies of three smart cities (Capannori, Gijón and Barcelona) who are working to improve their waste management.

After their individual analysis, the three smart cities will be compared and contrasted to highlight their differences and similarities between one another and how it then affects their approaches and solutions.

The final section identifies the potential new technologies and trends that could significantly alter how smart cities approach urban problems in the future, like AI and the sustainability movement. The work also looks at how macro-level changes, like the covid-19 pandemic, could and has altered its current approach and priorities.

## **Key Words**

Smart City, Urbanization, Solid Urban Waste Management, Big Data, Smart Technology, Zero Waste, Sustainability, IoT (Internet of Things)

## **Resumen**

La intención de este trabajo es ofrecer un análisis completo de las *smart cities* europeas y de cómo sus soluciones de gestión de residuos sólidos utilizan tanto la tecnología inteligente cuantitativa como las herramientas cualitativas para alcanzar sus objetivos. A través de su análisis, el trabajo espera lograr una comprensión completa para proporcionar conclusiones y recomendaciones útiles tanto para las *smart cities* como para sus partes interesadas.

En su revisión del concepto de *Smart City*, se investigará su origen, definición, evolución y partes interesadas para proporcionar una comprensión actualizada. En su revisión de la gestión de los residuos urbanos, el trabajo definirá y desglosará la gestión de los residuos en las ciudades y cómo ha evolucionado y se ha convertido en un problema aún más acuciante en los últimos tiempos.

La investigación fundamental del trabajo se realizará a través de tres estudios de caso de tres *smart cities* (Capannori, Gijón y Barcelona) que están trabajando para mejorar su gestión de residuos.

Tras su análisis individual, las tres *smart cities* serán comparadas y contrastadas para destacar sus diferencias y similitudes entre sí y cómo afecta entonces a sus enfoques y soluciones.

La sección final identifica las nuevas tecnologías y tendencias potenciales que podrían alterar significativamente la forma en que las *smart cities* abordan los problemas urbanos en el futuro, como la IA y el movimiento de sostenibilidad. El trabajo también examina cómo los cambios a nivel macro, como la pandemia, podrían alterar y han alterado su enfoque y prioridades actuales.

## **Palabras Clave**

*Smart City*, Urbanización, Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, *Big Data*, Tecnología Inteligente, *Zero Waste*, Sostenibilidad, *IoT* (Internet de las cosas)

## Índice

Abstract.....	2
Key Words.....	2
Resumen.....	3
Palabras Claves.....	3
1. Introducción.....	5-7
1.1. Objetivos.....	5
1.2. Justificación de su relevancia.....	5-6
1.3. Metodología.....	7
2. La ciudad, los interesados y el origen de la <i>Smart City</i> .....	8-11
3. ¿Que significa ser una <i>Smart City</i> ?.....	12-15
4. Gestión de residuos: Un problema actual para ciudades .....	16-20
5. Los tres <i>Smart City</i> casos.....	21-37
5.1. Introducción.....	21-22
5.2. Capannori.....	22-25
5.3. Gijón.....	25-30
5.4. Barcelona.....	31-34
5.5. Comparar y Contrastar.....	34-37
6. El Futuro para las <i>smart cities</i> .....	38-41
7. Conclusión .....	42-45
8. Apéndice.....	46
9. Bibliografía.....	47-52

# 1. Introducción

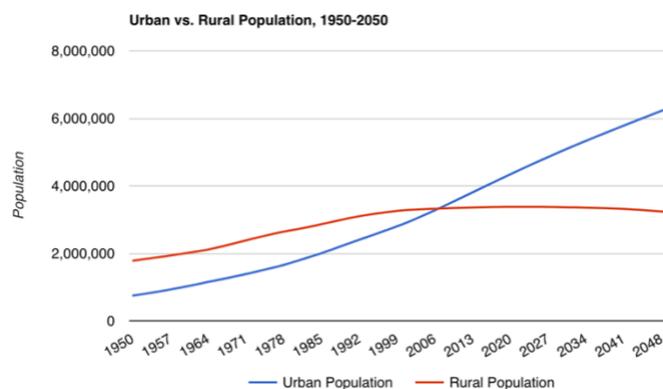
## 1.1 Objetivos

Las principales intenciones de este trabajo pueden resumirse en una lista de objetivos que se exponen a continuación:

- Proporcionar una sólida base y comprensión del concepto de la *Smart City*.
- Identificar y analizar las distintas partes interesadas dentro de una *Smart City* y su(s) papel(es).
- Proporcionar una sólida base y comprensión de la gestión de los residuos urbanos.
- Utilizar estudios de casos para analizar qué soluciones están aplicando las *smart cities* para aliviar y mejorar su gestión de residuos.
- Estudiar cómo las *smart cities* están utilizando la tecnología, el análisis cuantitativo y otras herramientas para mejorar sus operaciones.
- Comparar y contrastar las similitudes y diferencias entre los estudios de caso.
- Descubrir si las herramientas cuantitativas y/o cualitativas son necesarias para proporcionar la mejor solución urbana posible.
- Analizar el futuro de las *smart cities* y sus posibles soluciones y problemas.

## 1.2 Justificación de su relevancia

Hay varias razones por las que este estudio es relevante hoy en día y, por lo tanto, debe ser estudiado. La primera razón es la importante y duradera tendencia a la urbanización y el desplazamiento masivo de personas a las ciudades. A continuación, se muestra un gráfico que



representa la tendencia actual y las predicciones futuras sobre cómo se repartirá la población mundial entre lo urbano y lo rural (World Urbanization Prospects: The 2018 Revision Population, 2018). A medida que aumenta el número de personas que se trasladan a los centros urbanos, resulta cada vez más importante analizar cómo las ciudades se enfrentan a esta afluencia y, a través de la investigación, posiblemente encontrar mejores soluciones para que las ciudades se ocupen mejor de esta afluencia por el bien de sus residentes. Otra razón que justifica esta investigación sobre las *smart cities* es el uso creciente, la importancia y el potencial del análisis cuantitativo para mejorar el funcionamiento de las ciudades gracias a que la tecnología inteligente es capaz de recopilar grandes cantidades de datos en directo. Las *smart cities* de todo el mundo están analizando por fin el *Big Data* para entender mejor su ciudad y así poder implementar mejores estrategias para afrontar sus problemas urbanos. Si bien el análisis cuantitativo va a ser una herramienta importante para las *smart cities*, es aún más importante analizar sus consecuencias no deseadas y las cualidades que le faltan y que podrían rectificarse utilizando herramientas más cualitativas. A medida que el concepto de *Smart City* sigue ganando popularidad, resulta cada vez más importante comprender su trayectoria actual y su posible trayectoria futura, especialmente cuando el mundo se enfrenta a uno de los acontecimientos más perturbadores a nivel mundial de los últimos tiempos, la pandemia del Covid-19. Estas diversas justificaciones proporcionan un sólido argumento que demuestra la relevancia de este trabajo, ya que analiza las tendencias actuales y futuras de las *smart cities* y sus aciertos y errores, cuyo análisis puede utilizarse para mejorar las futuras soluciones de las *smart cities*.

### 1.3 Metodología

El método de razonamiento de esta investigación se basará en el razonamiento inductivo que hace amplias generalizaciones a partir de observaciones específicas (Doyle, 2020). En este estudio, este enfoque lógico llevará a cabo principalmente una investigación secundaria tanto para sus estudios de caso como para su revisión bibliográfica inicial. Las principales fuentes de investigación secundaria provendrán de una variedad de informes anteriores, sitios web, artículos de revistas y libros. Como ya se ha dicho, el núcleo principal de la investigación adoptará la forma de estudios de casos que analizarán tres *smart cities* europeas que están trabajando actualmente para mejorar su gestión de los residuos urbanos. A través de los estudios de caso, el trabajo podrá comparar y contrastar las soluciones inteligentes actuales y cómo cambia la

aportación y el resultado en función de determinados factores. Las 3 ciudades que se estudiarán son Capannori, Gijón y Barcelona. Las razones generales por las que se seleccionaron las tres ciudades son que todas se consideran *smart cities*, todas invierten mucho tiempo y dinero en su gestión de residuos, todas forman parte de la UE, todas abordan el problema de la gestión de residuos de forma diferente y todas tienen tamaños, densidades, economías, demografías y administraciones diferentes. A nivel individual, la ciudad de Capannori, en Italia, fue elegida por su pequeño tamaño, su baja densidad, su inversión relativamente grande en la modernización de su gestión de residuos y su dedicación a la sostenibilidad a través del *Zero Waste*. La ciudad de Barcelona, situada en España, fue elegida por su gran tamaño y densidad, su diversidad de barrios y soluciones de residuos inteligentes, su economía turística y su fama como *Smart City*. La ciudad de Gijón, situada en España, fue elegida principalmente como punto intermedio entre las otras dos *smart cities*, ya que sus características como el tamaño, la densidad y la economía se sitúan entre las dos. Otra razón es su asociación única con una empresa privada local y su cooperación.

A continuación, el trabajo realizará una revisión bibliográfica que proporcionará información relevante y esencial sobre las *smart cities* y el problema urbano de la gestión de residuos. A partir de ahí, se profundizará en tres estudios de casos de *smart cities* y, luego, se compararán y contrastarán para su mejor análisis. Por último, el trabajo analizará el futuro de las *smart cities* y concluirá con las lecciones y recomendaciones que deben tener en cuenta tanto las *smart cities* como sus *stakeholders*.

## 2. La ciudad, los interesados y el origen de la *Smart City*

En la actualidad, más de la mitad de la población mundial reside en ciudades (55% en 2018) y se proyecta que esta tendencia migratoria del campo a la ciudad aumentará en las próximas décadas (UN DESA, 2018). Este creciente segmento urbano de la población es aún más asombroso en Europa, donde se encontró que en el año 2019 más del 74% de su población residía dentro de las ciudades (European Union | Data, 2018) con una proyección de crecimiento pequeña pero positiva en los próximos años (European Union | Data, 2018).

¿Por qué la gente sigue trasladándose de una zona de residencia más rural a otra más urbana? ¿Qué es lo que hace que las ciudades sean tan atractivas para que la gente esté dispuesta a dejar sus vidas pasadas por otras nuevas y desconocidas? Aunque hay una plétora de razones de un individuo a otro, las razones pueden reducirse a una verdad fundamental que Glaeser, autor de *El Triunfo de la Ciudad*, destaca y centra en su libro (Glaeser, 2014).

El tema central de su libro es que ‘las ciudades magnifican la fuerza de la humanidad’ (Glaeser 2014, p. 548). Por ejemplo, muchos se trasladan a las ciudades para trabajar. Las ciudades son lugares atractivos para trabajar porque magnifican la capacidad humana de aprender y compartir gracias, en parte, a la alta densidad. Este elevado intercambio de ideas conduce a la innovación, lo que atrae aún más a quienes quieren trabajar en las industrias más rompedoras y disruptivas. Nuestra capacidad de aprender y comunicarnos como humanos se multiplica por diez gracias a la ciudad, ya que nos permite aprender y comunicarnos con una multitud de personas de todas partes del mundo.

Otro ejemplo es que muchos individuos se mudan a las ciudades por el aspecto social. En este caso, las ciudades proporcionan una plataforma para que los humanos creen y fomenten las relaciones con otros en un entorno lleno de actividades para crear recuerdos con los demás. Ser capaz de conectar con otros y crear relaciones y comunidades robustas ha sido un punto fuerte de los humanos y nos ha permitido colaborar y prosperar como especie. La ciudad nos permite encontrar personas con las que realmente conectamos y nos permite construir estas relaciones en su entorno. Nuestra capacidad de simpatía también se ve magnificada en las ciudades, ya que la ciudad es conocida por ponernos en contacto con todos los ámbitos de la vida y nos da la afortunada oportunidad de conectar y comprender un poco más cómo viven los demás y sus

valores. Estos ejemplos de cómo las ciudades pueden magnificar los puntos fuertes de la humanidad pueden ir para largo, y pueden variar desde lo más general hasta lo más nicho, pero aun así pueden ser rastreados hasta la esencia de las ciudades, que es magnificar los puntos de fuerza de la humanidad.

Estas razones dan una idea clara de las ventajas de las ciudades y de cómo se diferencian de su contraparte rural. Con esta nueva y enorme oleada de habitantes urbanos, gracias a las numerosas y conocidas ventajas de la misma, la ciudad está teniendo que adaptarse y evolucionar para ser capaz de responder adecuadamente a esta demanda. En muchos casos esta reacción ha tomado forma en el concepto relativamente nuevo conocido como *smart cities*, un concepto en el que este trabajo profundizará. El término *Smart City* aparece por primera vez a principios de los años 90, donde los investigadores destacan la tecnología, la innovación y la globalización como factores clave de la urbanización (Gibson, Kozmetsky and Smilor, 1993).

El concepto de *smart cities* ha atraído gran atención desde el año 2008, con el lanzamiento del proyecto *Smarter Planet* de IBM (Palmisano, 2008). Este proyecto se presentó en el Consejo de Relaciones Exteriores en la ciudad de Nueva York y pretendía explicar su nueva perspectiva que introducía la idea de que el mundo se guía por tres I's: Instrumentación, Interconexión e Inteligencia. Además, argumentaron que estos tres factores de impulso mostraban un camino para que las industrias, las infraestructuras, los procesos, las ciudades y las sociedades enteras fueran más productivas, eficientes y receptivas. En 2009 esta novedosa idea pronto se ramificó para considerar esta idea exclusivamente en el contexto de la ciudad con el lanzamiento de la campaña *Smarter Cities* de IBM, 'un enfoque integral para ayudar a las ciudades a funcionar de forma más eficiente, ahorrar dinero y recursos, y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos' (IBM100 - Smarter Planet, n.d.). Durante este año, IBM realizó casi cien *Smarter City* foros por todo el mundo, a los que asistieron miles de líderes mundiales que luego llevaron esta idea a su propia ciudad.

Cuando el concepto de *Smart City* empezó a extenderse por todo el mundo, muchos han intentado definir qué es exactamente lo que hace que una ciudad sea *Smart*. Harrison et al. definieron una *Smart City* como una ciudad instrumentada, interconectada e inteligente (Harrison et al., 2010). Otra definición, la de Giffinger y Gudrun, aportaba seis características inteligentes:

economía, gobernanza, medio ambiente, personas, movilidad y convivencia (Giffinger and Gudrun, 2010). En general, una definición común de la *Smart City* consiste en utilizar las tecnologías de la información (TI) para hacer que una ciudad (administración, educación, transporte, etc.) sea más inteligente y eficiente (Yin, Xiong and Chen, 2015). La más amplia de las definiciones sobre las cualidades de una *Smart City* es la de Townsend en su libro *Smart Cities*, una lectura fundamental en este ámbito, en la que afirma claramente que las *smart cities* son:

«lugares en los que la tecnología de la información se combina con la infraestructura, la arquitectura, los objetos cotidianos e incluso nuestros cuerpos para abordar problemas sociales, económicos y medioambientales» (Townsend 2014, p. 15).

Sin embargo, el autor se antepone esta definición con la afirmación que la palabra *Smart* en sí misma es una palabra problemática, ya que puede significar muchas cosas, y explica que una visión amplia y más holística de la definición es la mejor manera de abordar el concepto de *smart cities*, ya que evita la trampa fácil de creer que una nueva tecnología va a resolver todos los problemas de una ciudad.

Para poder aplicar y evaluar *smart cities* en la práctica, todavía es necesario definir una comprensión más profunda de la *Smart City*. Pero, como se puede ver, las definiciones y los conceptos de las *smart cities* todavía están surgiendo, y actualmente no existe una definición clara y coherente de una *Smart City* entre los expertos en la materia. Las definiciones enumeradas anteriormente no son más que la punta del iceberg de las definiciones de la *Smart City*, y hay algunas razones que explican por qué es así.

La primera y más obvia es que el concepto es bastante reciente, por lo que las interpretaciones no están tan grabadas en piedra como otros conceptos que han tenido décadas para perfeccionarse. En segundo lugar, como ya mencionó Townsend, la palabra *Smart* es depende mucho en la perspectiva de cada persona (Townsend, 2014). Por último, el concepto de la *Smart City* se refiere menos a los procesos y más a un objetivo. Una *Smart City* es una ciudad exitosa pero la forma de definir este éxito o de llegar a él depende de la interpretación de uno mismo.

Con las numerosas *stakeholders* que intervienen en una ciudad, las interpretaciones pueden ser muy variadas. Cualquier intento de definir lo que es una *Smart City* llegará a comprender que cualquier definición específica o detallada siempre fracasará a la hora de captar la totalidad del concepto, ya que cada ciudad tiene sus propios puntos fuertes y débiles y alberga un grupo diverso de partes interesadas que varían de una ciudad a otra e incluso dentro de ellas mismas (Yin, Xiong and Chen, 2015).

### 3. ¿Que significa ser una *Smart City*?

En adelante, la definición general en la que este trabajo basará la mayor parte de su comprensión de las *smart cities* va a ser la de Townsend:

‘lugares en los que la tecnología de la información se combina con la infraestructura, la arquitectura, los objetos cotidianos e incluso nuestros cuerpos para abordar problemas sociales, económicos y medioambientales’ (Townsend 2014, p. 15)

El motivo es que, por un lado, se trata de una definición lo suficientemente general como para poder aplicarla a la gran mayoría de lugares y, por otro, incluye los factores que los expertos en la materia consideran más importantes. En esta misma línea, destaca la importancia de las tecnologías de la información que, desde el principio del concepto de *Smart City*, han sido un factor fundamental. La tecnología ha sido una característica definitoria de las *smart cities* desde la introducción del concepto en 1993 (Gibson, Kozmetsky and Smilor, 1993). La aplicación de la tecnología al funcionamiento de una ciudad puede adoptar muchas formas distintas, desde el control y la reducción del tráfico hasta la gestión eficiente de recursos básicos, como el agua y la energía. Aunque la capacidad de aplicar la tecnología a las operaciones de una ciudad puede ser infinita, la eficacia depende en gran medida de la recopilación de datos, la interconectividad y su alcance (Eckhoff and Wagner, 2018). Estos tres factores han dado lugar a una inmensa colección de datos que sería físicamente imposible para cualquier humano analizar y extraer cualquier tipo de información valiosa. Este gran número de datos que, una vez analizados, pueden revelar patrones, tendencias y asociaciones, se conoce como *Big Data*. A través de su amplia aplicación de la tecnología, las *smart cities* han sido capaces de generar grandes cantidades de *Big Data* que luego se analizan con la esperanza de encontrar posibles soluciones a sus numerosos problemas.

Por otra parte, esta definición también implica la necesidad de un análisis y unas soluciones más cualitativas, ya que destaca el lado más social, emocional e irracional de las ciudades. Sin embargo, es importante enfatizar que esta definición no es perfecta, y sus imperfecciones se discutirán a lo largo de este trabajo para proporcionar una apreciación más rica y compleja del concepto de la *Smart City* que, a su vez, describiría el concepto tal y como se considera y utiliza hoy en día.

En lugar de preguntarse ¿qué es una *Smart City*? Es mejor preguntarse ¿qué quieres que sea una *Smart City*? Este ajuste de la cuestión elimina la necesidad de aislar y construir barreras y abre el debate a una multitud de respuestas y posibilidades de muchos tipos de individuos. Si se le pregunta a un analista de datos de IBM, seguramente se centrará en la eficiencia y la optimización; si se le pregunta a un joven residente nuevo, hará hincapié en la sociabilidad y la espontaneidad. Aquí se ve que la ciudad está formada por muchas *stakeholders*, lo que hace que sea importante ver una *Smart City* a través de las muchas perspectivas de cada parte interesada. De este modo, se puede comprender fácilmente que la ciudad es un complejo entramado de partes interesadas que muchas veces tienen intereses y objetivos contrapuestos y contradictorios para su ciudad. Se considera que las partes interesadas de la ciudad son: el gobierno, los residentes, las empresas y el medio ambiente (Townsend, 2014). En este ensayo, el medio ambiente se tratará por separado de las otras tres partes interesadas por dos razones. En primer lugar, la noción aceptada de que el medio ambiente es una parte interesada es una noción relativamente nueva que ha tardado en ser aceptada en muchos campos, incluida la *Smart City*, que sólo ha empezado a considerarla seriamente debido al creciente interés público por el cambio climático y la sostenibilidad. En segundo lugar, por el hecho de que el medio ambiente nunca puede ser una parte interesada activa que pueda ayudar a implementar y tomar medidas para mejorar su interés en su relación con una ciudad. Esto no quiere decir que el medio ambiente no sea tenido en cuenta, sino todo lo contrario, debería ser la parte interesada más tenida en cuenta por la ciudad y otras partes interesadas, ya que no puede asumir un papel proactivo en el objetivo de la ciudad de ser *smarter*. En este ensayo, el medio ambiente se abordará ampliamente en la conclusión, ya que es un factor enorme que ahora se tiene en cuenta en todos los esfuerzos futuros de cualquier *Smart City* que aspire a serlo.

Los tres actores principales y activos de una *Smart City* son: el gobierno, sus residentes y sus empresas. Estos tres actores pueden tanto influir en su ciudad como ser influidos por ella. Sin embargo, esta dualidad parece perderse entre algunos expertos en la materia que consideran que cada parte interesada desempeña un único papel cuando interactúa con su ciudad. La suposición más popular, aunque errónea, de las partes interesadas es que las empresas sólo desempeñan el papel de ejecutoras con fines de lucro, el gobierno sólo desempeña el papel de conductor de la entrega y los residentes sólo desempeñan el papel de receptor mudo. Esta peligrosa suposición puede acarrear terribles consecuencias para todas las partes interesadas. El ejemplo más fácil y

drástico de estas consecuencias es cada nuevo proyecto de ciudad "utópica" liderado por el gobierno del país que ha fracasado a la hora de atraer una fracción de los ciudadanos necesarios para mantener la ciudad sin endeudarse profundamente. En estos grandes fracasos están implicados los ciudadanos que nunca tienen voz (ya que no hay nadie que viva allí), los gobiernos excesivamente ambiciosos que no escuchan ni preguntan y las empresas cuya codicia les ciega a todo lo demás. Los ejemplos más famosos son Brasilia en Brasil, Songdo en Corea del Sur y Ordos en China (Euklidiadus, 2019). Aunque estos son los ejemplos más extremos, hay muchos otros ejemplos que tienen consecuencias negativas debido a la suposición de que cada parte interesada sólo desempeña un papel en una *Smart City*. Para evitar este tipo de fallos, es imprescindible que cada interesado asuma varios papeles en cierto grado durante todo el proceso de la solución, desde su inicio hasta su finalización.

Para desglosar esta idea y aportar más claridad, he dividido los distintos papeles en tres tipos:



Estos tres roles cubren las principales funciones que una parte interesada puede tener durante el proceso, desde la reacción al problema hasta la aplicación de una solución.

El papel de impulsor es un papel que inicia todo el proceso de resolución de problemas de la ciudad, ya que es el que saca a la luz un problema actual que debe resolverse por muchas razones y, a lo largo del proceso, es la cabeza que está empujando para que se aplique una solución. Este papel lo suele asumir el gobierno de la ciudad, pero yo diría que tanto las empresas como los ciudadanos también deberían asumirlo. Cuando las tres partes interesadas comparten el papel de impulsor se pueden tener en cuenta todos los puntos de vista a la hora de tomar la decisión de qué problema abordar y qué prioridad debemos darle. Si el gobierno no escucha a las demás partes interesadas, especialmente a los residentes, se arriesgará a resolver problemas no deseados.

El papel de realizador es el más implicado en la implantación de una solución y suele ser asumido únicamente por las empresas contratadas por el gobierno de la ciudad, con poca o ninguna participación de sus residentes. Aunque las empresas pueden tomar la iniciativa en este papel para aumentar la eficiencia, es importante que tanto el gobierno como sus residentes también desempeñen un papel activo en la implementación para garantizar que la solución se adapte a las necesidades y características únicas de la ciudad.

El rol de receptor es aquel en el que se convive con la solución implementada para resolver un determinado problema. Se supone que este papel es un papel complaciente al que muchos residentes se ven encadenados, ya que tanto el gobierno como las empresas no escuchan a la mayoría a la que afectan. Tanto el gobierno como las empresas deberían desempeñar también este papel asegurándose de que la solución también les afecta en cierta medida. En el caso de las administraciones públicas, este papel puede consistir en asegurarse de que sus representantes están a la escucha de todos los ciudadanos afectados por la nueva solución. En el caso de las empresas, este papel puede tomar forma siendo una compañía más local que se involucra más en la comunidad y emplea a los residentes de su ciudad.

Es imperativo que cada una de las tres partes interesadas asuma, en cierta medida, los tres papeles enumerados anteriormente para iniciar y aplicar de la mejor manera posible una solución exitosa para su *Smart City*.

#### 4. Gestión de residuos: Un problema actual para ciudades

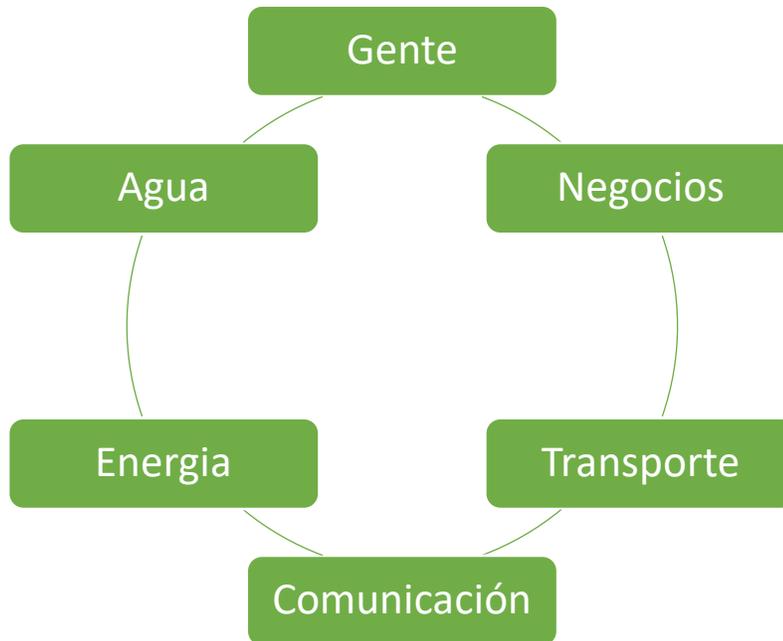
Aunque las ciudades ofrecen grandes ventajas para sus habitantes, esto no significa que la ciudad sea perfecta y no tenga problemas. Desde la creación de la primera ciudad, ciudades de todas formas y tamaños a lo largo del tiempo han tenido que gestionar y resolver de forma continua problemas para poder funcionar de forma adecuada. Aunque estos problemas varían de una ciudad a otra y evolucionan con el paso del tiempo, hay unos cuantos problemas generales y amplios con los que las ciudades siguen y han seguido lidiando desde sus días de fundación. Estos problemas urbanos generales y actuales se enumeran a continuación por la Comisión Europea de la UE. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta lista no es totalmente exhaustiva de los problemas con los que se puede encontrar una ciudad, lo que probablemente se deba a su disposición y cualidades únicas (Challenges faced due to urbanisation | Knowledge for policy, n.d.).



Estos cinco problemas urbanos son cuestiones amplias que abarcan una serie de dificultades más específicas. La cuestión de la degradación medioambiental abarca una serie de problemas menores, como el alto nivel de consumo de recursos, la vulnerabilidad al cambio climático, la generación y gestión de residuos, los peligrosos recursos de baja calidad, etc. En cuanto a la vivienda, los problemas pueden adoptar la forma de escasas opciones de vivienda asequible, malas condiciones de vida, alta demanda de vivienda que luego provoca precios elevados y volatilidad del mercado, inquilinos desprotegidos, etc. En cuanto a la movilidad y la prestación

de servicios, las cuestiones se refieren a los problemas de congestión del tráfico, la inaccesibilidad al transporte y, por tanto, a los recursos, la escasez de transporte público, el desmoronamiento de las infraestructuras, etc. En salud urbana y envejecimiento, las cuestiones tienen que ver con los contras de la vida en alta densidad (es decir, la propagación más fácil y rápida de las enfermedades), la menor esperanza de vida, los diversos tipos de contaminación que afectan a la salud, el bienestar mental, etc. En cuanto a las desigualdades y la segregación social, se trata de los problemas que surgen por el nivel de ingresos y el estatus social de una persona en su ciudad y en su sociedad. Por ejemplo, una persona en situación de pobreza es inmediatamente más vulnerable a todos los problemas mencionados anteriormente en relación con sus homólogos más ricos que residen en esa misma ciudad.

El concepto de *Smart City* puede verse como una perspectiva de cómo abordar estos problemas mencionados anteriormente. Lo que hace que la perspectiva de la *Smart City* sea única es que hace mucho hincapié en la necesidad de aprovechar la tecnología para resolver con éxito los problemas de una ciudad. Las *smart cities* de todo el mundo han utilizado la tecnología para abordar estos cinco problemas generales mencionados previamente y siguen ampliando su iniciativa de la *Smart City* aplicándola a problemas más sólidos y específicos que afectan a su ciudad. Al principio, las *smart cities* abordaban problemas que podían resolverse únicamente mediante una mayor integración física y tecnológica. Esto puede verse en el informe *Smarter City* de IBM de 2009, en el que se identifican diez sistemas básicos en los que la mayoría tienden a caer en la categoría que requiere más soluciones físicas con énfasis en la eficiencia tecnológica en su solución (Dirks and Keeling, 2009).



cuarto de los seis sistemas se basan en sistemas tangibles que luego necesitarán soluciones tangibles que afecten al espacio físico. Los sistemas de las personas y de las empresas son mucho menos tangibles y, por tanto, requieren soluciones mucho más cualitativas y sensibles a reacciones menos racionales. Estos dos sistemas requieren soluciones que tengan en cuenta la subjetividad y la percepción personal y que tengan en cuenta mucha más irracionalidad, ya que un aumento de la eficiencia puede perjudicar más que beneficiar a estos sistemas concretos. Como se ha mencionado anteriormente, IBM es uno de los fundadores más influyentes del concepto de la *Smart City* y, en su famosa presentación de 2009, dos tercios de los sistemas existentes en una ciudad son de naturaleza bastante tangible y, por lo tanto, requieren principalmente soluciones tecnológicas basadas en datos para mejorar los problemas que estos sistemas puedan tener. Este hecho muestra el fuerte enfoque inicial de la *Smart City* para abordar problemas más concretos en los que los sensores, el *IoT* y la recopilación de datos en tiempo real pueden implementarse fácilmente para resolver problemas. Aunque las *smart cities* están empezando a evolucionar y a pasar de soluciones simples basadas en la tecnología a soluciones más complejas, interdisciplinarias y cualitativas, este trabajo se centrará en un problema de la ciudad que tiende a ser uno de los primeros problemas que las *smart cities* intentan mejorar, ya que es de naturaleza más física y, en consecuencia, requiere un análisis más cuantitativo.

El problema que trataré en este trabajo es el de la gestión de los residuos, concretamente, la gestión de los residuos sólidos. Elegí este problema ya que es un problema que prácticamente todas las ciudades, pueblos y lugares tienen y necesitan abordar continuamente a medida que la población aumenta y el consumo fluctúa y evoluciona (Azahara, 2017). Actualmente, como planeta, generamos anualmente 2.010 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos y se prevé que para el año 2050 esta cifra aumente a 3.400 millones de toneladas (Trends in Solid Waste Management, n.d.). La gestión de los residuos no solo es una cuestión universal, sino que es una cuestión que se prioriza aún más en los países desarrollados, cuya generación de residuos es significativamente mayor que la de los países en desarrollo y subdesarrollados (Kawai et al., 2016). La mayoría de los países de Europa occidental se consideran ampliamente como países desarrollados, y los países de España e Italia, los dos países que estudiaremos en nuestros tres estudios de caso por venir, están ambos clasificados dentro de los 20 primeros países de la OCDE por mayor generación de residuos sólidos municipales (Gráfico 1 en Apéndice). La gestión de los residuos es también una parte costosa de la gestión de la ciudad, ya que incurre en altos costes fijos y variables. Se estimó que para 2050 el coste de la gestión de los residuos sólidos alcanzará un total de 375.000 millones de dólares (Hoorweg and Bhada-Tata, 2012). Por último, la gestión de los residuos sólidos fue también uno de los primeros problemas que abordaron las *smart cities* cuando aprendieron a aprovechar la tecnología y el análisis de datos en tiempo real para mejorar su ciudad. Dado que la gestión de los residuos de la ciudad suele caracterizarse por sus elevados costes, sus acuciantes problemas de salud y seguridad y sus fáciles oportunidades de aplicación de la tecnología inteligente, se hizo evidente para las *smart cities* que las mejoras en su gestión de los residuos pueden garantizar eficiencias y mejoras significativas en un breve plazo de tiempo (Fayomi et al., 2021). Por estas razones, elegí la gestión de los residuos sólidos como el problema de las *smart cities* en el que profundizaría a través de los estudios de caso de tres ciudades, ya que existe una historia significativa y una oportunidad potencial en el futuro.

La gestión de los residuos sólidos urbanos puede definirse mediante cinco procesos necesarios (Fayomi et al., 2021).



En un principio, las *smart cities* tendían a fijarse en los cuatro últimos pasos del proceso completo para ver si se podía implementar alguna tecnología inteligente que ayudara a mejorar la productividad y la eficiencia de las tareas que requieren mucha mano de obra y trabajo manual, como el trabajo de un recolector de residuos. Sin embargo, a medida que las *smart cities* se vuelven más sabias en la mejora de estos procesos y que la comunidad colectiva se vuelve más consciente y se preocupa por la sostenibilidad y nuestro impacto ambiental, el primer paso, la generación de residuos, se ha enfocado cada vez más para no sólo mejorar la gestión de residuos, sino para ser más sostenible. Este cambio de enfoque, que hace énfasis en la necesidad de llegar a la raíz del problema de los residuos, se puede ver claramente a través del movimiento de cero residuos en Europa. *Zero Waste Europe* es una red europea de comunidades, líderes locales, expertos y agentes de cambio que trabajan para eliminar los residuos en su sociedad, empoderando a las comunidades para que rediseñen su relación con los recursos, adopten estilos de vida más inteligentes y creen patrones de consumo sostenibles en línea con una economía circular (Zero Waste Europe, 2020). Esta red de la UE trabaja principalmente con ciudades grandes y pequeñas de toda Europa, tanto para proporcionar apoyo como para empujar a ciudades a adoptar nuevas políticas, tecnologías y estrategias que mejoren tanto la sostenibilidad como la gestión de residuos. Aunque *Zero Waste Europe* no es, ni mucho menos, el único movimiento europeo que hace hincapié en la sostenibilidad a través de la gestión de los residuos es uno de los más grandes e influyentes y fue el motor de nuestro primer estudio de caso, Capannori.

## 5. Los 3 *Smart City* casos

### 5.1 Introducción

La mejor manera de ver cómo puede aplicarse el concepto de *Smart City* a un escenario del mundo real es estudiar casos de lugares que han utilizado el concepto de *Smart City* en alguna medida para mejorar su propia ciudad con distintos grados de éxito. Para simplificar y concluir con mayor precisión el impacto de la iniciativa *Smart City*, este ensayo se centrará en un problema urbano concreto, la gestión de residuos, en el contexto geográfico de Europa, concretamente en los países de Italia y España. Si bien esto proporcionará un análisis detallado del concepto *Smart City* cuando se aplica a este contexto y problema urbano específico, es importante señalar que otros problemas urbanos en diferentes contextos probablemente se adaptarán y reaccionarán al concepto del *Smart City* de manera diferente. Es decir, el éxito de la aplicación de una solución de la *Smart City* en un lugar no significa que replicar esa misma solución y aplicarla en otra ciudad garantice también su éxito. Sin embargo, sigue existiendo un cruce significativo entre ciudades, ya que las ciudades más antiguas influyen e inspiran a las nuevas, por lo que sigue siendo importante ver cómo les ha ido a otras ciudades similares con determinadas soluciones tecnológicas. Las ciudades deberían tener en cuenta estas dos verdades opuestas a la hora de considerar cómo resolver determinados problemas urbanos. Esta dualidad, una vez reconocida, permite a las ciudades comprender las diferencias y similitudes entre su ciudad y otras, lo que ayuda a las ciudades a modificar y adaptar las soluciones de la *Smart City* a las necesidades y características únicas de su propia ciudad.

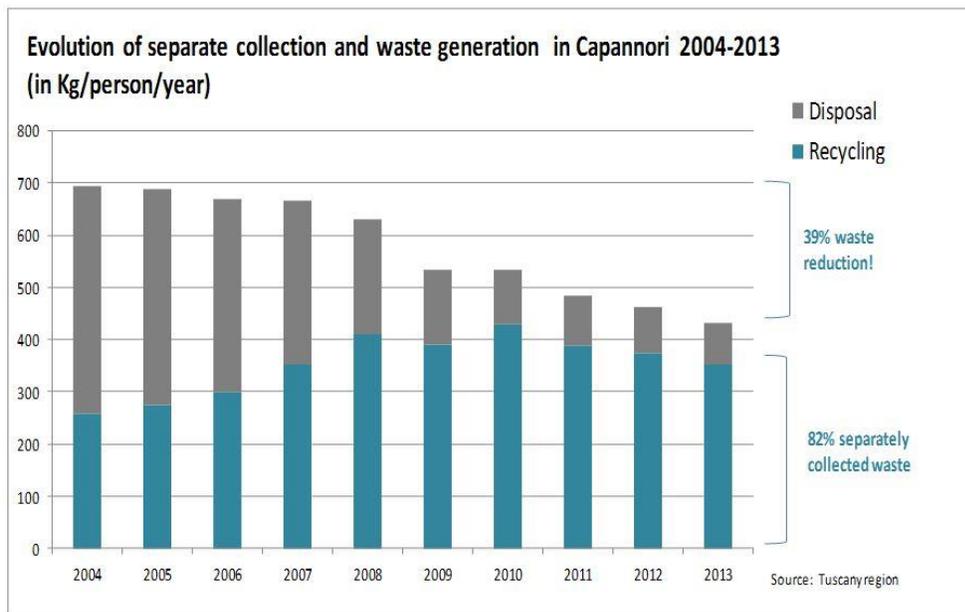
Dado que el problema urbano de este ensayo es la gestión de residuos, los tres casos que se analizarán a continuación han implementado soluciones de *Smart City* para resolver este problema concreto y se presentarán en este orden: Capannori en Italia y Gijón y Barcelona en España. Aunque los tres lugares son bastante parecidos gracias a sus contextos geográficos y políticos similares, difieren en varios aspectos que conviene destacar. La más importante de las diferencias es su distinto tamaño, economía, cultura, disposición urbana y demografía entre los residentes. Cada estudio de caso destacará estas diferencias y analizará su impacto e influencia en la sección de comparar y contrastar. Además de enumerar sus diferencias, los estudios de caso también ofrecerán un contexto y antecedentes exhaustivos de la ciudad y de cómo se

implementaron sus soluciones de Smart City para mejorar su gestión de residuos. A continuación, los estudios de caso analizarán el impacto y el éxito de estas soluciones, así como las razones de tales resultados.

## 5.2 Capannori

Capannori es una ciudad y comuna italiana de la provincia de Lucca, en el norte de la Toscana. Las 40 aldeas de Capannori están situadas en las tierras que antaño correspondían a los territorios orientales de la República de Lucca, y la mayoría de esas localidades se remontan a la época medieval. La región de la Toscana, conocida por ser una de las más ricas de Italia, según el ISPRA, es una de las que más residuos urbanos per cápita produce en el país en 2019 (Catasto Nazionale Rifiuti, 2021). En cuanto a la demografía de la ciudad, Capannori cuenta con una pequeña población de 46.542 residentes, según un censo de 2017, y han encontrado una tendencia positiva al alza en su crecimiento demográfico (Comuni Rifiuti Zero – Comitato di Garanzia Nazionale Zero Waste Italy, n.d.). La pequeña ciudad se caracteriza por tener una amplia población italiana de edad avanzada, ya que más del 63% de sus residentes son mayores de 65 años y más del 93% de sus residentes son de nacionalidad italiana (Capannori, Lucca, Tuscany, Italy, n.d.). Aunque esta pequeña ciudad y comuna italiana no es el estereotipo de ciudad que uno podría imaginar cuando una ciudad se considera a sí misma una *Smart City*, puede considerarse sin duda una *Smart City* cuando se reconocen los enormes avances que ha realizado para resolver el problema de la gestión de los residuos urbanos.

En 2007, se convirtió en pionera y líder, no solo en Italia sino en toda Europa, como la primera ciudad de Residuo Cero del continente. Desde 2007, los habitantes de Capannori han reducido sus residuos urbanos en un 30% en el marco de una estrategia de *Zero Waste*, que aboga por la eliminación de todos los residuos superfluos (todo lo que pueda reciclarse) para 2020 (Van Vliet, 2021). A continuación, puede ver este asombroso progreso de la ciudad, facilitado por la organización *Zero Waste Europe*.



(Van Vliet, 2021)

Este ascenso al liderazgo europeo en materia de reducción y gestión de residuos comenzó con un solo residente y su lucha contra un enorme problema que asolaba y ganaba terreno en Italia: la incineración de residuos. El impulso a la incineración de residuos se apoyaba en la perspectiva de que era mejor que los vertederos y producía energía que podía utilizarse posteriormente. La solución era "el menor de los males" y se consideraba una solución fácil para la creciente generación de residuos a la que se enfrentaba todo el norte de Italia. Sin embargo, esta "solución" era muy miope, ya que no tenía en cuenta que la incineración fomenta la generación de residuos, compite con el reciclaje, agrava el desafío de la sostenibilidad, provoca corrupción y libera emisiones tóxicas al tiempo que capta una mínima parte de la energía almacenada en los residuos (Van Vliet, 2018). Cuando parecía que la incineración se iba a convertir en una práctica habitual en Italia, Rossano Ercolini, un profesor de primaria, reconoció en 1997 los efectos potencialmente perjudiciales que la incineradora local prevista tendría en la salud de los residentes y en el paisaje de los alrededores de Capannori. Este residente local de Capannori se asoció con el Dr. Paul Connett, un experto mundial en incineración y *Zero Waste*, y juntos se dedicaron a convencer a los residentes locales del peligro potencial de erigir una incineradora en su comunidad (Van Vliet, 2018). El movimiento consiguió bloquear la construcción y pronto se extendió a otras tres comunidades amenazadas por la incineración en la región. Esta gran victoria fue la chispa que hizo que la ciudad de Capannori se tomara en serio la gestión de los residuos y aplicara soluciones innovadoras y tecnológicas que han convertido a la ciudad en uno de los

mejores ejemplos de la *Smart City* para que otras ciudades europeas se enfrenten al enorme problema de la gestión de los residuos.

A lo largo de la trayectoria de la ciudad, han podido alcanzar unos resultados espectaculares de 88,1% de separación de residuos y 54,46 kilogramos de residuos generados por persona al año en el año 2017 (Comuni Rifiuti Zero, n.d.). Estos resultados son aún más espectaculares si se tiene en cuenta que una persona media genera 0,74 kilogramos de residuos al día, lo que se traduce en unos 270 kilogramos al año (Trends in Solid Waste Management, 2019). Llegar a estas cifras ha requerido un duro trabajo y la aplicación de muchas soluciones inteligentes a lo largo de todo el proceso de generación de residuos. En colaboración con ASCIT, una empresa local de recogida de residuos, establecieron primero una recogida de residuos puerta a puerta que ha demostrado aumentar la separación de residuos y permitir una mayor flexibilidad en la logística de la recogida de residuos (Botti, Lucia et al., 2020). Sin embargo, estas ventajas añadidas tuvieron el coste de una organización logística más cualificada y detallada para facilitar estos componentes necesarios añadidos al nuevo proceso.

Como reacción a esto y para avanzar en su objetivo de reducir la generación de residuos y aumentar la separación de los mismos, en 2009 implantaron la tarifa de residuos *pay-as-you-throw*, en la que la frecuencia de recogida y el peso se medían a través de un microchip adosado a las bolsas de residuos grises cuya información se leía y transfería a los lectores equipados en los vehículos de recogida y luego se almacenaba instantáneamente en un servidor central y una base de datos (Van Vliet, 2018). Este sistema incluye 4 componentes: Las etiquetas RFID (situadas en las bolsas de residuos), la antena (situada en los vehículos de recogida), un sistema de control y una base de datos que, juntos, trabajan para utilizar la trazabilidad RFID para ser aún más inteligentes en su gestión de residuos. La lectura automática del microchip es esencial para agilizar el procedimiento de recogida realizado por el operador. No es necesaria la lectura manual del número de identificación, ya que la detección es automática y no es necesario modificar las operaciones de recogida. El lector detecta la etiqueta RFID que identifica al usuario y registra la información en un sistema de memoria que se procesa después. Gracias a este sistema de detección inteligente de la recogida, ASCIT puede mantener controlado el número de entregas anuales de residuos no reciclables realizadas por cada usuario, asignando la tarifa adecuada para el servicio de eliminación (Smart Waste | Microtest - Automatic Test Equipment,

n.d.). Esta inversión inicial en tecnología inteligente por parte de la ciudad permitió no incurrir en más costes variables y, de hecho, mejoró los costes, ya que esta nueva tarifa fomentó la separación adecuada de los residuos por parte de los residentes, permitiendo a los recolectores de basura realizar su trabajo de forma más eficiente. Sin embargo, el ahorro no se queda ahí, ya que la ciudad ya no envía la mayor parte de sus residuos a los costosos vertederos y cuenta con un flujo de ingresos procedente de la venta de materiales a las plantas de reciclaje, por lo que el sistema se ha vuelto económicamente autosuficiente, llegando a ahorrar al ayuntamiento de Capannori más de 2 millones de euros en 2009 (Van Vliet, 2018). Para impulsar esta iniciativa, el ayuntamiento ha acordado invertir estos ahorros en infraestructuras de reducción de residuos y en la reducción de las tarifas fijas de residuos para los residentes en un 20% (Maurano, 2021). Este importante ahorro también ha financiado la contratación adicional de 50 empleados de la ASCIT, lo que ha impulsado el empleo en la región.

Por último, pero no por ello menos importante, la ciudad de Capannori ha atribuido gran parte de su éxito en estas soluciones de *Smart City* y medidas de *Zero Waste* a su decisión desde el principio de involucrar a sus residentes tanto como fuera posible. Además de organizar reuniones en lugares públicos para recabar opiniones, a las que asistió el 46% de los residentes, la ciudad también distribuyó literatura sobre los cambios al 98,6% de sus residentes, formó a voluntarios para que respondieran a todas las preguntas pendientes de los residentes y distribuyó kits gratuitos de separación de residuos a todos los hogares con instrucciones claras y detalladas. Este intenso esfuerzo por informar y hacer participar a sus residentes no sólo contribuyó en gran medida al éxito de la implantación de estas nuevas soluciones, sino que también dio lugar a un índice de satisfacción muy elevado, del 94% (Van Vliet, 2018).

En definitiva, aunque la ciudad de Capannori es muy pequeña en tamaño y población, su enorme hazaña al implantar soluciones inteligentes con énfasis en la minimización de los residuos a través de la iniciativa *Zero Waste* es una historia de éxito que se ha convertido en un modelo a seguir para cualquier ciudad europea que desee tener este mismo éxito.

### 5.3 Gijón

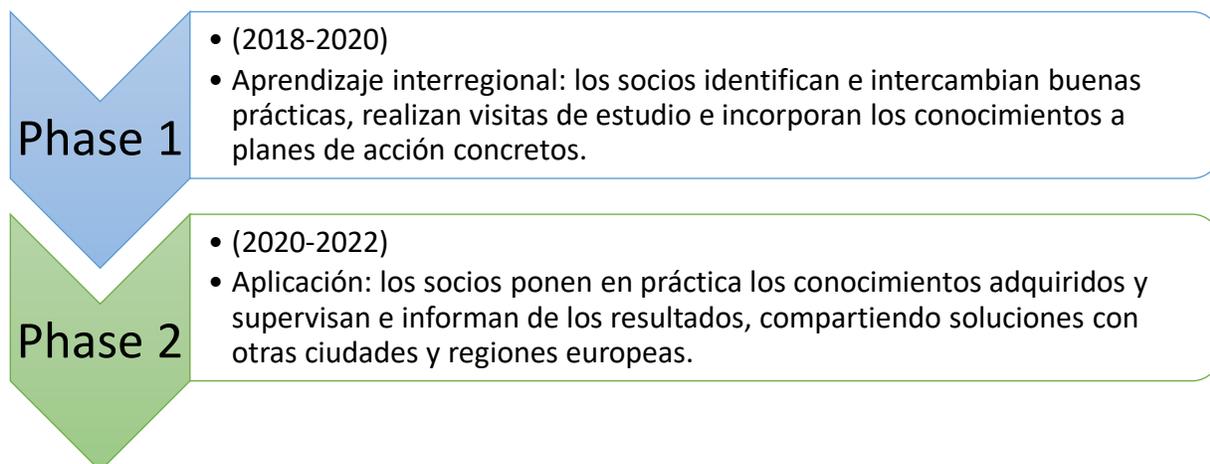
Nuestro siguiente caso práctico de la *Smart City* nos lleva al país de España, concretamente al norte de España, a lo largo de la costa, a la ciudad de Gijón (Xixón). Gijón es la ciudad más

grande, con una población de 271.717 habitantes, de la provincia de Asturias y la 15ª ciudad más grande de España en el año 2020 (INEbase / Demografía y población, 2020). Aunque su crecimiento demográfico ha ido disminuyendo lentamente en los últimos años, la ciudad sigue presentando en la actualidad unos niveles de densidad elevados, ya que el área urbana se extiende a lo largo de 27 km<sup>2</sup> y concentra el 93% de su población total (Labarrière, n.d.). La edad media de sus residentes se sitúa en torno a los 47 años y su población está compuesta por un 4,8% de extranjeros (Demographic statistics Region PRINCIPADO DE ASTURIAS, n.d.). Durante el siglo XX, Gijón se desarrolló como ciudad industrial en las industrias siderúrgica y naval. Sin embargo, debido al declive de la fabricación en estas industrias, Gijón está experimentando ahora una transformación en un importante centro turístico, universitario, comercial y de I+D (Gijon, n.d.).

En los últimos años, la ciudad se ha esforzado por modernizarse para adaptarse y competir con las ciudades modernas de todo el mundo. Este impulso se puede ver en 2019, ya que la ciudad recibió el título de Destino Turístico Inteligente, donde se le reconoció como destino de calidad, innovación, accesibilidad y sostenibilidad. El gobierno de la ciudad vio esta incorporación a esta red como un gran paso en la consolidación de Gijón como destino turístico de calidad y atractivo para los nuevos turistas ya que permitirá a la ciudad compartir información y trabajar conjuntamente con otros destinos, instituciones y empresas en el desarrollo de proyectos de digitalización y sostenibilidad (La ciudad se acredita como Destino Turístico Inteligente, n.d.). La ciudad también está involucrada en la Agenda Digital Europea, promoviendo la digitalización de los servicios públicos en una estrategia holística de *Smart City* con proyectos de renombre como la tarjeta ciudadana de Gijón, un servicio de la ciudad ampliamente utilizado y con altos niveles de adopción por parte de los residentes desde su implementación en 2002 (Gijon, n.d.).

Las formas en que Gijón ha implementado la tecnología y los procesos inteligentes son numerosas y un claro indicador de su determinación de convertirse en una *Smart City*. Aunque la lista de soluciones de *smart cities* es numerosa para esta ciudad en particular, este trabajo, como en el caso anterior, se centrará en cómo Gijón ha utilizado el concepto de la *Smart City* para mejorar su gestión de residuos.

Para abordar la gestión de sus residuos y mejorar sus sistemas a través de la tecnología inteligente, la ciudad de Gijón se ha aliado con EMULSA (Empresa Municipal de Servicios de Medio Ambiente Urbano de Gijón), una empresa local con sede en la ciudad. Esta asociación se dirigió entonces a su red de la UE, y a través de Interreg Europe, una organización de la UE que promueve la colaboración interregional entre sus miembros de la UE, la ciudad y EMULSA pudieron financiar el proyecto WINPOL (Sistemas y Políticas Inteligentes de Gestión de Residuos) con un presupuesto inicial total de unos 1,36 millones de euros. El objetivo general del proyecto es mejorar las políticas de gestión de residuos para, a continuación, fomentar y promover el uso de equipamientos y planificaciones inteligentes, lo que contribuiría significativamente a la minimización de los residuos en las ciudades y regiones europeas, mediante la mejora de los procedimientos de gestión y las campañas de sensibilización (WINPOL, n.d.). Como socio principal, Gijón y EMULSA trabajan con otros 8 socios de toda Europa para completar este proyecto, un proyecto que se ha organizado en 2 fases (Winpol Project, n.d.):



Como socio principal que ya ha establecido un alto nivel de calidad en su gestión de residuos, Gijón ha sido uno de los ejemplos principales para los demás socios. Sus principales éxitos en materia de gestión de residuos son el uso de tecnología inteligente para mejorar la eficiencia en la recogida de residuos y el uso creativo de su tarjeta ciudadana para acceder a determinados servicios de eliminación de residuos orientados a la reducción y la separación de los mismos, como los contenedores de residuos orgánicos y los puntos limpios para deshacerse de los residuos irregulares que necesitan un tratamiento especial de eliminación (Vázquez, 2015).

Para mejorar la eficiencia de la recogida de residuos y, a su vez, aumentar la cobertura de sus zonas rurales, la ciudad y EMULSA fundaron su programa Conducción Eficiente. Este programa fue fundado en mayo de 2014 con la instalación de un localizador en cada vehículo de recolección de residuos para monitorear y analizar las rutas tomadas para luego guiar al conductor a tomar viajes más cortos que luego consumirían menos combustible. Esta solución inteligente utiliza un sistema común conocido como SAE (sistema de ayuda de explotación) que utiliza un localizador GPS, un procesador a bordo o en la nube y un sistema de comunicaciones que transmite la posición del vehículo en tiempo real a un centro de control. Esta información se procesa en el centro de control donde, a través de una consola de operador, se pueden tomar decisiones sobre las acciones del vehículo. Esta mejora ha permitido a la ciudad aumentar enormemente su eficiencia en la recogida de residuos, donde pudo, en 2014-2015, disminuir su número de viajes en 1.556, conducir 62.240 km menos, ahorrar 41.698 litros de combustible y producir 40,27 toneladas menos de CO<sub>2</sub> (Vázquez, 2015). Con el ahorro de tiempo y costes, el municipio pudo aumentar su presencia y recogida en zonas más rurales de la ciudad, lo que le permitió aumentar su recogida selectiva de residuos.

Como forma de promover y recompensar a sus residentes que participan más en el reciclaje, la separación de residuos y la eliminación adecuada de los residuos únicos, la ciudad utilizó su tarjeta ciudadana como herramienta inteligente para el seguimiento, control y supervisión de determinados puntos de residuos que tienen por objeto promover estas acciones sostenibles. La tarjeta ciudadana se utiliza para dos programas principales: los contenedores centrales de residuos y los puntos limpios. Para mejorar la separación de residuos y controlar los hábitos de eliminación de residuos de sus residentes, la ciudad introdujo dos nuevos contenedores de residuos en 2015 y 2019, uno para los residuos orgánicos y otro para los residuales. Lo que hace que estos contenedores sean especiales es que están equipados con cerraduras electrónicas y lectores de tarjetas. Esto obliga a los usuarios a utilizar su tarjeta ciudadana (la misma que se utiliza en el transporte público, las bibliotecas públicas, las instalaciones deportivas públicas, etc.) para abrir el contenedor y depositar sus residuos (de forma gratuita para los contenedores orgánicos). La cerradura guarda la ubicación, el día, la hora y el código del usuario que ha utilizado el contenedor, este sistema también requiere una antena RFID y una tableta a bordo de los vehículos de recogida para luego poder enviar los datos guardados en las cerraduras al servidor (De Lucas, n.d.).



Gijón residente usando su tarjeta ciudadana para acceder a un contenedor de residuos orgánicos (Pañeda, 2020)

Los resultados recientes de estos dos programas encontraron varios impactos positivos, como un alto nivel de pureza en el contenido de los contenedores de residuos orgánicos, bajos índices de vandalismo, tendencias encontradas en los depósitos de residuos que luego mejoraron la eficiencia en su recolección y un aumento en la separación de residuos del 10% al 50% (este éxito también se debió a una combinación de otras medidas implementadas por la ciudad). Sin embargo, también hubo algunas dificultades, entre las que se incluyen el coste de mantenimiento de los cierres (baterías) y el sabotaje de los cierres por parte de algunos residentes (De Lucas, n.d.). En general, este programa de la ciudad ha sido considerado un éxito y la ciudad espera seguir ampliando el programa en el futuro.

Otra forma en que la ciudad utiliza su tarjeta ciudadana para mejorar la gestión de sus residuos es a través de su programa de puntos limpios. En la actualidad existen 4 puntos limpios en Gijón en las que se pueden depositar residuos especiales que, por sus características (gran tamaño, peso) o composición (potencialmente tóxicos, inflamables, etc.), deben ser segregados del resto de los residuos domésticos para luego recibir un tratamiento especial con el fin de reciclarlos adecuadamente y evitar problemas en su tratamiento (COGERSA - Puntos limpios, 2011). Para incentivar el uso de estos puntos, la ciudad ha permitido que una determinada cantidad de ciertos tipos de residuos, tanto para los residentes como para las empresas, sea gratuita, y esta cantidad se controla mediante la tarjeta ciudadana. La tarjeta se utiliza tanto para controlar el acceso a los

puntos limpios como para registrar la cantidad y el tipo de residuos que se desechan por un residente o empresa (EMULSA mejora su red de Puntos Limpios, n.d.).



Este sistema de información implantado en 2010 permite a la ciudad y a EMULSA hacer un seguimiento más preciso de los hábitos de sus residentes para mejorar este servicio en el futuro. En 2014 recibió más de 13.990 toneladas de residuos colectivamente de sus 4 puntos limpios y vio un aumento significativo en su recogida de residuos selectivos y especiales con, entonces, una reducción del 22% en los residuos mixtos y un aumento del 14,42% al 22,47% en su tasa de reciclaje (Vázquez, 2015).

A través del proyecto WINPOL, Gijón se ha comprometido recientemente a seguir mejorando su gestión de residuos en los próximos años gracias a las lecciones aprendidas a través de la red del proyecto. Algunos de estos compromisos incluyen la implantación de un sistema piloto de pago por tirar y el uso de un rodillo compactador de residuos (WINPOL's changes in Gijón, 2020). Un socio principal y pionero en la aplicación de soluciones *Smart City* en su gestión de residuos, Gijón trabajó con una empresa local y proactiva, EMULSA, no solo para mejorar su propia gestión de residuos mediante la utilización de la tecnología, sino para compartir sus éxitos y desafíos con otras ciudades europeas a través de la iniciativa WINPOL.

#### 5.4 Barcelona

Nuestro tercer y último estudio de caso será sobre la popular e histórica ciudad de Barcelona, en España. Como capital de Cataluña, la ciudad costera tiene más de 1,6 millones de habitantes y una superficie de 99,11 km<sup>2</sup>. Desde el punto de vista demográfico, el 60% de los habitantes de Barcelona tienen entre 18 y 64 años y casi el 20% de sus residentes son de la UE o de fuera de

ella (Barcelona - Population Statistics, 2020). La ciudad es conocida como uno de los mejores destinos turísticos para los viajeros. En 2018, Barcelona se situó en el puesto 17 de las ciudades más visitadas por los turistas internacionales en el mundo y en el 8º de los destinos urbanos europeos. En ese mismo año, el gasto de los visitantes internacionales en Barcelona alcanzó los 7,86 billones de dólares estadounidenses, lo que la situó entre las 20 ciudades más importantes del mundo (Diaz, 2021). Aunque el turismo contribuye en gran medida a la economía de Barcelona, la ciudad se ha esforzado por diversificar su economía para evitar la excesiva dependencia de una sola industria. En este impulso, la ciudad ha sido capaz de desarrollar sus industrias de transporte, manufactura y tecnología y ahora es considerada por la consultora EY como la quinta ciudad europea más atractiva para los inversores extranjeros (Kottasová, 2017). A medida que la ciudad sigue compitiendo en la escena mundial, se ha centrado en innovar y modernizarse. Este camino ha convertido a la ciudad en una de las *smart cities* más ejemplares, ya que ha aparecido en muchos índices conocidos, como el *Smart City Index* (IMD World Competitiveness Center, 2021).

Como destino turístico con una creciente población residencial, la gestión de los residuos ha sido un problema urbano en el que Barcelona ha trabajado constantemente para mejorar. A lo largo de su historia reciente, la ciudad ha dado dos grandes pasos en la mejora de su sistema de gestión de residuos urbanos, uno a principios de la década de 2000 al reorganizar la forma en que delega su gestión de residuos y otro en 2019 a través del programa PREMETS25 que situó oficialmente la sostenibilidad como objetivo principal de su gestión de residuos urbanos. Hacia finales de los años 90, el rendimiento del servicio de recogida de residuos sólidos en la ciudad de Barcelona se tambaleaba. Aunque la población disminuía, la cantidad de residuos sólidos aumentaba entre los años 1998 y 2000, ya que los residuos recogidos en kilos por habitante aumentaban un 7,4%. La mala prestación del servicio suscitaba las quejas de los habitantes de la ciudad, y la mejora de la calidad era escasa y se quedaba atrás respecto a otras ciudades de la provincia de Barcelona. Aunque el porcentaje de reciclaje era mayor en la ciudad de Barcelona en comparación con el área metropolitana y la provincia en 1998, en el año 2000 el porcentaje de reciclaje en la ciudad de Barcelona era inferior al de otras ciudades de la provincia. Según la información facilitada en los informes anuales sobre servicios medioambientales del Ayuntamiento de Barcelona, el porcentaje de residuos separados (destinados a ser reciclados) era del 8% en 1998 y sólo había aumentado hasta el 12% en 2000 (Bel and Warner, 2009). En el año 2000, el Ayuntamiento de

Barcelona dividió la ciudad en cuatro distritos para fomentar la competencia entre los recolectores privados de residuos. Mientras que las ciudades más pequeñas pueden no tener la fuerza necesaria para aplicar esta medida, Barcelona tiene una escala lo suficientemente grande como para atraer la competencia entre las empresas privadas, y mediante este nuevo sistema pudieron atraer y llegar a un acuerdo con tres empresas privadas, FCC, Ferrovial-CESPA y ACS-Urbaser. Barcelona fue capaz de diseñar la competencia y utilizarla para mejorar el rendimiento, la sostenibilidad (más reciclaje y menos eliminación) y para estimular la innovación y el avance tecnológico (Bel and Warner, 2009).

El AMB (Área Metropolitana de Barcelona) ha querido reactivar recientemente su gestión de los residuos, ya que ha visto un estancamiento en muchos ámbitos de su sistema, uno de ellos es su tasa de recogida selectiva, que se sitúa actualmente en torno al 35%, habiendo alcanzado su máximo en 2010 con un 37,3%. Para el vicepresidente de Medio Ambiente del AMB, Eloi Badia

«el modelo actual, basado en contenedores abiertos las 24 horas del día, ha llegado a su límite. Desde el AMB pretendemos liderar un verdadero pacto de sociedad que implique a todos los poderes públicos, a la industria, al comercio y a los ciudadanos, y buscamos hacerlo desde una perspectiva municipal» (Futureviro, 2019).

En febrero de 2019 se firmó el acuerdo metropolitano por el residuo cero (PREMET25) entre el AMB, el gobierno de Cataluña y los 36 municipios metropolitanos para impulsar una estrategia conjunta de gestión de residuos municipales que luego se implementará en el año 2025. El objetivo final de este programa es cumplir con los objetivos de la UE en cuanto a las tasas de reciclaje del 55% en 2025 y del 60% en 2030 (Futureviro, 2019).

El principal método que implementarán los ayuntamientos tanto para aumentar las tasas de reciclaje como las de recogida selectiva es el sistema de recogida puerta a puerta, que ha demostrado ser un éxito en el barrio antiguo de Sarrià en Barcelona. Desde 2018, el año en que se implantó el programa, las tasas de recogida selectiva han superado el 55% y con índices muy bajos de impurezas entre lo recogido (Recogida 'Puerta a puerta' en Sarrià, n.d.). Este sistema no solo proporciona un impacto medioambiental positivo, sino que también repercutirá directamente en la calidad de los espacios públicos, con espacios más limpios, mejor calidad del aire y menos ruido, ya que disminuirá el número de días de recogida de residuos y se introducirán nuevos

cubos de basura más pequeños con tapa (Sarrià becomes the first neighbourhood to offer door-to-door waste collection, 2017). Sin embargo, la ciudad reconoce que este sistema de recogida individual puede no ser el más eficiente o adecuado para otras partes de la ciudad. Para las zonas en las que los patrones de eliminación son variados, la ausencia de olores es una gran ventaja, los camiones de recogida de basura son molestos y cuando es necesario mantener la zona visualmente atractiva, los contenedores de basura neumáticos son la forma más atractiva de contenedor (62 new pneumatic waste containers, 2015). Existen dos sistemas dependiendo del lugar donde se realice la aspiración: recogida neumática móvil (un camión aspira desde puntos fijos) o recogida neumática fija (la aspiración se realiza mediante plantas) (ver gráfico 2 en apéndice). El distrito de Sant Martí es uno de los que ha implantado este tipo de contenedor, ya que las numerosas ventajas de los contenedores neumáticos de residuos serían muy apreciadas al tratarse de una zona muy turística y céntrica de la ciudad.

Una innovación más reciente que aborda el problema de los centros de recogida centralizados que ocupan un espacio que, para una ciudad como Barcelona es una gran pérdida, es el sistema de contenedores móviles de recogida selectiva cuya prueba piloto se ha realizado en el barrio del Bon Pastor (Plataformes mòbils de contenidors de Recollida Selectiva al Bon Pastor, n.d.). Los contenedores móviles de recogida se instalan en una ubicación habitual dos veces al día durante unas horas, lo que no sólo libera el espacio público durante gran parte del día, sino que también proporciona contenedores centrales más cercanos a sus residentes, reduce el ruido al ser los camiones eléctricos, y se ha demostrado que aumenta las tasas de recogida selectiva de residuos (del 30% al 61%) y aumenta las tasas de reciclaje (Ayuntamiento de Barcelona, n.d.).

Además de mejorar y adaptar sus sistemas de recogida de residuos, Barcelona también ha buscado la forma de incentivar a sus residentes para que adopten hábitos más sostenibles. Una de las iniciativas en este sentido es la tarjeta de usuario del punto verde, con la que un residente puede obtener un doble descuento en las tasas relacionadas con los residuos, hasta un 14% en la tasa de recogida de residuos municipales de los domicilios particulares y hasta un 14% en la tasa de tratamiento de residuos metropolitanos (TMTR). Ambas tasas están incluidas y se pagan como parte de la factura del agua. Cada vez que un residente acude a un punto verde y presenta su tarjeta al personal de atención al usuario, la visita se registra y procesa automáticamente, de modo que cuanto más se acuda, mayor será la reducción. Estos puntos verdes están repartidos

por la periferia de la ciudad y recogen los residuos que no pueden depositarse en los contenedores de recogida tradicionales. Con el tiempo, la ciudad también ha establecido puntos verdes móviles para que la eliminación de artículos irregulares sea aún más cómoda para sus residentes y empresas (Green Points Network, n.d.).

Al ser una ciudad grande con un conjunto diverso de demandas únicas, Barcelona ha sido capaz de implementar soluciones adaptadas e inteligentes para su gestión de residuos. Aunque no se ha indicado explícitamente, cada programa mencionado anteriormente utiliza en cierta medida la tecnología IoT y otras tecnologías inteligentes para recopilar grandes cantidades de datos que permitan supervisar el éxito de un programa y reaccionar rápidamente ante cualquier queja o ajuste necesario para mejorar la eficiencia. A lo largo de la implementación de estos programas y sistemas, el AMB y el Ayuntamiento de Barcelona se han asegurado constantemente de que se escuche la voz del público y de que se le apoye e informe durante todo el periodo de pruebas. La mejor muestra de este esfuerzo de toda la ciudad son las numerosas campañas de concienciación pública que organiza para sus residentes en relación con los nuevos proyectos (Household waste collection, n.d.). En general, lo más *smart* de la gestión municipal de residuos de Barcelona no es su aplicación de tecnología inteligente, sino su capacidad para coordinar, adaptar y confeccionar sistemas innovadores para abordar algunos de los problemas más singulares y graves de la ciudad en materia de residuos urbanos.

## 5.5 Comparar y Contrastar

Ya que los casos son completados y analizados, es importante comparar y contrastar las similitudes y diferencias entre las ciudades de Cappanori, Gijón y Barcelona, para poder valorar mejor cómo las diferencias de una ciudad pueden influir en sus soluciones y cómo sus similitudes pueden sacar a la luz las posibles acciones que otras ciudades pueden llevar a cabo para convertirse en una *Smart City*. Para empezar, repasaremos las principales diferencias que influyen en gran medida en la forma en que una ciudad implementa soluciones inteligentes en su sistema de gestión de residuos y, posteriormente, repasaremos las similitudes generales que permiten un cierto cruce entre las soluciones de *Smart City* que han implementado.

La diferencia más clara entre las tres ciudades es su nacionalidad, ya que las dos ciudades de Gijón y Barcelona están situadas en España y Cappanori en Italia. Las dos ciudades españolas

tienen soluciones de gestión de residuos más parecidas a las de su homóloga italiana. Por ejemplo, tanto Gijón como Barcelona utilizan una tarjeta ciudadana para incentivar, regular y supervisar los hábitos de los residentes en materia de residuos y es una tecnología inteligente en la que España, como país, ha estado a la vanguardia y que la UE considera un modelo a seguir para la futura implantación en la UE (Gascón, 2020). La nacionalidad de una ciudad puede tener un gran impacto en la forma de gestionar sus residuos, ya que es natural que una ciudad se comunique y comparta sus propias experiencias entre otras ciudades del país con mayor frecuencia. Algunas de las razones por las que esto ocurre son el idioma compartido, las leyes y la cultura compartidas. Otra diferencia sustancial entre las tres es su tamaño y densidad, con un orden de menor a mayor con Cappanori, Gijón y luego Barcelona. El tamaño y la densidad de la ciudad repercutirán en sus limitaciones y en sus planteamientos sobre el funcionamiento de la gestión de los residuos urbanos. Por ejemplo, Cappanori, con relativamente pocos residentes y una distribución predominantemente suburbana, ha implementado únicamente la recogida puerta a puerta, mientras que tanto Gijón como Barcelona han implementado contenedores comunales separados como parte de su servicio de recogida de residuos debido a su mayor tamaño y densidad. Mientras que los contenedores comunales separados de Barcelona son una gran parte de su servicio de recogida, también ha implementado otros estilos de recogida, como el puerta a puerta y los contenedores neumáticos, ya que la enorme ciudad tiene que considerar su diverso grupo de barrios. Otra razón por la que Barcelona ha implantado tantos modelos diferentes de soluciones de recogida inteligente en comparación con las otras dos ciudades se debe en parte a que el turismo contribuye de forma significativa a su economía. Esto da lugar a problemas únicos a los que la ciudad de Cappanori no se enfrenta y a los que la ciudad de Gijón se enfrenta en un grado significativamente menor. La última diferencia notable es su poder de financiación y los métodos con los que financian sus presupuestos para la gestión de residuos. En el caso de Cappanori y Gijón, ciudades más pequeñas y con menor poder de negociación, gran parte de su financiación, especialmente en sus intentos individuales de alcanzar el nivel de residuos cero, procede de la UE a través de organizaciones como *Zero Waste Europe* y proyectos como WINPOL. En el caso de Barcelona, su robusta economía y su capacidad de ejercer su poder de negociación para fomentar la competencia y, por tanto, reducir los costes, les permite financiar una gran parte de su presupuesto de gestión de residuos de forma independiente. Su autosuficiencia y su amplio presupuesto otorgan a la ciudad mucha más libertad en los proyectos

e iniciativas que emprende, lo que puede verse en los diversos proyectos singulares de gestión de residuos mencionados en su estudio de caso.

Aunque cada ciudad tiene sus diferencias únicas, también es típico que las ciudades compartan similitudes que podrían, si se entienden y analizan correctamente, proporcionar una mayor certeza de éxito en su intento de convertirse en una *Smart City*. Si bien los tres casos de estudio tienen sus diferencias, también comparten similitudes que conducen a acciones similares para mejorar sus sistemas municipales de gestión de residuos. Por ejemplo, las tres ciudades han implementado tecnologías similares, principalmente la tecnología *IoT*, para ayudar a gestionar sus sistemas de residuos. Como orgullosas *smart cities*, las 3 ciudades han utilizado tecnologías similares para mejorar su gestión de residuos, sin embargo, la forma en que han implementado la tecnología es lo que difiere entre las 3 gracias a sus diferencias. Otra similitud es la forma en que colaboran con empresas privadas para proporcionar una recogida y eliminación de residuos eficiente a sus residentes. Las tres ciudades trabajan en algún tipo de asociación público-privada para proporcionar a sus residentes un servicio eficiente y a la vez personalizado. Trabajar con empresas privadas tiene varias ventajas, como el acceso a la financiación, a las personas y a las competencias, la transferencia de riesgos, las oportunidades de inversión y el desarrollo de las empresas locales (The five key advantages of public –private partnerships, 2015). Mientras que Cappanori y Gijón trabajan con empresas locales individuales, Barcelona trabaja con un mayor número de corporaciones nacionales. La razón principal de esto es la gran demanda de Barcelona, que hace que una empresa más grande y con más infraestructura sea más adecuada, ya que puede manejar la mayor cantidad de trabajo necesario para mantener la gestión de residuos de la ciudad en funcionamiento. Además, Barcelona puede utilizar su gran poder de negociación para asegurarse de que los costes se mantienen bajos y de que sus objetivos se ajustan a la forma en que las empresas operan en la ciudad. Otra similitud significativa entre los casos estudiados es que todos forman parte de la UE. Esta unión común puede ejemplificarse bien en su objetivo general de *zero waste*. Las tres ciudades, de una forma u otra, están trabajando para asegurarse de que se aplica un enfoque de *zero waste* desde su generación de residuos hasta su eliminación. El movimiento de residuo cero está encabezado por la organización *Zero Waste Europe*, en la que participan tanto Cappanori como Barcelona, y Gijón tiene una participación indirecta al encabezar el proyecto WINPOL, de menor tamaño, que también se centra en la aplicación de políticas de residuo cero. El impulso de cada ciudad para

ser más *zero waste* se debe en parte al hecho de que la UE, como órgano de gobierno, ha establecido recientemente políticas para incentivar a las ciudades europeas a adoptar este enfoque y a comunicarse entre sí sobre sus éxitos y fracasos pasados para una mayor colaboración *zero waste*.

Como se ha explicado anteriormente, las tres *smart cities* tienen diferencias únicas y oportunas similitudes que confluyen en diversas soluciones inteligentes de gestión de residuos urbanos que, en general, son similares pero que, cuando se analizan más de cerca, poseen aspectos distintos que se adaptan mejor a las necesidades únicas de la ciudad. Ser consciente de estas similitudes y diferencias es necesario para entender cómo una ciudad podría abordar un problema utilizando soluciones inteligentes nuevas y antiguas con la esperanza de mejorar sus *smart* cualidades.

## 6. El futuro para *Smart Cities*

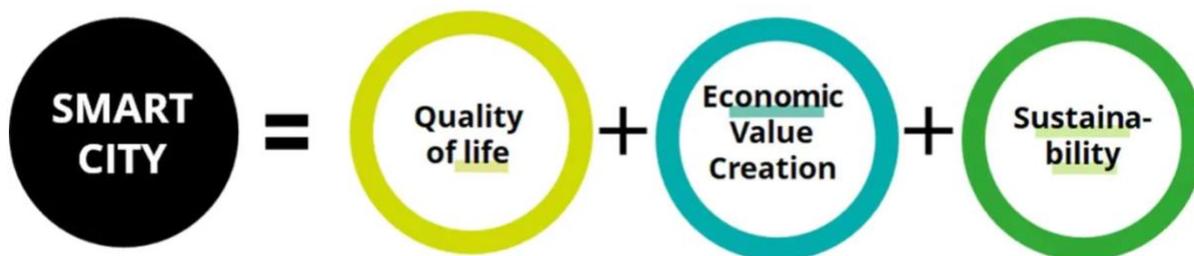
Desde principios de los años 90, el concepto de la *Smart City* ha avanzado y evolucionado desde una mera tendencia hasta una necesidad para cualquier ciudad que quiera modernizarse y mejorarse. A medida que el mundo cambia y que más y más ciudades siguen adoptando este concepto, su definición y significado han evolucionado y sin duda seguirán avanzando en el futuro. Con la esperanza de comprender las tendencias y los problemas futuros de las *smart cities*, esta sección analizará en primer lugar el futuro de la gestión de los residuos urbanos y, a continuación, tomará una perspectiva más amplia para ver el futuro general de las *smart cities* y las nuevas oportunidades y la trayectoria del concepto.

Como uno de los problemas urbanos más antiguos que han tenido que abordar las *smart cities*, las soluciones de gestión de residuos han evolucionado desde la aplicación de tecnología básica para mejorar su sistema de eliminación de residuos hasta un enfoque más holístico que se dirige a los procesos iniciales de la gestión de residuos. A través de los estudios de caso, se puede observar en las tres ciudades el paso de soluciones centradas en la tecnología a soluciones más holísticas que incluye tanto tecnología como políticas progresistas. En cuanto a la tecnología, la mayor oportunidad para la gestión inteligente de los residuos es la integración de la tecnología de IA (Fayomi, 2020). La inteligencia artificial como una nueva tecnología para la gestión de residuos es una idea bastante nueva que aún no se ha comprobado lo suficiente en el mundo real, pero su potencial es extremadamente prometedor para las *smart cities*. A medida que las *smart cities* siguen implantando tecnologías que recopilan grandes cantidades de datos, la necesidad de un análisis más rápido y una mejor comprensión se hace más acuciante y un problema que IA podría resolver. La integración de la IA podría utilizar tanto el aprendizaje automático como el aprendizaje profundo para lograr una mejor comprensión de la gestión de los residuos y proporcionar un mejor análisis para adoptar futuras estrategias. El aprendizaje automático implica el aprendizaje sin ser programado explícitamente mediante el entrenamiento del sistema con un conjunto de datos de entrenamiento. Los algoritmos de aprendizaje automático tienen la capacidad de entrenar utilizando conjuntos de datos adquiridos a partir de las diversas tecnologías utilizadas a lo largo de los distintos procesos de gestión de residuos, como la tecnología espacial (GPS), la tecnología de adquisición de datos (sensores) y la tecnología de identificación (RFID). Con la ayuda de la IA, se garantiza un análisis más crítico de los datos de

los residuos en poco tiempo y con el mejor resultado posible, lo que garantiza unas mejores soluciones de gestión de residuos en el futuro (Fayomi, 2020).

Por el lado de la política, el movimiento que está impulsando muchos de los nuevos programas de residuos es el de la sostenibilidad. En los tres casos, muchas de las nuevas políticas de residuos se centran en la reducción de la generación de residuos y en la aplicación de incentivos para eliminar los residuos de forma más sostenible. La mayoría de las políticas que afectan a los residentes están orientadas a fomentar hábitos más ecológicos a través de programas como el pago por tirar o la reducción de tasas para incentivar las acciones sostenibles. En lugar de limitarse a implantar tecnologías y mejorar los sistemas internamente para que sean más sostenibles, los gobiernos municipales también buscan que sus ciudadanos adquieran hábitos sostenibles en relación con los residuos.

Si observamos el futuro global de las *smart cities*, nos damos cuenta de que el concepto ha crecido hasta significar mucho más que la pura aplicación de tecnología a los sistemas urbanos básicos con la esperanza de lograr una mayor eficiencia. El concepto ha crecido hasta abarcar un enfoque más holístico que se centra en las personas e incentiva su participación. Con el tiempo, las *smart cities* se han dado cuenta de que, para que la tecnología se adopte con éxito, es crucial tener un enfoque humano constante, ya que el objetivo final de cualquier proyecto de una *Smart City* debe ser mejorar la calidad de vida de los residentes de la ciudad (Beckmann, 2020). Para Deloitte, el futuro de las *smart cities* puede resumirse en una sencilla ecuación que se expone a continuación (Antunes, 2020).



Las *smart cities* deben centrarse en estos tres elementos diferenciadores para poder marcar una diferencia positiva para sus residentes en esta época moderna. Para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, las *smart cities* deben centrarse en los datos y la tecnología digital, como la

integración de la IA. Para crear valor económico, una *Smart City* debe aplicar incentivos y proporcionar un entorno que favorezca una economía urbana activa y saludable. Por último, hay que tener en cuenta la sostenibilidad para promover la salud y el crecimiento a largo plazo de todos sus residentes, ya que la crisis climática es un problema cada vez mayor. Como se puede ver, el impulso de la integración de la IA y la creciente tracción del movimiento de la sostenibilidad no se detiene en la gestión de los residuos en las ciudades, sino que va más allá y abarca casi todas las partes de la gestión urbana y, con el tiempo, se ha convertido en un pilar que las ciudades deben tener en cuenta en todas sus acciones actuales y futuras.

Uno de los mayores retos recientes para todas las ciudades es la crisis del Covid-19. Antes se consideraba que la alta densidad era una de las principales ventajas de vivir en una ciudad, sin embargo, se ha convertido rápidamente en una enorme desventaja al convertirse las ciudades en epicentros del virus. Sin embargo, las ciudades más preparadas resultaron ser las *smart cities*, que utilizaron los datos y la tecnología actual para lograr un seguimiento y una vigilancia más eficaz. Por ejemplo, en Chicago la ciudad utilizó datos anónimos de teléfonos móviles para analizar los patrones de viaje y rastrear si la gente se autoaislaba. Mientras que los gobiernos de China, Corea del Sur y Oriente Medio utilizaron los datos de los teléfonos inteligentes para rastrear a las personas infectadas por el virus y trazar un mapa de sus contactos (2020 Annual Review - COVID-19 could help fast-track support for *smart cities*, 2020). Incluso con la pandemia, lo más probable es que las ciudades sean el hogar de muchos. Por ello, las *smart cities* deben aprender de este impactante acontecimiento para estar preparadas para el futuro y lo que pueda deparar. La salud y la seguridad de los residentes es el principal problema urbano sacado a la luz durante la pandemia y su importancia es algo a lo que las *smart cities* deberían prestar más atención. La gestión de los residuos es una de las muchas áreas en las que las *smart cities* deben centrarse para mejorar la salud de sus residentes, especialmente porque se sabe que los centros urbanos crean importantes problemas de salud debido a cuestiones como la contaminación del aire y la baja calidad del suministro de agua (Kuddus, McBryde and Tynan, 2020). La creación de soluciones inteligentes orientadas a mejorar la salud de los ciudadanos no sólo ayuda a evitar crisis importantes como la pandemia de covid-19, sino que también mejora la calidad de vida cotidiana de los residentes.

Al principio, la pandemia puso en duda la viabilidad de la vida en la ciudad; sin embargo, a medida que nos alejamos del punto álgido de la pandemia, la cuestión no es si las ciudades podrán sobrevivir como forma de vida, sino cómo pueden adaptarse a la nueva normalidad para seguir creciendo y prosperando como lo han hecho antes de la llegada del virus. El concepto de *smart cities* muestra una dirección prometedora para muchas ciudades, ya que proporcionaría las herramientas para que las ciudades se adapten y funcionen en los tiempos más turbulentos. Como ya se ha dicho, el concepto de *smart cities* también se ha modificado para incluir el movimiento de la sostenibilidad y recientemente ha contemplado la integración de la IA como una nueva tecnología para avanzar en su compromiso de mejorar la vida urbana de los ciudadanos. De ser una idea pequeña pero emocionante a finales de los años 90, el concepto de *smart cities* ha evolucionado hasta convertirse en un término sinónimo de ciudades de éxito. Sin embargo, las *smart cities* de hoy en día tendrán que seguir adaptándose, mejorando y escuchando a sus habitantes para mantener su éxito en los próximos años.

## 7. Conclusión

El ámbito urbano sigue expandiéndose y recibiendo cada vez más gente, ya que sus ventajas sociales y productivas son cada vez más accesibles para un mayor número de personas. Esta avalancha ha obligado a las ciudades modernas a adaptarse rápidamente para poder ofrecer una calidad de vida positiva tanto a sus nuevos residentes como a los actuales. A medida que aumenta el número de personas que se trasladan a las ciudades, los problemas urbanos se han ampliado aún más y ahora exigen sistemas más complejos para poder ser manejados con eficacia. El concepto de la *Smart City* es una clara reacción a este cambio. En sus primeros años, el concepto buscaba la integración de la tecnología para crear soluciones inteligentes que funcionaran para mejorar la vida de sus habitantes. Con el paso del tiempo, el concepto se ha puesto de moda, ya que muchas ciudades modernas y florecientes se consideran ahora con orgullo como *smart cities* y, por lo tanto, suponen un modelo a seguir para otros centros urbanos. A medida que el concepto fue evolucionando, no se limitó a la integración de la tecnología con el análisis cuantitativo. Ahora también utiliza las herramientas más subjetivas, cualitativas y políticas para ayudar a respaldar los objetivos de su *Smart City*. Una *Smart City* debe centrar su atención en cuatro grandes grupos de interés: el gobierno, sus residentes, las empresas y el medio ambiente. Las tres primeras partes interesadas no sólo se ven afectadas por las acciones de la *Smart City*, sino que también pueden influir activamente en esas mismas acciones. Las tres partes interesadas tienden a asumir uno de los tres papeles de Impulsor, Realizador y Recibidor durante el proceso de implementación de una solución inteligente, pero para las mejores soluciones es importante que cada parte interesada asuma los tres papeles en algún grado.

Aunque el concepto de *Smart City* aborda muchos otros problemas urbanos, uno de los más antiguos y acuciantes para cualquier ciudad es la gestión de sus residuos. La gestión de los residuos sólidos puede definirse a través de cinco procesos: generación de residuos, recogida de residuos, transporte de residuos, tratamiento de residuos y eliminación de residuos. En un principio, las *smart cities* abordarían el problema de los residuos urbanos aplicando soluciones inteligentes que abordaran los cuatro últimos procesos. Sin embargo, a medida que la sostenibilidad se convierte en una cuestión más urgente, las soluciones se han centrado en el proceso de generación de residuos y en el uso de políticas para reducir los crecientes niveles de generación de residuos.

En los tres estudios de caso, cada ciudad utilizó políticas creativas para incentivar hábitos sostenibles e implementó nuevas tecnologías a sus sistemas de gestión de residuos para mejorar la eficiencia. Nuestra primera y más pequeña ciudad es Capannori, situada en Italia, que ha combinado soluciones inteligentes con políticas de residuo cero para mejorar con éxito su gestión de residuos. Aunque es pequeña, la ciudad se ha convertido en el principal ejemplo de una *Smart City* para la organización *Zero Waste Europe* y sigue mejorando e inspirando a otras ciudades europeas para que sigan sus pasos. Nuestra segunda ciudad es Gijón, situada en España, cuya mayor densidad y tamaño la han obligado a adoptar diferentes soluciones inteligentes y políticas de sostenibilidad. En asociación con una empresa privada local, la ciudad encabeza el proyecto WINPOL, que establece una red con otras ciudades europeas similares para compartir nuevas políticas sostenibles y soluciones inteligentes con el respaldo de la UE. Como socio principal, Gijón ha compartido su éxito con sus tarjetas ciudadanas como forma de rastrear los hábitos de los residentes en materia de residuos y su éxito con el uso de GPS y tecnología de sensores para mejorar su eficiencia de recogida en sus zonas más rurales. Nuestro último y mayor caso de la *Smart City* es la famosa ciudad española de Barcelona. La alta densidad de población y las zonas turísticas de Barcelona crean su propio conjunto de problemas únicos que requieren un enfoque más diverso y adaptado a la gestión general de los residuos y al esfuerzo por reducir la generación de residuos para mejorar la sostenibilidad. Gracias a un presupuesto considerable y a la capacidad de crear una competencia entre empresas privadas, Barcelona pudo financiar una multitud de soluciones de residuos inteligentes distintas, como contenedores de recogida neumática y contenedores de recogida móvil. Además, para establecer formalmente su compromiso con la sostenibilidad, la ciudad y las áreas metropolitanas circundantes de Cataluña se unieron a través del acuerdo PREMETS25 para establecer más iniciativas de residuos cero en toda la región. Aunque las tres ciudades aplican soluciones de la *Smart City* y se comprometen más con el movimiento del *Zero Waste* y la sostenibilidad, todas han tenido estrategias diferentes por diversas razones como la nacionalidad, la densidad, el tamaño, la demografía, la financiación y la economía.

A través de los casos y de la investigación sobre el futuro, se descubre que, dentro de la gestión de residuos, las soluciones *Smart City* están empezando a abarcar no sólo las nuevas tecnologías, sino también los métodos políticos. El futuro de la gestión de residuos en las *smart cities* pasa por la vía de la sostenibilidad y la utilización de nuevas tecnologías, como la inteligencia

artificial, para lograr una mayor eficiencia. El movimiento de la sostenibilidad y la integración de la tecnología de IA no son oportunidades exclusivas para la gestión de residuos, sino que son oportunidades para todos los ámbitos de la gestión de las *smart cities*. Si bien la pandemia del virus Covid-19 puso en tela de juicio la viabilidad de las ciudades durante un tiempo, ha quedado claro que para que las *smart cities* sigan siendo relevantes y tengan éxito tendrán que asegurarse de que utilizan su tecnología y sus políticas para adaptarse y responder eficazmente a los cambios actuales y futuros.

A continuación, se exponen las lecciones generales aprendidas a lo largo de este TFG que hay que tener en cuenta:

- Las *smart cities* no se limitan al aspecto cuantitativo y tecnológico.
- La conciencia de las similitudes y diferencias de una ciudad es vital.
- La sostenibilidad es un movimiento que se arraigará aún más en el concepto de *smart city* en los próximos años.
- El éxito de una *Smart City* depende de su capacidad para adaptarse y responder adecuadamente.
- Una solución inteligente requiere algo más que nuevas tecnologías para tener éxito.
- Dentro del concepto de la *Smart City*, hay varias partes interesadas y funciones que hay que tener en cuenta.
- El entorno es una parte interesada pasiva de la *smart city*.
- La participación, el apoyo y la educación de los residentes son esenciales para el éxito de la implantación de una solución inteligente.

A continuación, se presentan varias recomendaciones para las *smart cities* actuales y futuras basadas en las conclusiones de este trabajo:

- Una *Smart City* debería tener en cuenta tanto las diferencias como las similitudes de otras *smart cities* para aplicar mejor las nuevas soluciones inteligentes.
- Una *Smart City* debería incluir soluciones y análisis tanto cuantitativos como cualitativos para integrar las soluciones inteligentes más deseables y exitosas.

- Cada parte interesada en la *Smart City* debe desempeñar en cierta medida los papeles de impulsor, realizador y receptor y tener muy en cuenta el medio ambiente (una parte interesada pasiva) en todas sus acciones.
- Las *smart cities* tienen que mejorar y modificar continuamente sus soluciones y acciones para abordar adecuadamente todos los problemas urbanos y apoyar adecuadamente a sus actuales residentes.
- Una solución inteligente puede (y en muchos casos debe) inspirarse en las soluciones inteligentes de otras ciudades, pero la solución de una ciudad debe adaptarse en la medida de lo posible a su singularidad y sus prioridades.
- Las *smart cities* deben tener una red abierta y una asociación entre ellas para aprender y compartir sus éxitos y fracasos para evitar los errores cometidos anteriormente y aplicar soluciones inteligentes comprobadas.

Aunque el documento ha logrado todos los objetivos establecidos en la introducción, hay algunas formas en las que el documento habría podido ir más allá para proporcionar un análisis y una comprensión aún más exhaustivos sobre las *smart cities*. Una de las formas en las que el trabajo podría haber ido más lejos es ampliando el análisis de los estudios de casos en otros países dentro y fuera de Europa o limitándose a países específicos dentro de la UE, como España. La primera dirección añadiría una aplicabilidad más general y la segunda habría proporcionado un análisis más preciso y detallado para el país elegido. Otra forma en la que el trabajo podría haber ido más allá, era analizar otros problemas urbanos a los que suelen enfrentarse todas las *smart cities*, como el transporte, la seguridad, la vivienda y el trabajo. Observar cómo la tecnología y las políticas se adaptan a los diferentes problemas urbanos sería un conocimiento útil para cualquier *Smart City* que quiera aplicar economías de alcance a su proceso de modernización.

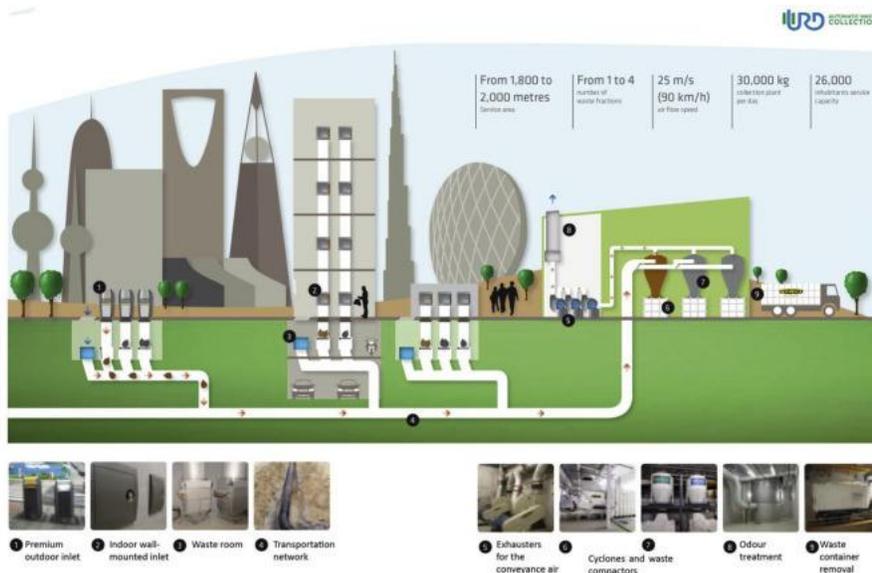
En definitiva, este informe pretende sacar a la luz el modo en que las *smart cities* utilizan la tecnología y otras herramientas para abordar la gestión de sus residuos, así como las tendencias actuales y la dirección de las *smart cities*. Este trabajo no es sólo para que las *smart cities* lo tengan en cuenta, sino también para inspirar y motivar otras partes interesadas en las *smart cities*, como usted. Espero que este trabajo le ayude a ver su propia ciudad no como una entidad independiente y estancada, sino más bien como un sistema evolutivo que depende de que cada una de las partes interesadas haga su parte para triunfar.

## 8. Apéndice

**Gráfico 1:** MSW generation per capita in OECD member countries (Kawai, Kosuke et al., 2016)



**Gráfico 2:** Visualización de sistema neumático (Automatic collection of solid waste, 2020)



## 9. Bibliografia

- Ajuntament.barcelona.cat. n.d. *Green Points Network*. [online] Available at: <<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/en/services/the-city-works/maintenance-of-public-areas/waste-management-and-cleaning-services/green-points-network>> [Accessed 26 May 2021].
- Ajuntament.barcelona.cat. n.d. *Household waste collection*. [online] Available at: <<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/en/services/the-city-works/maintenance-of-public-areas/waste-management-and-cleaning-services/household-waste-collection>> [Accessed 26 May 2021].
- Ajuntament.barcelona.cat. n.d. *Plataformes mòbils de contenidors de Recollida Selectiva al Bon Pastor*. [online] Available at: <<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/residu-zero/plataformes-mobils-bon-pastor>> [Accessed 26 May 2021].
- Ajuntament.barcelona.cat. n.d. *Recogida 'Puerta a puerta' en Sarrià*. [online] Available at: <<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/residuo-cero/recogida-selectiva/puerta-a-puerta-sarria>> [Accessed 26 May 2021].
- Ayuntamiento de Barcelona, n.d. *Al Bon Pastor, Residu Zero*. [online] Ayuntamiento de Barcelona. Available at: <[https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/noind/indicadors\\_bon\\_pastor\\_dipticveins.pdf](https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/noind/indicadors_bon_pastor_dipticveins.pdf)> [Accessed 26 May 2021].
- Antunes, M., 2020. *Smart Cities of the Future*. [online] Deloitte. Available at: <<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/public-sector/solutions/gx-smart-cities-of-the-future.html>> [Accessed 4 June 2021].
- Azahara, 2017. *Smart waste management as a key factor for Smart Cities*. [online] Geographica. Available at: <<https://geographica.com/en/blog/waste-management/>> [Accessed 9 April 2021].
- Barcelona.cat. 2015. *62 new pneumatic waste containers go into service in the Sant Martí district | Info Barcelona | Barcelona City Council*. [online] Available at: <[https://www.barcelona.cat/infobarcelona/en/62-new-pneumatic-waste-containers-go-into-service-in-the-sant-marti-district\\_261924.html](https://www.barcelona.cat/infobarcelona/en/62-new-pneumatic-waste-containers-go-into-service-in-the-sant-marti-district_261924.html)> [Accessed 26 May 2021].
- Beckmann, K., 2020. *Smart cities: What will the city of the future be like?*. [online] Merckgroup. Available at: <<https://www.merckgroup.com/en/the-future-transformation/smart-cities.html>> [Accessed 4 June 2021].
- Bel, G. and Warner, M., 2009. Managing Competition in City Services: The Case of Barcelona. *Journal of Urban Affairs*, 31(5), pp.521-535.
- Botti, Lucia et al., 2020. Door-to-door waste collection: Analysis and recommendations for improving ergonomics in an Italian case study. *Waste management (Elmsford)*, 109, pp.149–160.

- Catasto-rifiuti.isprambiente.it. 2021. *Catasto Nazionale Rifiuti*. [online] Available at: <<https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=regione&aa=2019&regid=ITALIA&width=1440&height=900>> [Accessed 21 April 2021].
- Citypopulation.de. n.d. *Capannori (Lucca, Tuscany, Italy) - Population Statistics, Charts, Map, Location, Weather and Web Information*. [online] Available at: <[https://www.citypopulation.de/en/italy/localities/toscana/lucca/04600710001\\_\\_capannori/](https://www.citypopulation.de/en/italy/localities/toscana/lucca/04600710001__capannori/)> [Accessed 21 April 2021].
- Citypopulation.de. 2020. *Barcelona - Population Statistics, Charts, Map, Location, Weather and Web Information*. [online] Available at: <[https://www.citypopulation.de/en/spain/cataluna/barcelona/08019\\_\\_barcelona/](https://www.citypopulation.de/en/spain/cataluna/barcelona/08019__barcelona/)> [Accessed 26 May 2021].
- Ciutatrefugi.barcelona. 2017. *Sarrià becomes the first neighbourhood to offer door-to-door waste collection*. [online] Available at: <[https://ciutatrefugi.barcelona/en/noticia/sarria-becomes-the-first-neighbourhood-to-offer-door-to-door-waste-collection\\_567967](https://ciutatrefugi.barcelona/en/noticia/sarria-becomes-the-first-neighbourhood-to-offer-door-to-door-waste-collection_567967)> [Accessed 26 May 2021].
- COGERSA. 2011. *COGERSA - Puntos limpios*. [online] Available at: <<https://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19258>> [Accessed 29 April 2021].
- Data.worldbank.org. 2018. *Urban population (% of total population) - European Union | Data*. [online] Available at: <<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=EU>> [Accessed 14 March 2021].
- Data.worldbank.org. 2018. *Urban population growth (annual %) - European Union | Data*. [online] Available at: <<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.GROW?end=2019&locations=EU&start=1961&view=chart>> [Accessed 14 March 2021].
- Datatopics.worldbank.org. 2019. *Trends in Solid Waste Management*. [online] Available at: <[https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends\\_in\\_solid\\_waste\\_management.html](https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html)> [Accessed 21 April 2021].
- De Lucas, S., n.d. *Good practice: Electronic Closure on waste containers and Use of Information: the case of Gijón*. [online] Interreg Europe. Available at: <<https://www.interregeurope.eu/policylearning/good-practices/item/4302/electronic-closure-on-waste-containers-and-use-of-information-the-case-of-gijon/>> [Accessed 29 April 2021].
- Diaz, A., 2021. *Barcelona: number of hotel guests 1990-2019 | Statista*. [online] Statista. Available at: <<https://www.statista.com/statistics/452060/number-of-tourists-in-barcelona-spain/>> [Accessed 26 May 2021].

- Dirks, S. and Keeling, M., 2009. *A Vision of Smarter Cities*. [ebook] NYC: IBM. Available at: <[https://www-03.ibm.com/press/attachments/IBV\\_Smarter\\_Cities\\_-\\_Final.pdf](https://www-03.ibm.com/press/attachments/IBV_Smarter_Cities_-_Final.pdf)> [Accessed 9 April 2021].
- Doyle, A., 2020. *What Is Inductive Reasoning?*. [online] The Balance Careers. Available at: <<https://www.thebalancecareers.com/inductive-reasoning-definition-with-examples-2059683>> [Accessed 10 June 2021].
- Eckhoff, D. and Wagner, I., 2018. Privacy in the Smart City—Applications, Technologies, Challenges, and Solutions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(1), pp.489-516.
- n.d. *EMULSA mejora su red de Puntos Limpios*. [ebook] Gijón: Ayuntamiento de Gijón. Available at: <<https://drupal.gijon.es/sites/default/files/2019-04/Folleto%20Puntos%20Limpios.pdf>> [Accessed 29 April 2021].
- Euklidiadas, M., 2019. *Smart cities that failed along the way*. [online] Smart City Lab. Available at: <<https://www.smartcitylab.com/blog/urban-environment/smart-cities-that-failed-along-the-way/>> [Accessed 14 March 2021].
- Eurocities. n.d. *Gijon*. [online] Available at: <<https://eurocities.eu/cities/gijon/>> [Accessed 29 April 2021].
- Fayomi, G., 2020. Smart Waste Management for Smart City: Impact on Industrialization. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, [online] Available at: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/655/1/012040/pdf>> [Accessed 4 June 2021].
- Futureenviro, 2019. *Metropolitan Agreement to reach Zero Waste*. [online] Futureenviro. Available at: <<https://futureenviro.es/wp-content/uploads/2019/04/00.-Gestion-residuos-1-AMB.pdf>> [Accessed 26 May 2021].
- Gascón, M., 2020. *Europa se fija en España para la creación de una tarjeta ciudadana inteligente*. [online] 20bits. Available at: <<https://www.20minutos.es/noticia/4435213/0/europa-se-fija-en-espana-para-la-creacion-de-una-tarjeta-ciudadana-inteligente/>> [Accessed 1 June 2021].
- Gibson, D., Kozmetsky, G. and Smilor, S., 1993. The technopolis phenomenon — smart cities, fast systems, global networks rowman & littlefield, inc. 8705 bollman place, savage, md 20763, USA. 1992, 264 pages. isbn 0-8476-7743-5. *Behavioral Science*, 38(2), pp.141-143.
- Giffinger, R. and Gudrun, H., 2010. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities?. *ACE: Architecture, City and Environment*, 4, pp.7-26.

- Gijón. n.d. *La ciudad se acredita como Destino Turístico Inteligente*. [online] Available at: <<https://gijonturismoprofesional.es/es/noticias/la-ciudad-se-acredita-como-destino-turistico-inteligente>> [Accessed 29 April 2021].
- Glaeser, E., 2014. *Triumph of the city*. New York: Penguin Books.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J. and Williams, P., 2010. Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4), pp.1-16.
- Hoorweg, D. and Bhada-Tata, P., 2012. *What a Waste: A global review of waste management*. Urban Development Series. [online] Washington, DC: World Bank Group. Available at: <<http://documents1.worldbank.org/curated/en/302341468126264791/pdf/68135-REVISED-What-a-Waste-2012-Final-updated.pdf>> [Accessed 9 April 2021].
- Ibm.com. n.d. *IBM100 - Smarter Planet*. [online] Available at: <<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/smarterplanet/>> [Accessed 14 March 2021].
- IMD World Competitiveness Center, 2021. *Smart City Index 2020*. Smart City Index. [online] Available at: <[http://file:///Users/georgebarajas/Downloads/smartcityindex\\_2020.pdf](http://file:///Users/georgebarajas/Downloads/smartcityindex_2020.pdf)> [Accessed 26 May 2021].
- INE. 2020. *INEbase / Demografía y población*. [online] Available at: <[https://www.ine.es/dyns/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica\\_P&cid=1254734710984](https://www.ine.es/dyns/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254734710984)> [Accessed 29 April 2021].
- Interreg Europe. n.d. *WINPOL*. [online] Available at: <<https://www.interregeurope.eu/winpol/>> [Accessed 29 April 2021].
- Interreg Europe. 2020. *WINPOL's changes in Gijón*. [online] Available at: <<https://www.interregeurope.eu/winpol/news/news-article/10475/winpol-s-changes-in-gijon/>> [Accessed 29 April 2021].
- Kawai, Kosuke et al., 2016. Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *Journal of material cycles and waste management*, 18(1), pp.1–13. <https://link-springer-com.ezproxy.lancs.ac.uk/article/10.1007/s10163-015-0355-1/figures/1>
- Knowledge4policy.ec.europa.eu. n.d. *Challenges faced due to urbanisation | Knowledge for policy*. [online] Available at: <[https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/continuing-urbanisation/challenges-faced-due-to-urbanisation\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/continuing-urbanisation/challenges-faced-due-to-urbanisation_en)> [Accessed 9 April 2021].
- Kottasová, I., 2017. *Barcelona: The jewel in Spain's economy*. [online] CNN Money. Available at: <<https://money.cnn.com/2017/08/18/news/economy/barcelona-economy-terror-attack/index.html>> [Accessed 26 May 2021].

- Kuddus, A., McBryde, E. and Tynan, E., 2020. Urbanization: a problem for the rich and the poor?. *Public Health Reviews*, [online] (1). Available at: <<https://publichealthreviews.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40985-019-0116-0>> [Accessed 4 June 2021].
- Labarrière, A., n.d. *Gijon*. [online] URBACT. Available at: <<https://urbact.eu/gijon-1>> [Accessed 29 April 2021].
- Maurano, S., 2021. *The First Case of the Application of the 'Zero Waste Strategy' in Italy (and Other Measures to Reduce our Ecological Footprint)*. Inclusive Cities Observatory. [online] UCLG. Available at: <<https://sustainableklamath.org/articles/matlRscs/CapannoriZeroWasteStrategy.pdf>> [Accessed 21 April 2021].
- Microtest. n.d. *Smart Waste / Microtest - Automatic Test Equipment*. [online] Available at: <<https://www.microtest.net/smart-waste/>> [Accessed 21 April 2021].
- Palmisano, S., 2008. *IBM: A smarter planet: the next leadership agenda*.
- Pañeda, J., 2020. *Residente usando su tarjeta ciudadana*. [image] Available at: <<https://www.elcomercio.es/gijon/emulsa-centra-contenedores-residuos-organicos-incrementar-reciclaje-20200203130154-nt.html>> [Accessed 29 April 2021].
- Rifiutizerocapannori.it. n.d. *Comuni Rifiuti Zero – Comitato di Garanzia Nazionale Zero Waste Italy*. [online] Available at: <<http://www.rifiutizerocapannori.it/rifiutizero/mappa-numerici-successi-criticita-dei-comuni-italiani-rifiuti-zero-a-cura-del-comitato-di-garanzia-nazionale-e-di-zero-waste-italy/>> [Accessed 21 April 2021].
- Strategic Partnering. 2015. *The five key advantages of public –private partnerships*. [online] Available at: <<https://strategic-partnering.net/the-five-key-advantages-of-public-private-partnerships/>> [Accessed 1 June 2021].
- Townsend, A., 2014. *Smart Cities*. 1st ed. New York: W.W. Norton & Company.
- Ugeo.urbistat.com. n.d. *Demographic statistics Region PRINCIPADO DE ASTURIAS*. [online] Available at: <<https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/en/es/demografia/dati-sintesi/principado-de-asturias/3/2>> [Accessed 29 April 2021].
- United Nations Dept. of Economic and Social Affairs. 2018. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision-Population*. [online] Available at: <<https://graylinegroup.com/urbanization-catalyst-overview/>> [Accessed 10 June 2021].
- UN DESA | United Nations Department of Economic and Social Affairs. 2018. *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN | UN DESA | United Nations Department of Economic and Social Affairs*. [online] Available at:

- <<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>> [Accessed 14 March 2021].
- Urban Refuse Development. 2020. Automatic collection of solid waste. [online] Available at: <<https://urd-awc.com/en/p/urban-system-urd-40>> [Accessed 15 June 2021].
- Van Vliet, A., 2018. *The Story of Capannori*. [online] Zero Waste Europe. Available at: <<https://zerowasteurope.eu/downloads/case-study-1-the-story-of-capannori/>> [Accessed 21 April 2021].
- Van Vliet, A., 2021. *Evolution of separate collection and waste generation in Capannori 2004-2013 in kg/person/yr*. [image] Available at: <<https://zerowasteurope.eu/2013/09/the-story-of-capannori-a-zero-waste-champion/>> [Accessed 21 April 2021].
- Vázquez, P., 2015. *Estrategia integrada de la gestión de residuos en Gijón*. [online] Gijón: Ayuntamiento de Gijón. Available at: <[http://www.conamalocal2015.conama.org/docs/conamalocal2015/Malaga/1896710021\\_ppt\\_PVazquez.pdf](http://www.conamalocal2015.conama.org/docs/conamalocal2015/Malaga/1896710021_ppt_PVazquez.pdf)> [Accessed 29 April 2021].
- n.d. *Winpol Project*. [ebook] Interreg Europe. Available at: <[https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user\\_upload/tx\\_tevprojects/library/file\\_1555490411.pdf](https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1555490411.pdf)> [Accessed 29 April 2021].
- Whitecase.com. 2020. *2020 Annual Review - COVID-19 could help fast-track support for smart cities*. [online] Available at: <<https://www.whitecase.com/publications/insight/covid-19-could-help-fast-track-support-smart-cities>> [Accessed 4 June 2021].
- Yin, C., Xiong, Z. and Chen, H., 2015. A Literature Survey on Smart Cities. *Science China*, 58.
- Zero Waste Europe, 2020. *Zero Waste Europe 2019 Annual Report*. [online] EU. Available at: <[https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2020/05/zwe\\_annual\\_report\\_2019.pdf](https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2020/05/zwe_annual_report_2019.pdf)> [Accessed 9 April 2021].