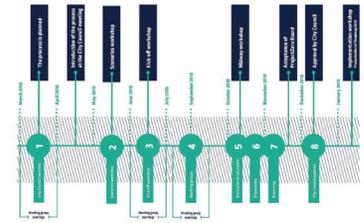


Smart Zero Carbon City: factores clave hacia la descarbonización urbana inteligente



Smart Zero Carbon City: key factors towards smart urban decarbonisation



Koldo Urrutia-Azcona¹, Simon Stendorf-Sørensen², Patricia Molina-Costa¹, e Ivan Flores-Abascal³

¹ Tecnalia Research & Innovation. Unidad Tecnologías de Construcción. Parque Tecnológico de Vizcaya. Calle Geldo, Edif. 700 - 48160 Derio (España).

² PlanEnergi-A.C. Meyers Vænge 15 - 2450 København SV (Dinamarca).

³ Universidad del País Vasco. ENEDI Research Group. Alda. Urquijo, s/n - 48013 Bilbao (España).

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9273> | Recibido: 31/05/2019 • Inicio Evaluación: 03/06/2019 • Aceptado: 06/07/2019

ABSTRACT

Fossil fuels-based human activity over time has generated unacceptable local levels of air pollution and GHG emissions. One of main implications of this activity is Climate Change, which unforeseen consequences are already impacting at local and global scales.

This research is focused on defining an effective framework to shift that trend in the local level through the implementation of the Smart Zero Carbon City concept, which brings together the emerging Smart City paradigm and the 2030/2050 EU goals with the urgent need of decarbonizing our local environments.

In this case, the study applies the Smart Zero Carbon City concept and implementation method into 5 EU cities, focusing on the case of Sonderborg municipality (DK) to extract the Key Factors towards Smart Urban Decarbonisation, which are applicable to other cities facing this ambitious transition.

Keywords: Decarbonisation, Smart Zero Carbon City, Smart Cities, Energy Transition.

RESUMEN

La actividad humana basada en combustibles fósiles ha generado niveles inaceptables de contaminación local y emisiones de efecto invernadero. Una de las principales implicaciones de esta actividad es el Cambio Climático y sus consecuencias impredecibles, que ya impactan tanto a escala local como global.

Esta investigación se centra en la definición de un marco efectivo para invertir esta tendencia a nivel local, a través de la implementación del concepto *Smart Zero Carbon City*, que trata de complementar el paradigma de las Ciudades Inteligentes y los objetivos europeos para 2030/2050 con la urgente necesidad de descarbonizar nuestros entornos locales.

En este caso, el estudio aplica el concepto *Smart Zero Carbon City* y su método de implementación a 5 ciudades europeas, centrándose en el caso de Sonderborg (DK) para extraer los Factores Clave hacia la Descarbonización Urbana Inteligente, siendo éstos aplicables a otras ciudades que afronten esta ambiciosa transición.

Palabras clave: Descarbonización, Smart Zero Carbon City, Ciudades Inteligentes, Transición Energética.

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad se enfrenta a uno de los retos más complicados de su historia. Desde la revolución industrial del siglo XIX, nuestro

progreso ha sido altamente dependiente de la quema de combustibles fósiles, tratando de obtener energía al menor coste posible, aumentando así las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El resultado de esta actividad humana sostenida en el tiempo ha traído un fenómeno desestabilizador a nuestro tiempo, el Cambio Climático, y sus consecuencias imprevistas ya están modificando los patrones naturales a nivel global.

Centrándose en las emisiones GEI y el impacto que genera esta dependencia de combustibles fósiles en los entornos locales, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que el 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de contaminación superan los límites preventivos establecidos. En esta línea, las ciudades son los entornos más vulnerables; además de registrar niveles eventuales de contaminación inaceptables, los entornos urbanos concentran más de la mitad de la población mundial, con previsión de superar este porcentaje el 70% para el año 2050 [1], provocando un enorme impacto en la salud pública mundial.

En este contexto de contaminación y dependencia de los combustibles fósiles, la descarbonización de nuestras ciudades se erige como una prioridad a la hora de abordar tanto las urgencias globales como locales. La Universidad de Oxford define la descarbonización como "la reducción de la cantidad de compuestos de gases de carbono liberados como resultado de un proceso o entorno"[2], ajustándose este término tanto al objetivo local de las ciudades de reducir sus emisiones para un entorno urbano más saludable, como al potencial global de mitigación del Cambio Climático que conlleva.

En línea con este contexto de descarbonización, la Comisión Europea (CE) ha establecido objetivos concretos para 2020 y 2030, tratando de reducir las emisiones GEI en un 20% y 40% respectivamente, por debajo de los niveles registrados en 1990. Además, la CE presentó en noviembre de 2018 su estrategia hacia una economía neutra en carbono para 2050, allanando el camino hacia el objetivo de cero emisiones netas aprobado en el Acuerdo de París [3]. De hecho, según datos del Eurobarómetro, este es el camino que la mayoría de los ciudadanos europeos quiere seguir, alcanzando un 85% el porcentaje de encuestados que están de acuerdo en la lucha contra el Cambio Climático, y en que el uso más eficiente de la energía puede conducir a una senda de crecimiento económico estable [4].

Poniendo el foco en las ciudades, la CE está desplegando dos iniciativas principales para lograr los objetivos de descarbonización, a través de la implementación local en entornos urbanos. En primer lugar, promoviendo los procesos estratégicos a través de la iniciativa del Pacto de Alcaldes, que ha conseguido reunir a 7.755

ciudades firmantes desde 2008, con 6.038 Planes de Acción de Energía Sostenible (PAES) presentados, de los que 1.743 ya están siendo monitorizados. Esta iniciativa pretende acelerar la descarbonización de los territorios de la UE, reforzando su capacidad para adaptarse a los inevitables impactos del Cambio Climático, permitiendo a sus ciudadanos un acceso seguro, sostenible y asequible al consumo de energía [5]. En 2016, esta iniciativa comunitaria evolucionó para exigir a las ciudades Planes de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES), desarrollando un Inventario de Emisiones de Referencia y una Evaluación de Riesgos y Vulnerabilidad Climática, además de un informe bianual de seguimiento de las acciones, involucrando a las ciudades en la tarea de apoyar los objetivos de la UE de reducción de emisiones GEI para 2030.

Como segunda iniciativa, la CE trata de fomentar la implementación de intervenciones en las ciudades a través del *European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities* (EIP-SCC, 2012), una plataforma que financia y facilita el contacto entre ciudades, industrias, PYMEs, inversores e investigadores, apoyándoles en el desarrollo conjunto de soluciones y proyectos en el ámbito de la sostenibilidad y las Ciudades Inteligentes. La inicia-

tiva EIP-SCC surge junto al programa comunitario de innovación H2020 y al *Strategic Energy Technology Plan* (SET Plan) [6], alineando esfuerzos hacia la descarbonización de la UE y los objetivos de crecimiento económico de la región.

En este contexto, el encaje entre descarbonización urbana y la implementación de soluciones Smart City necesita un concepto general que exponga esa visión y objetivos comunes, estableciendo un marco de referencia para todos los planes e intervenciones que esta ambiciosa transición urbana requiere. En esta línea, la investigación teórica y experimental de *SmartEnCity - Towards Smart Zero CO₂ Cities across Europe* (proyecto del programa EIP-SCC) ha permitido desarrollar el concepto *Smart Zero Carbon City* (SZCC), ausente en el paradigma de la planificación urbana, que establece una visión capaz de guiar a las ciudades hacia una descarbonización urbana inteligente:

“Una SZCC es un entorno urbano eficiente en recursos donde la huella de carbono ha sido eliminada; la demanda energética se limita al mínimo a través del uso de tecnologías de control de demanda que ahorran energía y promueven la concienciación social; la producción energética es completamente limpia y renovable; y las fuentes de

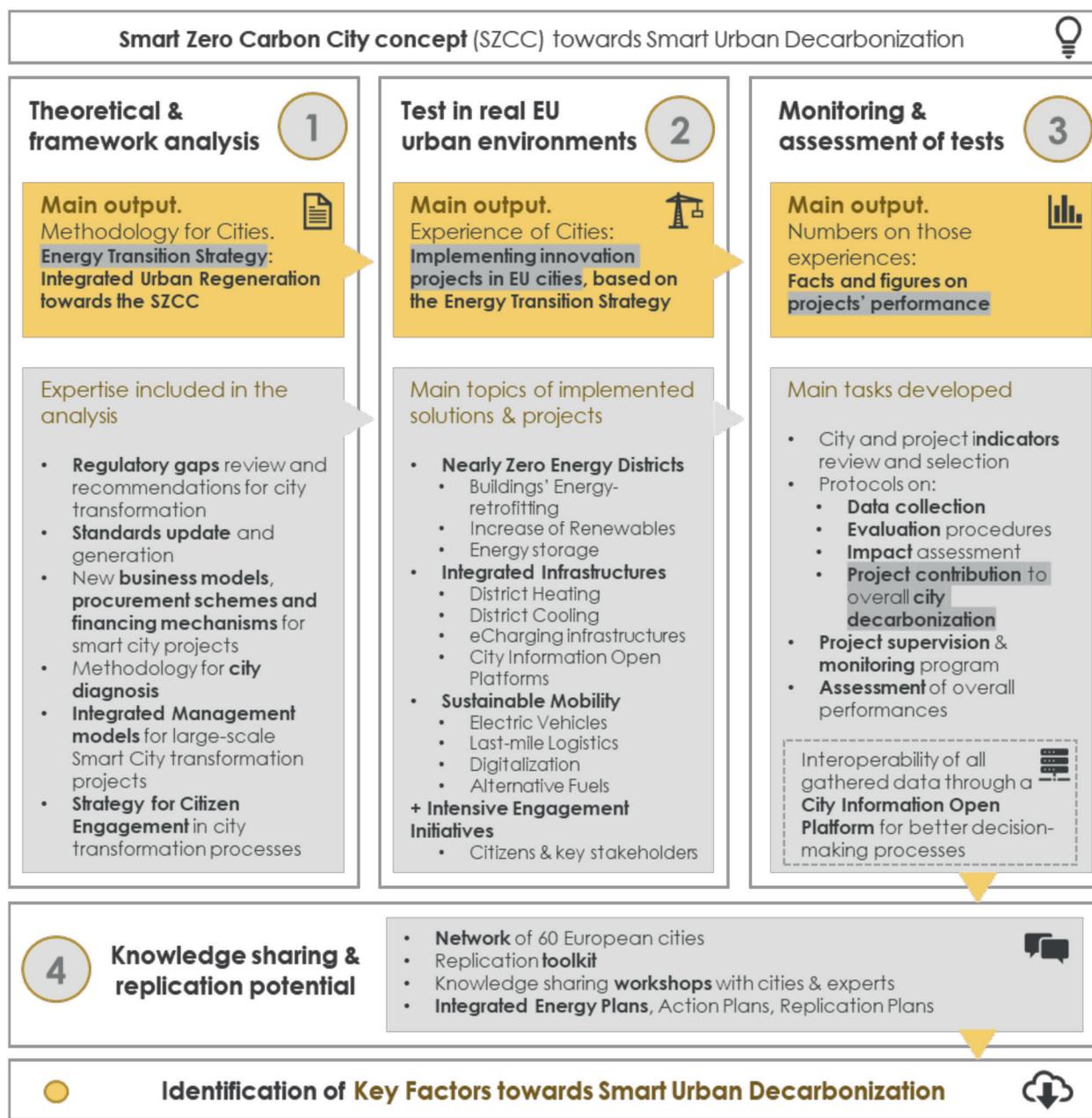


Fig. 1: Metodología para la identificación de factores clave (fuente: elaboración propia)

energía son gestionadas de manera inteligente por agentes públicos/privados y ciudadanos eficientes y concienciados"[7] (P.2).

El concepto hace referencia a los principales elementos de descarbonización vinculados a los sistemas energéticos de las ciudades: suministro, gestión y demanda energéticas; todo ello desde una perspectiva participativa y apoyada por la tecnología. En esta aproximación, los aspectos energéticos son esenciales, ya que casi el total de las emisiones GEI generadas en ambientes urbanos provienen de actividades derivadas del funcionamiento del sistema energético.

Partiendo de este concepto, el problema se centra en cómo implementar la SZCC; ¿cómo se aplica este concepto de manera efectiva en nuestras ciudades? Tratando de dar respuesta a esta pregunta, el proyecto *SmartEnCity* se ha seleccionado como caso de estudio, donde los autores de este artículo y socios del proyecto exploran los trabajos de planificación, ejecución, supervisión y replicación de las intervenciones para identificar los factores clave hacia la descarbonización urbana inteligente (concepto SZCC), revisando un proceso todavía en curso de 3 años de iniciativas coordinadas en las ciudades de Vitoria-Gasteiz (ES), Tartu (EE), Sonderborg (DK), Lecce (IT) y Asenovgrad (BG).

En esta línea, la sección metodológica de esta contribución expone el procedimiento de análisis para la extracción de los factores clave identificados para una descarbonización urbana inteligente. A continuación, la sección de Resultados presenta los factores clave identificados, tomando las iniciativas desarrolladas en Sonderborg como caso de aplicación real. Finalmente, la última sección discute las principales implicaciones que estos factores clave pueden tener en esta ambiciosa transición urbana, así como las posibles líneas futuras de investigación en la temática.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto *SmartEnCity* ha desarrollado un programa de acciones coordinadas que han permitido extraer los factores clave para una descarbonización urbana inteligente. Todas estas acciones tienen lugar dentro de los límites de la ciudad existente y, por lo tanto, es necesario conjugar el concepto *Smart Zero Carbon City* con el de *Regeneración Urbana Integrada*, que aborda esencialmente la transformación del entorno construido [8].

Los factores clave para la descarbonización urbana inteligente se han identificado a través de la investigación documental, la implementación de acciones *in-situ* y la evaluación del rendimiento de estas, para ser finalmente contrastados por los gestores de distintas ciudades, que son el grupo final objetivo, encargados de dirigir estos procesos locales de transformación urbana. Estos factores clave se presentan en la sección siguiente; *Resultados*.

2.1. ANÁLISIS TEÓRICO Y DE CONTEXTO – INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

En primer lugar, el análisis se adentra en un examen minucioso de los procesos de planificación urbana integrada de las últimas décadas, explorando los diferentes sistemas urbanos y cómo estos interactúan entre sí, estudiando sus escalas de acción –ciudad/distrito/edificio–, las herramientas utilizadas en cada etapa de planificación, y los requisitos de monitorización necesarios para evaluar el rendimiento final de las intervenciones. Los principales sistemas urbanos analizados en esta revisión además de la propia planificación han sido; energía, movilidad, rehabilitación, TICs, y gobernanza, como principales sectores de interés del programa *Smart Cities & Communities* de la CE.

Esta revisión documental se ha complementado con análisis de los elementos clave de los procesos de transformación urbana, tales

como: legislación y estándares; modelos de negocio, sistemas de compra pública y mecanismos de financiación; una metodología de diagnóstico de la ciudad; un modelo de gestión integrada; y una estrategia de participación ciudadana. Todos estos elementos, así como la revisión de la planificación integrada ya mencionada, se integran en una metodología para la transición hacia la descarbonización urbana inteligente: *the Urban Transformation Strategy for City Decarbonisation; a journey towards the Smart Zero Carbon City*.

2.2. TESTS EN ENTORNOS URBANOS DE LA UE – IMPLEMENTACIÓN REAL

Una vez definida la *the Urban Transformation Strategy for City Decarbonisation* de una ciudad, es el momento de convertir los planes en proyectos reales; las estrategias a escala de la ciudad evolucionan en intervenciones concretas a escala de distrito. Basadas en el análisis teórico y de contexto, y en la *Urban Transformation Strategy for City Decarbonisation*, se han planificado y ejecutado intervenciones en las ciudades de Vitoria-Gasteiz, Tartu, Sonderborg, Lecce y Asenovgrad, principalmente a nivel de distrito e incluso de edificio.

Estas intervenciones se centran en tres campos principales: los distritos de energía casi nula, las infraestructuras integradas y la movilidad sostenible; todos ellos facilitados por actividades de participación ciudadana y de agentes clave. Como resultado, este estudio ha podido recoger las distintas experiencias de implementación, contrastadas en contextos urbanos de la UE de morfología y características diversas.

2.3. MONITORIZACIÓN Y EVALUACIÓN – RENDIMIENTO DE LAS INTERVENCIONES

Alineados con la implementación real en entornos urbanos, se diseñan protocolos de recogida de datos, evaluación y determinación de impacto, así como un conjunto de indicadores clave de rendimiento (KPIs) tanto a nivel de proyecto como de ciudad. De esta manera, a través de la monitorización de las intervenciones a escala de distrito, el equipo de proyecto ha podido obtener cifras claras que certifican el rendimiento de las intervenciones, identificando los puntos de éxito o de mejora del proceso, y su magnitud. De este modo, estos KPIs permiten medir la contribución específica de cada intervención al objetivo de descarbonización de la ciudad.

Además, la interoperabilidad de los datos recogidos se ha estructurado a través de una *City Information Open Platform*, una plataforma digital que permite el acceso, visualización e intercambio de datos a diversos grupos de agentes locales, además de los propios gestores de la administración pública.

2.4. CONOCIMIENTO COMPARTIDO Y POTENCIAL DE REPLICACIÓN – CONTRASTE CON CIUDADES

Por último, todos los elementos reunidos hasta este punto –2,1; 2,2; 2,3– están integrados en un kit de herramientas de replicación, contrastando este conocimiento en las redes de ciudades, a través de talleres de intercambio de conocimientos con otras ciudades y expertos. A las ciudades interesadas que asisten a los talleres se les presentan los materiales incluidos en el kit de herramientas de replicación, donde pueden identificar qué materiales son de su interés en función de su contexto local. Además, también pueden comprobar hasta qué punto el desempeño actual de su ciudad es el adecuado para una transición hacia una descarbonización urbana inteligente. En estos talleres, un análisis comparativo del progreso de descarbonización de las distintas ciudades, basado en los resultados de monitorización, puede fomentar el intercambio de experiencias y una competitividad sana entre ciudades [9].

En la sección *Resultados*, se toma como referencia el caso de planificación (2.1), implementación (2.2), y evaluación (2.3) de la ciudad danesa de Sonderborg, así como su red nacional de colaboración entre ciudades, para ejemplificar los factores clave identificados para una descarbonización urbana inteligente.

3. RESULTADOS

Sonderborg es uno de los casos experimentales del proyecto SmartEnCity, donde *the Urban Transformation Strategy for City Decarbonisation* –en este caso, incluyendo un Plan de Energía Integrado (IEP) [10]– fue elaborada dentro del marco del concepto SZCC. Asimismo, el proyecto ha implementado intervenciones de rehabilitación, movilidad, y energía, con altos estándares de participación de agentes locales, además de monitorizar el rendimiento de todas estas intervenciones. Tras completarse este proceso en Sonderborg, el análisis de la experiencia permitió refinar el proceso antes de ponerlo a prueba nuevamente en las ciudades de Tartu, Vitoria-Gasteiz, Lecce y Asenovgrad.

El enfoque específico seguido en Sonderborg consistió en el desarrollo de un proceso IEP (Figura 2), donde distintos grupos de agentes locales se comprometían a desarrollar proyectos estratégicos, todos ellos alineados con el objetivo final de alcanzar un *Smart Zero Carbon Sonderborg* en 2029, basado en un crecimiento sostenible y fomentando la creación de empleos verdes. Mediante la generación de escenarios calculados, el potencial impacto de cada uno de estos proyectos estratégicos se introdujo en el software de modelado energético (sección 3.1.3), para cuantificar la reducción de emisiones de CO₂ y su contribución global al objetivo de descarbonización de la ciudad.

El proceso lo ha coordinado una estructura privada sin ánimo de lucro (ProjectZero), en estrecha colaboración con la municipalidad de Sonderborg. Basado en este caso y el enfoque expuesto, se presentan a continuación los factores clave (FC) identificados para una descarbonización urbana inteligente.

3.1. FC1. UNA INTEGRACIÓN EFECTIVA DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN URBANA

En el caso de Sonderborg, el proceso IEP fue preparado y organizado para encajar en un proceso más amplio de actualización del plan municipal, que se desarrolla cada dos años. En Sonderborg, el plan municipal es el documento director para políticos y empleados municipales y, por lo tanto, existía un espacio natural donde insertar los resultados del proceso IEP. De este modo, tanto el diagnóstico del sistema energético como las medidas específicas de actuación hacia la descarbonización quedaban recogidas en el documento, generando una propuesta transversal y coordinada para políticos y trabajadores de la administración que avanza en la integración de la energía en el proceso de planificación urbana habitual. La falta de este tipo de integración se ha identificado como una barrera clave a superar a la hora de implementar iniciativas concretas relacionadas con la energía en los municipios.

Esta integración efectiva de la planificación energética en los procesos de planificación urbana se fundamenta principalmente en procesos estratégicos a nivel municipal (3.1.1), involucración de actores clave a nivel local (3.1.2) e incorporación de herramientas de modelado energético a la toma de decisiones (3.1.3).

3.1.1. FC1.1. Procesos estratégicos municipales a medio-largo plazo hacia la descarbonización urbana inteligente

La cumbre sobre acción climática COP24 "reitera su invitación a las Partes a comunicar, para 2020, el desarrollo de estrategias de bajas emisiones GEI a largo plazo (...) en conformidad con el Acuerdo de París" – COP24 [12]

Sonderborg persigue ser un modelo de descarbonización inteligente para ciudades de tamaño medio y pequeño. La municipalidad comenzó este viaje en 2007, y su compromiso hacia la descarbonización no ha dejado de crecer desde entonces, reduciendo sus emisiones de CO₂ en un 35% y el consumo de energía en un 14%. Sus próximos pasos los marca la hoja de ruta *Sonderborg's Road-*

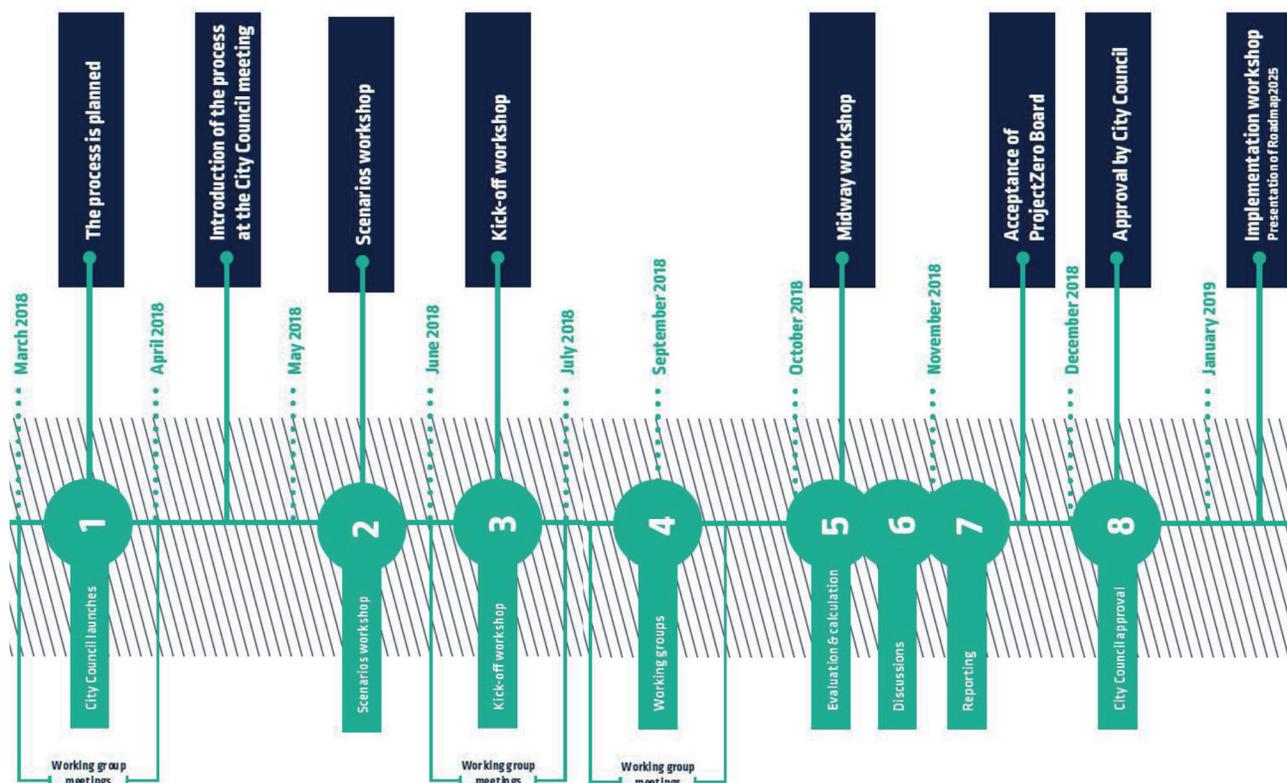


Figura 2: Proceso de elaboración del Sonderborg's Roadmap 2025 como parte de su estrategia de transición energética y proceso IEP [11]

map2025, año en el que la ciudad se propone alcanzar un 75% de reducción de emisiones, un hito clave antes de alcanzar la descarbonización en 2029 [11].

Desde 2007, este proceso estratégico ha mantenido el interés y la cooperación tanto del sector público como del privado, proporcionando estabilidad al proceso en el largo plazo. Como ejemplo, el co-desarrollo del Roadmap2025 ha reunido propuestas de proyectos con el compromiso de más de 100 actores locales, inspirando a empresas y ciudadanos, y extendiendo el sentimiento de pertenencia a una comunidad concienciada, que trabaja conjuntamente hacia un objetivo trascendente.

En este tipo de procesos estratégicos a largo plazo, la creación de una autoridad de planificación energética en el organigrama municipal puede brindar el apoyo necesario para dirigir estos procesos y trabajar de manera transversal con otros departamentos públicos y agentes privados. En el caso de Sonderborg, este proceso estratégico fue promovido mediante una alianza público-privada entre la municipalidad y ProjectZero, atrayendo a industria y mundo académico, más allá de los límites de la administración municipal. Esta alianza inclusiva ha sido clave en la aceptación y participación de la comunidad local en el proceso estratégico.

3.1.2. FC1.2. La involucración de agentes locales clave en los procesos de planificación energética integrada

"El nuevo discurso estratégico debe hacer más hincapié en el proceso que en el contenido, en los agentes más que en las estructuras de planificación y elementos operacionales del proceso" – P. M. Williams [13].

La organización de agentes locales y la consideración de los servicios que prestan en su actividad habitual ha sido la máxima prioridad en el proceso IEP de Sonderborg. Esto se basa en una idea simple; aquellos que van a implementar las acciones del plan tienen que estar interesados, siendo necesaria su participación activa desde el planteamiento inicial para lograr una implementación exitosa. La experiencia sectorial de cada agente refuerza la idea de que sólo aquellas iniciativas realistas y viables dentro su ámbito de conocimiento saldrán adelante, aumentando las posibilidades en el proceso de implementación.

En el proceso IEP en Sonderborg, los agentes locales participantes fueron divididos en 8 grupos de trabajo, en función de las consideradas 8 líneas prioritarias con mayor potencial de reducción de emisiones de CO₂ (sistema energético, agricultura, asociaciones de vivienda, alquileres, propietarios de vivienda, transporte de pasajeros, negocios, y transporte pesado). Cada grupo de trabajo tenía un líder (agente local) y un secretario (agente interno, del grupo de dirección), y tenían libertad para planificar el proceso de trabajo más adecuado para ellos, con el único requisito de estar alineados con los principios del IEP. Las propuestas de proyecto finales fueron evaluadas por el grupo de dirección, con la colaboración del grupo de sistemas energéticos para garantizar el enfoque sistémico.

Este modo de agrupar a los agentes locales les permitió participar en el área donde cada uno tenía más experiencia y poder de incidencia. Esto potenció también que las propuestas de proyectos se desarrollaron de manera eficiente, basadas en los conocimientos disponibles en el entorno. Basándose en el diagnóstico, el grupo de dirección identificó a aquellos agentes locales con mayor poder de incidencia, y les otorgó roles especiales, ya que algunos cambios específicos en el sistema energético contaban con un potencial de impacto mayor – los encargados del consumo energético de las grandes industrias locales contaban con un seguimiento más individualizado por parte del grupo de dirección, por ejemplo-. Cuanto mayor era el impacto potencial, mayor era el interés en guiar sus iniciativas.

3.1.3. FC1.3. Herramientas para el modelado eficaz de la descarbonización energética

"Las herramientas pueden contribuir a un alcance más amplio, a evaluaciones más completas, y a una mayor legitimidad de la planificación energética" – J. Ivner [14].

Una representación clara del sistema energético local es clave para planificar una hoja de ruta hacia la descarbonización, permitiendo la generación de futuros escenarios energéticos alternativos. En el caso de Sonderborg, dos herramientas (energyPLAN [15], basada en el modelo de sistemas energéticos inteligentes de la Universidad de Aalborg –Figura 3– y Energy Balance [16] –Figura 5–) se han utilizado para calcular y visualizar el estado actual del sistema energético de Sonderborg (Figura 4), así como para pronosticar el potencial impacto de los proyectos propuestos por los 8 grupos de trabajo. También se valoraron tres escenarios de implementación para 2029: *the trend* (sin nuevos proyectos), *mid-way* (con algunos proyectos implementados), y *the ambitious* (con todos los proyectos implementados). Ambas herramientas proporcionaron las pautas y magnitudes necesarias para el trabajo de los 8 grupos, identificando qué propuestas eran las más interesantes para el objetivo de descarbonización. En este sentido, ambos instrumentos fueron capaces de

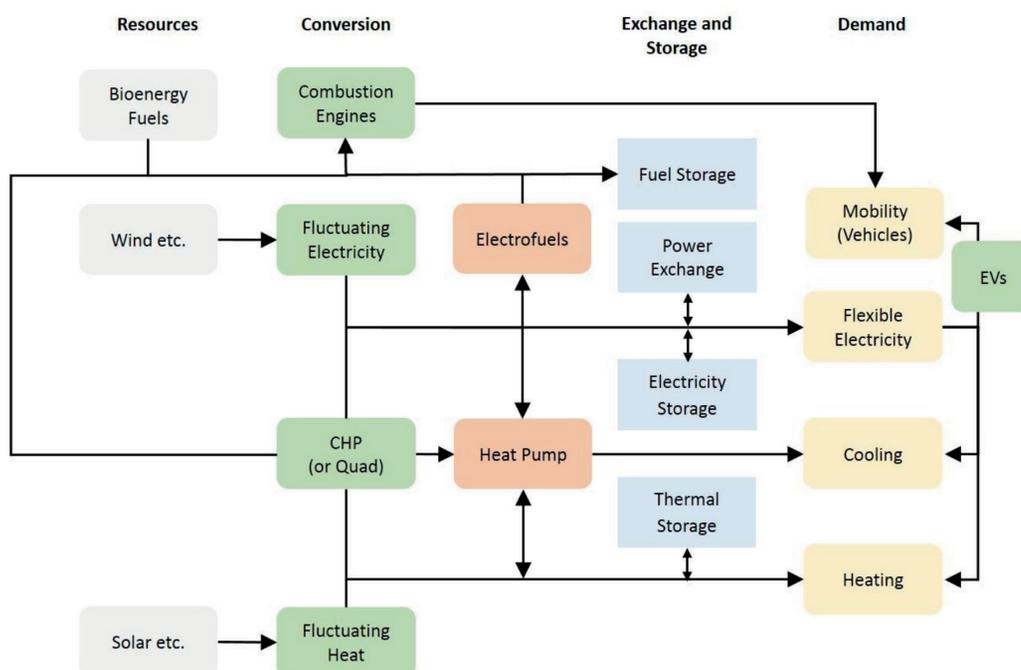
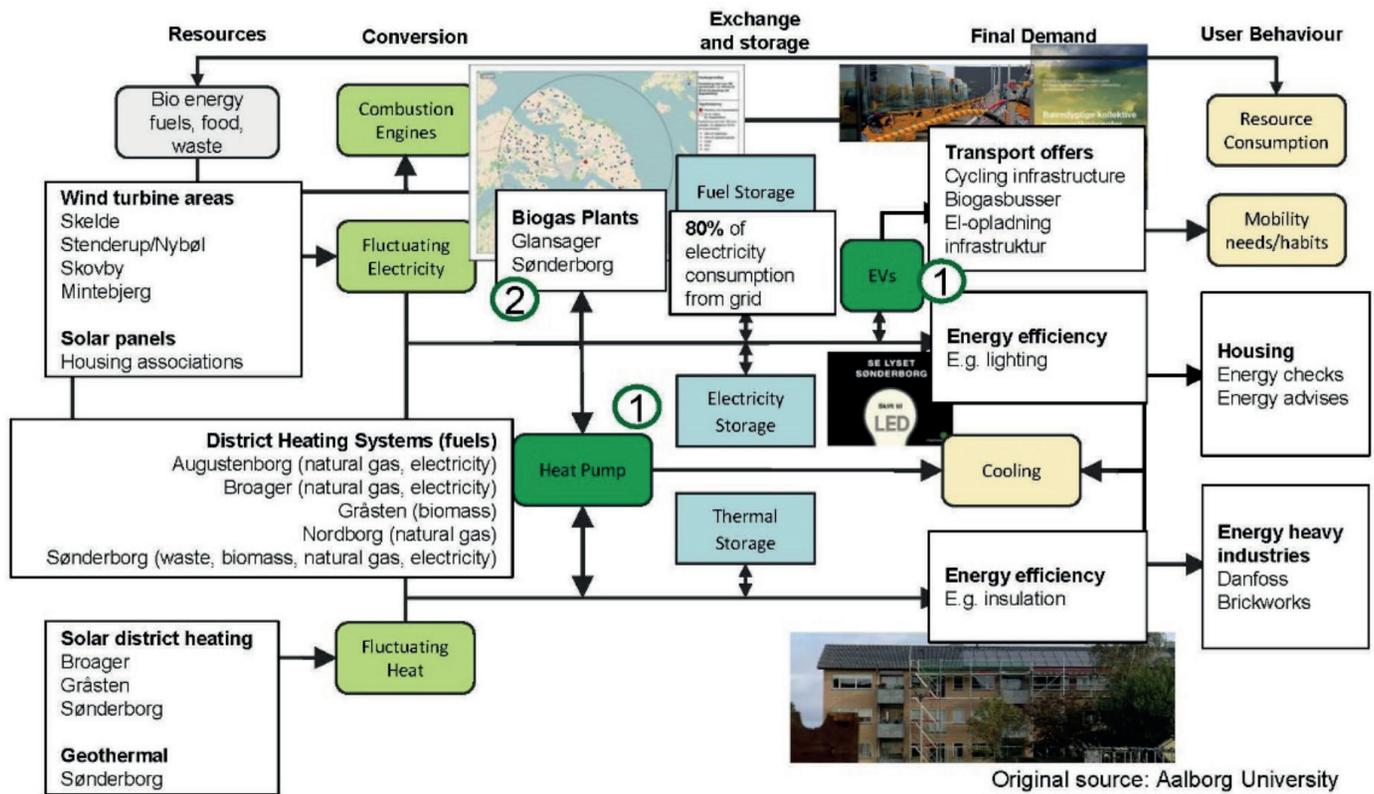


Figura 3: Modelo de sistema energético inteligente desarrollado por la Universidad de Aalborg [15]



Original source: Aalborg University

Figura 4: Modelo de sistema energético inteligente utilizado en el proceso IEP de Sonderborg (PlanEnergi y la Universidad de Aalborg en [11])

cuantificar el impacto potencial sobre la reducción de emisiones de CO₂ de cada proyecto.

Por otro lado, la monitorización del plan es decisiva para mantener la motivación de los agentes de Sonderborg durante los próximos años, por lo que se habilitó un sistema de seguimiento para cada uno de los 8 grupos. El sistema de seguimiento está configurado en Energy Balance, desde un fichero Excel (que puede descargarse en el sitio web SmartEnCity [16]), donde los flujos energéticos se calculan de acuerdo con las directrices establecidas por la Agencia Danesa de Energía.

La herramienta Energy Balance está desglosada en sub-grupos, por lo que los 8 grupos de trabajo pueden seguir el desarrollo temporal de cada actividad conforme a la Figura 5.

3.2. FC2. DESPLIEGUE DE INICIATIVAS: EFICIENCIA ENERGÉTICA, SUMINISTRO RENOVABLE Y CONCIENCIACIÓN

“Es importante proponer iniciativas sin demora y de conformidad con la Declaración Conjunta de las tres instituciones de la Unión Europea (...), para permitir una rápida transición energética efectiva. (...) Ahora el foco se ha de poner en la implementación” – Comisión Europea [17].

El despliegue de iniciativas SZCC es clave para conseguir la descarbonización urbana inteligente. En Sonderborg, los agentes del proceso IEP (Figura 2) desarrollaron 56 propuestas, finalmente concentradas en 40 proyectos que fueron incluidos en el Roadmap2025. Estos proyectos se centran en uno o varios de los siguiente ámbitos: eficiencia energética, suministro energético

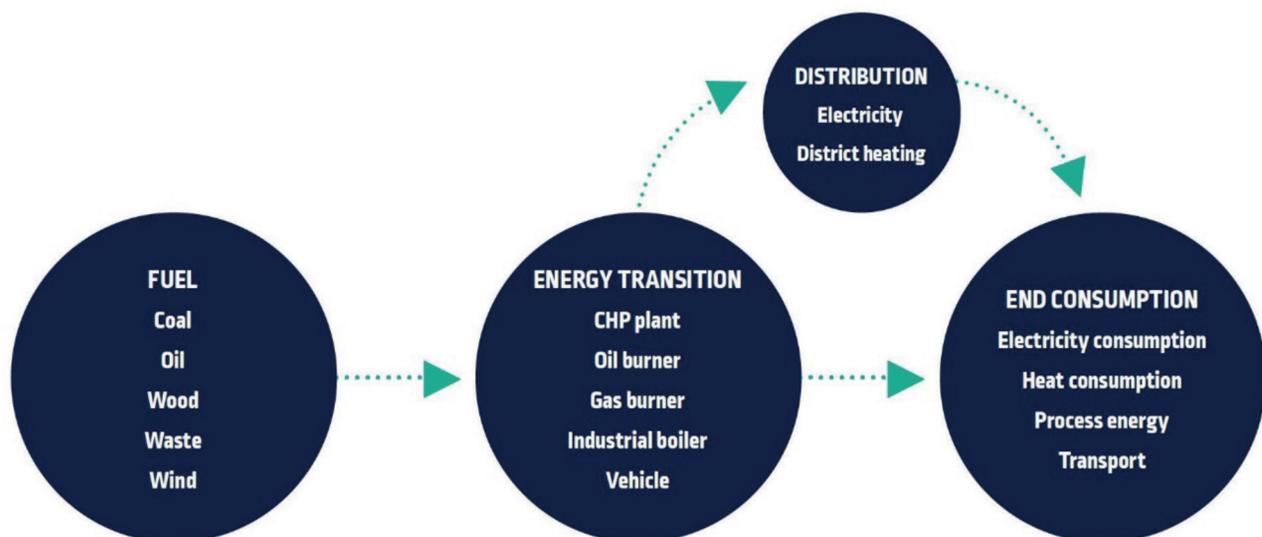


Figura 5: Principio de la herramienta Energy Balance [11]

limpio y sensibilización - marco SZCC-. Como ejemplo 10 de los 40 proyectos se presentan de modo breve en la Tabla 1.

3.3. FC3. COLABORACIÓN ENTRE CIUDADES; INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS Y CONOCIMIENTO A TRAVÉS DE LAS REDES DE CIUDADES

“Las redes de ciudades transnacionales están movilizanado a las ciudades en la lucha mundial contra el Cambio Climático (...). Las redes de ciudades ayudan en la capacitación de la medida, segui-

miento y verificación de la reducción de emisiones” – D. J. Gordon y C. A. Johnson [18].

La creación de Energibyerne, la red danesa de ciudades hacia la descarbonización urbana inteligente, ha resultado una herramienta de gran ayuda, ya que todos sus miembros comparten el objetivo como prioridad en su agenda política (Energibyerne, [19]). Esta red fue creada por iniciativa de la red europea SmartEnCity, ofreciendo diversas ventajas para las ciudades involucradas, como ejemplos de inspiración de ciudades en un contexto de transición

Grupo de agentes	Tema principal	Propuesta de proyecto	Descripción del proyecto
Asociaciones de vivienda	Eficiencia energética	Captura avanzada de datos energéticos	Instalación de termostatos y dispositivos de captura de datos energéticos en tiempo real en los edificios de las asociaciones de vivienda, permitiendo una respuesta rápida ante un uso inadecuado de las instalaciones o derroche energético. Generación de documentación sobre rehabilitación energética y gestión, visibilizando beneficios para asociaciones y sus residentes. Los residentes podrán comparar sus consumos individuales con el consumo medio de su edificio.
Agricultura	Eficiencia energética	Packs de ventilación para granjas	Con el objetivo de sustituir los sistemas de ventilación obsoletos de las granjas, se trata de agrupar la demanda y ofrecer nuevos sistemas más eficientes en condiciones atractivas y paquetizadas.
Propietarios de vivienda	Suministro limpio	Eliminación de calderas de gas y gasoil en áreas District Heating	El proyecto trata de eliminar las calderas de gas (3700) y gasoil (400) para calefacción dentro del área con red de calefacción urbana de Sonderborg, sumando estos edificios a dicha red. Por otro lado, el combustible de la red de calor se basará en biomasa, residuos clasificados, energía solar térmica, geotermia y bombas de calor.
Propietarios de vivienda	Suministro limpio	Conversión a bombas de calor fuera de las zonas District Heating	El objetivo es convertir a bombas de calor todas las calderas de gasoil (1850) y el 50% (1650) de las calderas de gas fuera de las zonas District Heating para 2029. El otro 50% de calderas de gas (1650) utilizarán biogas local.
Transporte de pasajeros	Suministro limpio/ concienciación	Los coches eléctricos e híbridos enchufables	Aumento del número de vehículos eléctricos e híbridos enchufables, expandiendo la red de recarga y ofreciendo incentivos como aparcamiento ilimitado y transporte gratuito en el ferry local, además de celebrar eventos de concienciación (asesoramiento en compras y pruebas de vehículos eléctricos con concesionarios locales).
Transporte Pesado	Suministro limpio	Infraestructura y combustibles alternativos	Co-financiación e inversiones en infraestructura estratégica para potenciar una alternativa realista al diesel en el sector del transporte pesado, agrupando y apoyando a los negocios locales.
Agricultura	Suministro limpio	Zona de pruebas - tractores verdes	Zona de prueba de tractores eléctricos o de biogas para agricultores
Energía	Suministro limpio	Instalación de plantas fotovoltaicas	100MW de potencia fotovoltaica instalada para 2025, certificando el compromiso de empresas, agentes locales y la municipalidad. Ya se está elaborando un plan de identificación de áreas para su instalación.
Energía	Suministro limpio	Plantas de biogás en Sonderborg y Glansager occidental	Instalación de 2 grandes plantas de biogas (45 millones de m³) para 2025, para el procesado de estiércol de agricultores locales. Este biogas se mejora a calidad de gas natural (biometano) para alimentar la red de gas natural. En el futuro, se perfeccionará el gas con hidrógeno para flexibilizar su uso y doblar la producción de biometano en las plantas.
Propietarios de vivienda	Concienciación	Hoja de ruta para el cliente de rehabilitación	Sonderborg está aplicando una hoja de ruta para el cliente de rehabilitación; una colaboración entre la municipalidad, las instituciones financieras y los gremios de la construcción que trata de aumentar el impacto de las actuaciones y la fortaleza del proceso. <ul style="list-style-type: none"> • La municipalidad tendrá en cuenta criterios de energía y clima a la hora de considerar la rehabilitación o demolición de un edificio. La comunicación con la ciudadanía se reforzará con dípticos de difusión inspiradores. • Las escuelas primarias desarrollarán un currículum verde, permitiendo a los estudiantes aplicar sus habilidades de clima y energía en el hogar y su comunidad. • Todos los bancos e inmobiliarias de Sonderborg asesorarán a sus clientes sobre plazos y financiación para la rehabilitación de envolventes y calefacción. • EUC Syd ofrecerá nuevos programas de formación en el área de construcción e instalaciones, centrándose en los aspectos de eficiencia y potencial de negocio de las etapas de la hoja de ruta del cliente de rehabilitación. Esta red local cuenta con cerca de 80 empresas. • ProjectZero premiará con insignias a aquellos propietarios de viviendas que hagan un esfuerzo especial.

Tabla 1: Ejemplos de proyectos desarrollados por agentes locales en el proceso IEP de Sonderborg [11]

similar, la discusión de barreras y soluciones comunes, seminarios sobre soluciones (compartiendo gastos), una voz común para hacer frente a otros agentes (el gobierno o las empresas), etc.

El *feedback* aportado por las ciudades miembros certifica que las actividades en red ayudan a acelerar los procesos de transición hacia la descarbonización. En el caso danés, las ciudades acordaron organizar un evento anual de intercambio y difusión, "Folke-mødet", donde políticos, empresas, investigadores y ciudadanos pudieran ser partícipes de los objetivos e iniciativas de Energibyerne. Este enfoque colaborativo también se eleva al nivel europeo, donde Energibyerne se integra en la red SmartEnCity, accediendo a un nivel de aprendizaje y contraste que no sería posible desde una aproximación individual.

4. DISCUSIÓN

La transición hacia una descarbonización urbana inteligente requiere un análisis minucioso del contexto local para proponer los planes e intervenciones más adecuadas para cada entorno, como demuestra el caso de Sonderborg. Sin embargo, todos los municipios que forman parte de esta investigación se enfrentan a retos comunes en esta transición urbana.

Dado el *bloqueo tecno-institucional en torno al carbono* que padecen actualmente las ciudades [20], los Factores Clave descritos en la sección anterior tratan de proporcionar una ruta alternativa al proceder habitual de los municipios ante este desafío, donde distintos grados de adaptación son necesarios. La superación de este *bloqueo* hacia la descarbonización de nuestras ciudades no será resultado de una iniciativa aislada, sino más bien de "una serie de complejos e interconectados cambios en múltiples variables", como pronostica Unruh en [21]. En esta línea, mientras que las tecnologías evolucionan progresivamente para apoyar esta transición urbana, la mayor parte de Factores Clave identificados se centran en las estructuras institucionales y organizativas. Sin embargo, estas estructuras no sólo son una fuente de *bloqueo tecno-institucional en torno al carbono*, sino también un poderoso instrumento potencial de superación de este *bloqueo* [21].

Considerando la descarbonización de las ciudades como un proceso de *transición socio-técnico*, desde una *perspectiva multi-nivel dinámica* [22], los nichos tecnológicos de eficiencia energética y energías renovables están rompiendo con el *régimen* de los combustibles fósiles, progresivamente modificando las estructuras industriales, culturales, políticas, tecnológicas y de mercado actuales. Estos fuertes nichos tecnológicos, junto al creciente interés de las ciudades en esta transición [5], abre una *ventana de oportunidad* para escapar del *bloqueo en torno al carbono*, en el que la sociedad lleva atrapada desde finales del siglo XVIII. Hoy en día, las ciudades tienen capacidad de promover esta transición mediante modelos estratégicos, de gestión y financiación, herramientas; involucrando a los agentes clave y a otras ciudades punteras en esta transición, para mostrar que una integración efectiva de la planificación energética en los procesos de planificación urbana es posible, potenciando al mismo tiempo los nichos locales de economía verde, como muestra el caso de Sonderborg.

Respecto a las tareas mencionadas en este estudio y los Factores Clave identificados, la integración efectiva de la planificación energética en los procesos de planificación urbana (FC1) parece el escollo con mayor recorrido, dificultad e impacto para las administraciones locales, puesto que implica importantes transformaciones en sus estructuras: procesos, compromisos políticos, equipos y relaciones interdepartamentales, estrategias, normativas, herramientas, capacitación, etc. Este es un claro campo de avance para futuras

investigaciones del equipo redactor de este estudio. Por otro lado, una herramienta digital de transformación urbana capaz de reunir todos los datos urbanos necesarios, así como las contribuciones de los agentes locales, que ayude a la toma de decisiones en el mencionado proceso de integración, sería de gran valor para los procesos de descarbonización urbana inteligente. El desarrollo de esta herramienta también será objeto de estudio por parte de los autores.

REFERENCIAS

- [1] S. Angel, J. Parent, D. Civco, A. Blei, and D. T. Potere, "A Planet of Cities: Urban Land Cover Estimates and Projections for All Countries, 2000-2050," no. November 2014. Lincoln Institute of Land Policy, pp. 2000-2050, 2010.
- [2] Oxford University, "English Oxford Living Dictionaries," Oxford University Press, 2019. [Online]. Available: <https://en.oxforddictionaries.com/>. [Accessed: 05-Apr-2019].
- [3] United Nations Framework Convention on Climate Change, "Paris Agreement." pp. 1-16, 2015.
- [4] E. Commission, "Special Eurobarometer 479 Report Future of Europe - Climate change Fieldwork October - November 2018 Survey requested by the European Commission, and co-ordinated by the Directorate-General for Communication Special Eurobarometer 479 Report Future of Europe - Climate Change," no. November, 2018.
- [5] European Commission, "Covenant of Mayors for Climate & Energy," 2019. [Online]. Available: <https://www.covenantofmayors.eu/>. [Accessed: 23-Feb-2019].
- [6] E. Commission, Strategic Energy Technology (SET) Plan. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.
- [7] K. Urrutia, L. Fontán, F. J. Díez, F. Rodríguez, and J. Vicente, "Smart Zero Carbon City Readiness Level: Indicator System for City Diagnosis in the Basque Country moving towards Decarbonisation," DYNA Ing. e Ind., vol. 94, no. 3, pp. 332-338, 2018.
- [8] European Union, "Toledo Informal Ministerial Meeting on Urban Development Declaration." 2010.
- [9] SmartEnCity Consortium, "SmartEnCity Network." [Online]. Available: <http://smartencity.eu/network/join-us/>. [Accessed: 23-Jun-2019].
- [10] A. Mirakyan and R. De Guio, "Integrated energy planning in cities and territories: A review of methods and tools," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 22, pp. 289-297, 2013.
- [11] ProjectZero, "Roadmap2025. 50 steps towards a carbon neutral Sonderborg." Bright Green Business ProjectZero, Sonderborg, p. 64, 2018.
- [12] The Conference of the COP24 Parties, "The Katowice Texts. Proposal by the President Contents," Katowice texts. pp. 1-144, 2018.
- [13] P. M. Williams, "Community strategies: mainstreaming sustainable development and strategic planning?," Sustain. Dev., vol. 10, no. 4, pp. 197-205, 2002.
- [14] J. Ivner, "Do decision-making tools lead to better energy planning?," Linköping University, p. 25, 2009.
- [15] Aalborg University. Department Of Development And Planning, "EnergyPLAN. Advance energy system analysis computer model," 2019. [Online]. Available: <https://www.energyplan.eu/smartenergysystems/>. [Accessed: 20-Apr-2019].
- [16] PlanEnergi, "Energy Balance tool," SmartEnCity website, 2019. [Online]. Available: <https://smartencity.eu/outcomes/tools/>. [Accessed: 20-Apr-2019].
- [17] European Commission, "Second Report on the State of the Energy Union," Brussels, 2017.
- [18] D. J. Gordon and C. A. Johnson, "City-networks, global climate governance, and the road to 1.5 °C," Curr. Opin. Environ. Sustain., vol. 30, pp. 35-41, 2018.
- [19] SmartEnCity Consortium, "Energibyerne," 2019. [Online]. Available: <http://energibyerne.dk/>. [Accessed: 02-May-2019].
- [20] G. C. Unruh and A. Einstein, "Understanding carbon lock-in," Energy Policy, vol. 28, pp. 817-830, 2000.
- [21] G. C. Unruh, "Escaping carbon lock-in," Energy Policy, vol. 30, pp. 317-325, 2002.
- [22] F. W. Geels, "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes : a multi-level perspective and a case-study," Res. Policy, vol. 31, pp. 1257-1274, 2002.

AGRADECIMIENTOS

Además de la oportunidad de financiación de la Comisión Europea, los autores quieren expresar su profundo agradecimiento a los municipios de Sonderborg, Tartu, Vitoria-Gasteiz, Lecce y Asenovgrad por su estrecha colaboración en este estudio, y al conjunto del consorcio SmartEnCity por el apoyo científico.

Financiación: Esta investigación ha sido financiada por la Comisión Europea, bajo el número de concesión 691883.