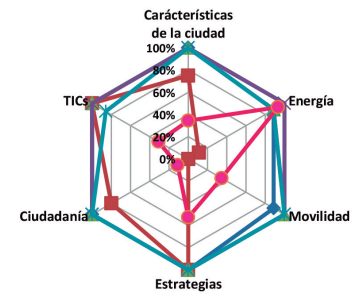


Smart Zero Carbon City Readiness Level: sistema de indicadores para el diagnóstico de las ciudades en su camino hacia la descarbonización y su aplicación en País Vasco



Smart Zero Carbon City Readiness Level: system for city diagnosis towards decarbonisation and its application in Basque Country



Koldo Urrutia-Azcona¹, Luis Fontán-Agorreta², Francisco-Javier Díez-Trinidad³, Francisco Rodríguez-Pérez-Curiel¹ y Julia Vicente-Gómez⁴

¹ Tecnalia Research Et Innovation. División de Construcción Sostenible. Parque Tecnológico de Vizcaya. Calle Geldo, Edif.700 - 48160 Derio (España). Tfno:+34 902 760000

² CEIT-IK4 Grupo de Smart Grids. División de Transporte y Energía. Parque Tecnológico Miramón. Paseo Mikeletegi, 48 - 20009 San Sebastian (España). Tfno:+34 943 212800

³ IK4-Tekniker. Unidad de Sistemas de Información Inteligentes. Parque Tecnológico. c/Itzi Goenaga, 5 - 20600 Eibar, Guipuzkoa (España). Tfno:+34 943 206744

⁴ Fundación CARTIF. División de energía. Parque Tecnológico Boecillo. C/Francisco Valles, 4 - 47151 Boecillo, Valladolid (España). Tfno:+34 983 546504

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8476> | Recibido: 08/09/2017 • Evaluando: 11/09/2017 • Aceptado: 20/11/2017

ABSTRACT

• Nowadays urban environments concentrate more than half the world's population, reaching up to 70% on 2050 according to forecasts. This concentration implies that most of future challenges will take place in cities as well as the opportunities coming from their potential solutions. Current technological innovation can provide support in facing one of main challenges society is facing: reducing carbon footprint from our cities. This ambitious transition, steered by the Smart Zero Carbon City (SZCC) concept, needs a flexible characterisation method, which can be adapted to different kinds of cities to evaluate the main features of each city, hence proposing and prioritising most suitable interventions. The aim of this study is focused on the characterisation of cities according to the SZCC concept through a set of indicators: the Smart Zero Carbon City Readiness Level (SZCC Readiness Level), able to analyse key aspects of cities according to SZCC concept (Characteristics of the city; City plans and strategies; Energy; Mobility; Infrastructures and ICT services; Citizen Engagement). This characterisation enlightens the development of SZCC concept in the city, identifying its strengths and weaknesses in order to ease the alternatives' selection towards decarbonisation, being handy at a time for those small and medium-sized municipalities, so common in the European context, which usually hold less resources than big capitals to implement decision-making support diagnoses. In order to validate this set of indicators, SZCC Readiness Level has been implemented in 5 Basque cities, which represent different urban typologies, analysing its current situation regarding SZCC concept.

• **Keywords:** Smart Zero Carbon City Readiness Level, Smart Zero Carbon Cities, Decarbonisation, City diagnosis, Indicators.

que surgirán de sus posibles soluciones, se encontrarán en las ciudades.

Uno de los principales retos urbanos es la disminución de la huella de carbono de nuestras ciudades, tratando de aprovechar el potencial de las soluciones tecnológicas. Esta ambiciosa transición, guiada por el concepto *Smart Zero Carbon City* (SZCC), necesita de un método de caracterización flexible capaz de adaptarse a distintos tipos de ciudades teniendo en cuenta las principales particularidades de cada una, para así proporcionar y priorizar las intervenciones más adecuadas.

El principal objetivo de este trabajo se centra en la caracterización de las ciudades en relación al innovador concepto SZCC, utilizando para ello el *Smart Zero Carbon City Readiness Level* (SZCC Readiness Level), una selección de indicadores capaz de analizar los aspectos clave de las principales áreas temáticas de la ciudad en relación al concepto SZCC (*Características de la ciudad, Planes y Estrategias, Energía, Movilidad Urbana, Infraestructuras y Servicios TIC, Participación Ciudadana*).

Esta caracterización permite conocer el desarrollo del concepto SZCC en la ciudad, detectando sus fortalezas y debilidades para facilitar la selección de alternativas hacia la descarbonización, resultando al mismo tiempo manejable para aquellos municipios de pequeño y medio tamaño, muy numerosos en el contexto europeo, y que habitualmente cuentan con menos recursos que las grandes capitales para implementar diagnósticos que faciliten la toma de decisiones.

Con el fin de validar esta selección de indicadores, SZCC Readiness Level se ha aplicado a 5 ciudades vascas representativas de distintas tipologías urbanas, analizando su estado actual entorno al concepto SZCC.

Palabras clave: Smart Zero Carbon City Readiness Level, Smart Zero Carbon Cities, Descarbonización, Diagnóstico ciudades, Indicadores.

RESUMEN

Actualmente, los entornos urbanos concentran más de la mitad de la población mundial, y se estima que lleguen a sobrepasar el 70% de la población para 2050. Esta concentración implica que una gran parte de los retos del futuro, así como las oportunidades

1. INTRODUCCIÓN

El ritmo de los cambios en nuestra civilización tecnológica se ha incrementado de forma vertiginosa desde mediados del siglo

pasado, generando desafíos y oportunidades que el conjunto de la sociedad ha aprovechado para obtener beneficios industriales y sociales que ahora disfrutamos. Sin embargo, existe un cambio desestabilizador que no es consecuencia directa de una única actuación humana, sino del conjunto de nuestras necesidades de obtener energía al menor coste posible; la utilización de combustibles fósiles y su consecuencia en el Cambio Climático. Las emisiones de gases de efecto invernadero totales provenientes de la actividad humana han aumentado progresivamente desde 1970[1], afectando sensiblemente a la sociedad, en general, y a las ciudades, en particular, provocando niveles eventualmente intolerables de contaminación urbana.

En estos momentos, los entornos urbanos concentran más de la mitad de la población mundial y, según las previsiones, superarán el 70% para 2050[2]. Esta concentración tiene grandes implicaciones en la gestión de las ciudades, dirigidas al objetivo de ser capaces de proporcionar a sus habitantes los más altos niveles de confort y calidad que se exige a los servicios disponibles; y todo ello, con la mira puesta en su propia sostenibilidad. La conclusión más inmediata es que los retos tecnológicos que dichas implicaciones traen aparejados, y las soluciones que permitan hacerlos realidad, estarán radicadas esencialmente en el entorno ciudadano[3], por ser aglutinadores de talento y generadores de ideas, y de nuevas soluciones a los problemas planteados, derivados del Cambio Climático que padecemos.

En esta línea, y ampliamente difundido en las conclusiones de la Cumbre sobre el Cambio Climático COP21 de París en diciembre de 2015[4], uno de los principales retos urbanos identificados es la reducción drástica de la huella de carbono, la descarbonización de nuestras ciudades, aprovechando el potencial de los avances tecnológicos actuales. En respuesta a este reto, el concepto *Smart Zero Carbon City* (SZCC) se establece como objetivo final de referencia, que guíe a nuestras ciudades en esta transición tan ambiciosa:

"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 energía son gestionadas de manera inteligente por agentes públicos/privados y ciudadanos eficientes y concienciados"[5]

En esta línea, la Comisión Europea afirma que un sistema energético descarbonizado para 2050 es posible si se sigue una hoja de ruta específica[6]. Como ejemplo, la ciudad de Copenhague pretende convertirse en 2025 en la primera capital en equilibrar su balance de emisiones de carbono, alcanzando un hito en el camino hacia su completa descarbonización[7].

Ante un reto semejante, el primer paso es disponer de información relevante y estructurada sobre el estado de cada ciudad en relación al concepto SZCC y sus particularidades, para así priorizar las intervenciones más adecuadas[8]. Además, resulta conveniente que los procedimientos de estudio hacia la descarbonización partan de bases objetivas; y que sean las mismas para todos los municipios, desarrollando criterios comunes a través de una selección de indicadores básicos idénticos para cualquier ciudad a estudio.

Sin embargo, a pesar de que a nivel internacional se está utilizando el concepto SZCC, no existen conjuntos de indicadores fácilmente medibles que permitan la caracterización de la ciudad en estos términos. Además, si estos indicadores son difíciles de

obtener y de mantener actualizados o es económicamente muy costoso hacerlo, no será fácil que los técnicos de los ayuntamientos los extraigan y utilicen de manera correcta.

Por consiguiente, el objetivo de este trabajo se centra en el desarrollo de una selección de indicadores objetivos y sencillos de obtener (que se ha denominado *Smart Zero Carbon City Readiness Level* –SZCC Readiness Level–) que permita caracterizar las ciudades en el ámbito SZCC. El diagnóstico de las ciudades a través del desarrollo de sistemas de indicadores es una línea de trabajo ampliamente abordada por otros autores[9][10][11][12]. Sin embargo, estos sistemas desarrollados cuentan con demasiados indicadores para un manejo ágil por parte de la administración, como en el caso de SCIS, CITYKEYS o ISO37120:2014, suponiendo un gran esfuerzo de implantación para cualquier ciudad, normalmente inasumible por los ayuntamientos de ciudades medianas y pequeñas. Además, en otros casos, a esta complejidad se suma la omisión de algunas temáticas fundamentales para la consecución de la SZCC, como la capacidad de la administración municipal para desarrollar estrategias en la materia, o la participación ciudadana.

Por el contrario, la premisa fundamental de este trabajo se basa en un conjunto simple de indicadores objetivos con los que caracterizar de manera fácil cualquier ciudad en cuanto a su aproximación al concepto SZCC, permitiendo identificar las debilidades y fortalezas de la misma, al objeto de seleccionar y priorizar las actuaciones más adecuadas para la reducción de su huella de carbono. Aunque basándose en las 3 premisas de la *Smart City*[13], la selección de indicadores que aquí se presenta no pretende proporcionar una radiografía completa y exhaustiva de la ciudad en su conjunto, sino facilitar una caracterización universal de las ciudades suficientemente fiable para dirigir las actuaciones de las administraciones competentes hacia su descarbonización.

Pese a que la selección de indicadores es válida para cualquier ciudad, está especialmente dirigida a pequeñas y medianas ciudades, que son las que disponen de menos recursos y medios técnicos para estudiar e implantar sistemas de indicadores. De este modo es posible incorporar al camino de la sostenibilidad, a través de un esfuerzo asumible, a estas pequeñas y medianas comunidades (entre 45.000 y 300.000 habitantes), que representan el 83,43% de las ciudades Europeas, según datos de Eurostat[14].

Para la validación de la selección de indicadores desarrollada, se ha aplicado a 5 ciudades vascas representativas de distintas tipologías urbanas. Las conclusiones obtenidas de este contraste han permitido la elección de los indicadores más interesantes, así como la cuantificación de éstos.

Por todo lo anterior, el presente estudio y el SZCC Readiness Level pretenden acercar, a las ciudades más pequeñas, a una tónica de utilización de indicadores que proporcione una lectura objetiva de los problemas urbanos y que aporte una caracterización clara en relación al concepto SZCC. Todo ello ayudará a los gestores municipales, y a los ciudadanos, a decidir cuáles son las acciones necesarias para alcanzar una descarbonización urbana efectiva.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. SELECCIÓN DE INDICADORES

La selección de indicadores *SZCC Readiness Level* se alimenta del desarrollo de una amplia lista de indicadores de diagnóstico de ciudad –un total de 148– generada dentro del proyecto europeo de regeneración urbana integrada *SmartEnCity*[15], cuyo objetivo es contribuir a la creación de *Smart Cities* libres de CO₂ en Europa

a través de estrategias de regeneración urbana, planes urbanos integrados e intervenciones integradas de distrito. Los indicadores han sido compilados atendiendo a distintas fuentes de referencia a nivel internacional, tras un mapeo en profundidad de las iniciativas de indicadores de ciudad existentes hasta la fecha [9] [10] [16] [11] [12], para monitorizar aspectos técnicos económicos, normativos, sociales o culturales de medidas relacionadas con la energía, el medioambiente, la calidad de vida, los servicios públicos municipales o las TICs, seleccionando aquellos más relevantes para diagnosticar el rendimiento de una ciudad en términos de la denominada SZCC, y determinar el potencial de intervención hacia una futura descarbonización de la ciudad analizada.

Para la selección del conjunto de indicadores realizada en el proyecto SmartEnCity, lo primero fue fijar unos objetivos técnicos, medioambientales, sociales y económicos que se deseaban evaluar relacionados con las diferentes actuaciones de rehabilitación de barrios, movilidad sostenible o participación ciudadana, pero manteniendo el enfoque holístico para la evaluación. A partir de ahí se generó la lista de indicadores que permitirían medir los impactos esperados para cada objetivo en términos energéticos, de reducciones de CO₂ u otras unidades en función de la categoría de impacto a evaluar.

El conjunto inicial de 148 indicadores de diagnóstico mencionados se distribuye inicialmente en tres pilares o tipos de actuación fundamentales: las acciones de renovación de distritos o distritos sostenibles, las acciones en el ámbito de la movilidad urbana sostenible y las acciones relacionadas con las infraestructuras y los procesos integrados como la participación ciudadana. Estos tres pilares se corresponden con tres de las principales líneas de trabajo del citado proyecto SmartEnCity, que coinciden a su vez con las tres áreas prioritarias identificadas por la Asociación Europea para la Innovación en Ciudades y Comunidades Inteligentes (European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities/ EIP-SCC). Dentro de estos tres grandes bloques se identifican indicadores de tipo técnico, medioambiental, social y económico que se han organizado finalmente dentro de siete protocolos de evaluación en función de su temática o campo de aplicación. Dichos protocolos hacen referencia respectivamente a aspectos energéticos, de TICs, análisis del ciclo de vida, movilidad, aceptación social, participación ciudadana y aspectos económicos.

En el proceso de selección de SZCC Readiness Level se han extractado los 44 indicadores identificados como los más apropiados para una caracterización de la ciudad en términos SZCC, en función de su *relevancia* –para el proceso de evaluación y metas futuras de la ciudad según el criterio experto de los autores del estudio–, *disponibilidad* –datos a priori accesibles para las administraciones, tratando de facilitar el proceso– y *familiaridad* –fácilmente entendibles por técnicos de la administración y

usuarios–. Se ha querido tener en cuenta que, en muchos casos, la información requerida para obtener una caracterización de una ciudad debe ser recopilada de diferentes fuentes o departamentos dentro de los ayuntamientos o fuera de ellos, y que quienes pueden suministrar dicha información o ser receptores de los resultados finales pueden no estar familiarizados con las formulaciones excesivamente técnicas que pudieran tener algunos indicadores. De ahí que la familiaridad haya sido uno de los criterios de selección de los indicadores, entendiendo como tal la facilidad para quien deba proporcionar la información de base para captar el concepto a medir o las variables usadas para ello. Del mismo modo, la disponibilidad de datos es un importante criterio a tener en cuenta, ya que el cálculo de ciertos indicadores implica la necesidad de disponer de sensores o medidores específicos, o al menos de recopilar información de empresas auxiliares que presten determinados servicios para el municipio, que dependiendo de su dimensión puede no resultar sencillo.

A su vez, estos indicadores se agrupan en las identificadas como áreas temáticas de caracterización principales –*Características de la ciudad, Planes y Estrategias, Energía, Movilidad Urbana, Infraestructuras y Servicios TIC, Participación Ciudadana*–. Cada una de estas áreas cubre una parcela de información necesaria para una caracterización global. Más allá de los datos generales, uno de los puntos iniciales a evaluar es la existencia de estrategias a nivel municipal encaminadas a la promoción de actuaciones sostenibles en distintos ámbitos (eficiencia energética, movilidad, etc.) y el nivel de involucración de las administraciones locales en dicho tipo de actuaciones. Energéticamente hablando, además del consumo anual per cápita, se evalúa el uso de diferentes fuentes energéticas, tanto fósiles como renovables, distinguiendo en este último caso diferentes alternativas. En cuanto a movilidad se refiere, se valora el uso de medios de transporte respetuosos con el medio ambiente y el estado de infraestructuras relacionadas (carriles bici o puntos de recarga de vehículos eléctricos, por ejemplo). Dentro del área de TICs, se recoge información de la existencia de datos recopilados por las estaciones y puntos de información municipales, así como de los servicios TIC ofrecidos. Finalmente hay una serie de indicadores que tratan de medir de forma sencilla el nivel de participación ciudadana en el municipio.

Con el fin de homogenizar el resultado de los indicadores, y así facilitar la comparabilidad entre ciudades, se toma una estructura común para el sistema de medición de cada indicador, incluyendo los siguientes campos de información:

2.2. APLICACIÓN DEL SZCC READINESS LEVEL EN CONDICIONES REALES

Con el objetivo de validar la selección de indicadores del SZCC Readiness Level en condiciones reales, se han considerado

CAMPO DE INFORMACIÓN	EJEMPLO
Área temática de diagnóstico de la ciudad a la que pertenece el indicador	“Características de la ciudad”
Descripción del indicador	“Residuos generados”
Valor/ magnitud del indicador	“0,358”
Unidad de medida del indicador	“Ton./ Hab./ Año”
Fuente de información necesaria para el cálculo del indicador	“Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz”
Comentario aclarativo, en caso ser necesaria alguna puntualización sobre la disponibilidad u obsolescencia de la información, su nivel de accesibilidad, u otro matiz necesario para la comprensión del dato	“3 días/año por encima del límite recomendado por la OMS”

Tabla I: Estructura común de indicadores del SZCC Readiness Level

las ciudades del País Vasco con una población superior a 25.000 habitantes, cifra identificada por el equipo como factor limitante del potencial de impacto de estrategias a nivel de ciudad. Dentro de este abanico de 15 ciudades, según datos del Eustat[17], se han seleccionado y contactado a 5 consideradas representativas de distintas características y entornos, tanto capitales de medio tamaño como ciudades de menor población, para poder testar la selección de indicadores:

Como se menciona anteriormente, esta reflexión es especialmente relevante en ciudades pequeñas y medianas, lejos del alcance, visibilidad y recursos de las grandes capitales europeas. De las 962 ciudades europeas que superan los 45.000 habitantes, según datos de Eurostat, 793 cuentan con una población de entre 45.000 y 300.000 habitantes[14], llegando al 83,43% del total, dato que indica el impacto de las ciudades de pequeño y medio tamaño en los objetivos de reducción de emisiones marcados por la Unión Europea para 2020 y 2030[18]. Como indica el lema del proyecto cofinanciado por la Comisión Europea *SmartEnCity – Towards Smart Zero CO₂ Cities Across Europe*, "you don't have to be a capital city to make a major difference"[15], tratando de involucrar en la senda de la descarbonización inteligente a este numeroso abanico de ciudades europeas. En esta línea, el potencial de aplicación e impacto de *SZCC Readiness Level* va de la mano de este tipo de ciudades, teniendo la capacidad de ejercer de motor de arranque y seguimiento de esta ambiciosa transición para todas ellas, atendiendo a la universalidad de los indicadores seleccionados en el sistema.

Finalmente, el contacto con las ciudades seleccionadas para el intercambio de información se ha producido a través de reuniones presenciales y correo electrónico, con el fin de establecer un seguimiento del proceso y, al mismo tiempo, no influir en la medición de los indicadores, asegurando la capacidad de autogestión de las ciudades en el proceso. Una vez obtenidas las tablas de indicadores completadas por parte de las ciudades, el grupo de trabajo ha procedido al contraste de aquella información comprobable en fuentes de libre acceso, así como a la comparación de indicadores entre las distintas ciudades, con el fin de detectar posibles anomalías.

3. RESULTADOS

La siguiente tabla reúne los principales resultados obtenidos en la aplicación de la selección de indicadores a las 5 ciudades seleccionadas.

Al analizar los datos recopilados, las ciudades a estudio presentan valores dispares para algunos indicadores como se podría prever, consecuencia de tipologías urbanas diversas: desde ciudades pequeñas y compactas como Sestao, a Vitoria-Gasteiz, 76 veces más extensa, 8,5 veces menos densa y con un índice de

población 9 veces mayor al de la ciudad vizcaína. Esta diversidad también se traslada al plano socioeconómico, donde Donostia-San Sebastián despunta claramente tanto en renta media per cápita, triplicando la de Sestao, como en su reducida tasa de desempleo, rondando el 10%. En este capítulo, también es reseñable la alta generación de residuos en Irun, así como la mínima exposición a contaminación acústica de los habitantes de Sestao, en referencia a las demás ciudades analizadas.

A nivel energético, las conclusiones son claras: la producción y consumo de combustibles fósiles es dominante respecto al de energías renovables en todas las ciudades analizadas, factor clave en la transición hacia la SZCC. Además, queda patente el gran esfuerzo general a realizar en la reducción del consumo, el aumento de la eficiencia energética y la implementación de renovables a nivel local.

En el ámbito de movilidad urbana, estrechamente ligado al energético, el objetivo de ciudad SZCC persigue incentivar los medios de movilidad activa (peatonal/ ciclista), con menor impacto en la huella de carbono de la ciudad, sustituyendo combustibles fósiles por energías renovables en los casos de tráfico motorizado (vehículo privado/ transporte público). Como conclusiones generales, los municipios presentan tasas de movilidad peatonal importantes, aunque deberían redoblar esfuerzos en potenciar la movilidad ciclista, todavía escasa a excepción de Vitoria-Gasteiz, donde está ganando terreno. El vehículo privado motorizado sigue teniendo gran presencia en todas las ciudades, mientras que el uso del vehículo eléctrico es insignificante y los puntos de recarga casi inexistentes. Para la consecución de la SZCC, es imprescindible reducir la presencia del vehículo privado motorizado, además de formalizar la apuesta de los municipios por la conveniencia del vehículo eléctrico a través de una red de puntos de recarga adecuada, incentivos fiscales o aparcamientos preferentes para este tipo de vehículos. Respecto al transporte público su presencia es dispar, variando del 7,7% de Vitoria-Gasteiz hasta un significativo 46,5% en Sestao, respecto al total del reparto modal, datos que responden a razones particulares de cada ciudad, como la creciente presencia de la bicicleta en Vitoria-Gasteiz en detrimento del transporte público, o la proximidad de Sestao al municipio de Bilbao y su poder de atracción como principal nodo de actividad del entorno, dificultando una conclusión generalizada para las ciudades de aplicación.

En términos estratégicos, se percibe una involucración más alta en proyectos Smart City por parte de las administraciones de las ciudades de mayor tamaño. A pesar de que la mayoría de municipios no cuenta actualmente con una estrategia Smart City, sí han desarrollado estrategias de eficiencia energética del entorno construido, sostenibilidad y movilidad activa, lo que demuestra el interés de los municipios en los pilares del concepto SZCC.

CIUDAD	PROVINCIA	HABITANTES	INSTITUCIÓN CONTACTADA
Donostia-San Sebastián	Guipúzcoa	180.179	Fomento San Sebastián y Ayuntamiento de San Sebastián
Eibar	Guipúzcoa	27.158	Ayuntamiento de Eibar; Concejalía de Urbanismo
Irun	Guipúzcoa	59.673	Ayuntamiento de Irun; Departamento de Sociedad, Información y Participación Ciudadana, y Área de Urbanismo y Desarrollo Sostenible
Sestao	Vizcaya	27.286	Sestaoberri S.A
Vitoria-Gasteiz	Álava	241.451	Ayuntamiento Vitoria-Gasteiz, Centro de Estudios Ambientales

Tabla II: Ciudades seleccionadas para aplicación del SZCC Readiness Level

Finalmente cabe destacar la diferencia, tanto en infraestructuras y servicios TICs como en grado de participación en procesos de planeamiento, entre las ciudades de tamaño medio (Donostia-San Sebastián/ Vitoria-Gasteiz) y las más pequeñas (Irún/ Eibar/

Sestao). Es en estas últimas donde resultaría más necesario un grado mayor de participación ciudadana y de smartización de las soluciones urbanas, a pesar de la presumible menor disponibilidad de recursos para ello, para adecuarse al perfil de ciudad SZCC.

	INDICADOR	VITORIA	SAN SEBASTIAN	IRUN	SESTAO	EIBAR
CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD	Tamaño (Km ²)	276,8	60,89	42,4	3,61	24,56
	Población (habitantes)	246.042	186.095	62.279	27.286	27.158
	Densidad de población (hab./Km ²)	888,88	3050	1.468,84	7.558,45	1.105,78
	Edad media de la población (años)	43,1	45,32	43,9	46,31	47,5
	Renta media (€)	26.765	37.805	26.765	12.888	30.310
	Tasa de desempleo (%)	13,8	10,9	13,16	17,89	14,54
	Residuos generados (Ton./hab./año)	0,358	0,43	0,735	0,317	No disp.
	Contaminación acústica. (% hab. expuestos > 55dB por la noche)	19	28	12	1,74	No disp.
ENERGÍA	> Combustibles fósiles (GWh/año)	2038,5	2725,122	931,246	420,48	No disp.
	> District Heating (GWh/año)	0	0	0	0	No disp.
	> Biomasa (GWh/año)	10,61	2,1813	0,1125	0,0923	No disp.
	> Fotovoltaicas (GWh/año)	0,91	1,630276	0,3130	0,1348	0,12
	> Termosolares (GWh/año)	3,3	0,567404	0,6690	0,1126	No disp.
	> Hidráulica (GWh/año)	0	No disp.	0,2055	0	No disp.
	> Geotermia (GWh/año)	No disp.	1,408296	No disp.	0	No disp.
	> Mini-Eólica (GWh/año)	0,05	0,00814	0,0005	0	No disp.
	Consumo energético total per cápita (MWh/hab./año)	12,09	18,68	18,3	15,7	No disp.
MOVILIDAD	> Peatonal (%)	54,4	49	50,7	12,7	No disp.
	> Bicicleta (%)	12,3	3,8	0,8	0,5	No disp.
	> Transporte público (%)	7,7	19	11,9	46,5	No disp.
	> Vehículo privado (%)	24,7	26	34,8	38,1	No disp.
	Nº vehículos per cápita	0,577	0,398	0,659	0,5185	No disp.
	Porcentaje de vehículos eléctricos (%)	0,027	0,0005	0,027	0,007	No disp.
	Número de puntos de recarga para vehículos eléctricos	6	5	3	3	No disp.
	Número de viajes en transporte público anual per cápita	66,67	153	26,29	181	No disp.
	Carril bici y sendas ciclables (km/ hab.)	0,00057	0,00039	0,00031	0,00037	No disp.
	Energía renovable en el transporte público (%)	4	No disp.	0	9	4
PLANES/ ESTRATEGIAS DE LA CIUDAD	Estrategia de eficiencia energética del entorno construido (PAES)	Si	Si	Si	No	Si
	Estrategia de promoción de movilidad sostenible (PMUS)	Si	Si	Si	No	Si
	Estrategia de sostenibilidad	Si	Si	Si	Si	Si
	Estrategia Smart City	No	Si	No	No	No
	Involucración de la administración en proyectos Smart City (1 Muy en desacuerdo -5 Muy de acuerdo)	4	5	2	5	2
CIUDADANÍA	Tasa de reciclaje (%)	26,5	38,1	43,59	39,7	42
	Participación en las últimas elecciones municipales (%)	64,76	66,7	60,47	61,18	62,2
	Número de puntos de información en la ciudad	11	9	9	4	1
	Número de páginas web en el ámbito municipal	2	21	1	1	3
	Grado de participación en procesos de planeamiento (escala Likert)	Participación intensa	Participación intensa	Consulta (Medio)	Consulta (Medio)	No disp.
INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS TIC	Número de estaciones de calidad del aire	4	5	0	2	0
	Número de estaciones de ruido	7	5	0	0	0
	Número de estaciones meteorológicas	5	4	0	1	0
	Número de puntos de préstamos de bicicleta pública	0	16	0	0	0
	Número de paneles de información para el aparcamiento	12	9	0	0	4
	Número de áreas con WIFI gratuito	No disp.	(305.494m ²)	5	7	0
	Plataformas TIC orientadas a la ciudadanía (trámites online, participación, etc.)	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla III: Selección de indicadores SZCC Readiness Level; comparativa entre ciudades a estudio

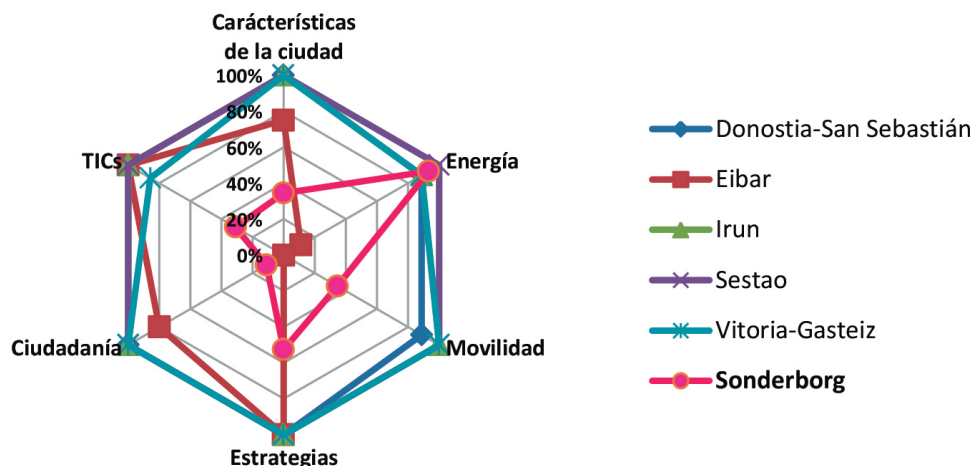


Figura 1: Porcentaje de indicadores completados por ciudad y área

A todo este análisis habría que añadir que un elemento importante para una transición eficiente de una ciudad hacia su descarbonización es la disponibilidad de información, para que puedan hacerse análisis ajustados al momento que esté atravesando la ciudad y su ciudadanía. Lo que no se conoce bien no puede ser mejorado, ni correctamente valorada su posible mejora.

4. DISCUSIÓN

El acceso a información precisa que permite los procesos de diagnóstico de ciudades en base a un sistema de indicadores presenta dificultades. Estos procesos tienden a requerir un nivel de recursos alto, tanto en tiempo como en personal, debido a la complejidad en la gestión de la información: ausencia de datos, datos no recogidos de manera regular, datos obsoletos, identificación de información y su depositario, colaboración del depositario, interacción entre distintos departamentos/instituciones, falta de automatización y formación en gestión de bases de datos, falta de transparencia, o presencia de datos agregados/disgregados, entre otros problemas.

Tras una selección exhaustiva de los indicadores incluidos y ser testada por las ciudades, *SZCC Readiness Level* refleja su capacidad para obtener la información necesaria para abordar una caracterización en términos *SZCC* y, al mismo tiempo, funcionar como una selección de indicadores manejable para los técnicos de las administraciones locales. A diferencia de otros sistemas de indicadores de ciudad, *SZCC Readiness Level* presenta un número suficientemente acotado de indicadores para permitir a las pequeñas administraciones autogestionar el proceso y, al mismo tiempo, obtener una caracterización representativa del estado de la ciudad. El contacto cercano con técnicos de las distintas administraciones ha permitido tomar el pulso de las ciudades en la materia, para así elaborar un sistema que se adecúe a sus necesidades de contexto, mostrándose especialmente eficaz en aquellos ayuntamientos donde los recursos son más limitados. Por otro lado, la búsqueda simplicidad de uso del sistema provoca una recopilación de información más selectiva, y por tanto un volumen mucho menor de información a procesar que el de otros sistemas de indicadores existentes en el ámbito de ciudad como SCIS, CITYKEYS, ISO 37120:2014, o ITU SSC[9][10][11][12]. En definitiva, dada la dificultad de las ciudades para dar respuesta a los sistemas de indicadores, se trata de hallar un punto de encuentro más preciso entre el diseño de los sistemas de indicadores y una gestión de datos más optimizada por parte de

las ciudades. En el caso de aplicación del estudio presentado, las cinco ciudades han sido capaces de autogestionar la información necesaria para completar el 90% de los indicadores (198/220), alcanzando el 100% en Sestao (44/44) y superando el 95% en Irun (43/44), Donostia-San Sebastián (42/44) y Vitoria-Gasteiz (42/44). Como dato de contraste a nivel europeo, con el sistema de 148 indicadores creado para el proyecto SmartEnCity, la ciudad de Sonderborg (27.434 habitantes; Dinamarca) fue capaz de responder al 52% de los indicadores. La ciudad danesa se ha propuesto la descarbonización para el año 2029[19], dedicando gran cantidad de recursos a esta casusa y, pese a ello, el porcentaje refleja la dificultad de obtener caracterizaciones concluyentes con los sistemas de indicadores actuales para este tipo de municipios.

Por otro lado, los resultados de este trabajo muestran el alto nivel de interés e implicación de las administraciones locales contactadas en referencia a la temática abordada. El movimiento Smart City y la descarbonización urbana son detectados por las administraciones locales como vehículos hacia unas ciudades más sostenibles, inteligentes y con mayor índice de calidad de vida para sus ciudadanos. En consecuencia, esta selección de indicadores es detectada como una oportunidad para implicarse en el movimiento *SZCC*, y así caracterizar la ciudad en estos términos para promover políticas hacia este objetivo. La selección de estos indicadores persigue de manera paralela invitar a las administraciones locales a reflexionar sobre la descarbonización de los entornos urbanos y su smartización, llevando a los técnicos municipales a valorar factores concretos como, por ejemplo, las estrategias de ciudad al respecto, el peso de las energías renovables en su balance energético, los patrones de movilidad, o el estado de sus infraestructuras TIC, entre otras variables. En este sentido, gracias a la caracterización a través de un número limitado de indicadores, los responsables y técnicos municipales podrán contar con información objetiva en relación a los pilares que sustentan el concepto *SZCC*. Como explicita la Comisión Europea en el *Second Report on the State of the Energy Union* de 2017, el foco se traslada ahora a la implementación de medidas, a la toma de decisiones de impacto para la consecución de los objetivos europeos[20], donde esta caracterización ayudará a establecer las bases para desarrollar un diagnóstico que defina esas líneas de actuación.

Respecto a la temática de los indicadores, *SZCC Readiness Level* aglutina las temáticas fundamentales del concepto *SZCC* para conseguir caracterizar una ciudad que busque eliminar su huella de carbono, a través de una reducción de la demanda

energética, una producción renovable, una gestión inteligente y la concienciación social. Los sistemas de indicadores existentes olvidan comprobar aspectos clave para esta transición, como la existencia o no de estrategias urbanas en materias de energía, movilidad, smartización o sostenibilidad; este es el caso de SCIS[12], ITU[11], mientras que en CITYKEYS sólo contemplan las dos últimas[10]. En otros casos, los sistemas de indicadores están demasiado centrados en algunas temáticas, desatendiendo otras fundamentales, como en PLEEC[16], donde el ámbito energético es protagonista, mientras que los aspectos estratégicos y de participación ciudadana no figuran entre los indicadores.

Finalmente, respecto a la valoración del sistema en términos de extrapolabilidad y universalidad de la selección de indicadores, y en base a los resultados de la aplicación en las ciudades a estudio, los autores consideran que *SZCC Readiness Level* es capaz de adaptarse a distintos contextos urbanos, ya que a pesar de que el muestreo se ha centrado exclusivamente en ciudades del País Vasco, los criterios desarrollados para la selección de indicadores son comunes a cualquier ciudad que se sometiera a estudio. En algunos casos los indicadores son datos estadísticos directos, necesarios para la caracterización urbana, y en otros casos son propiamente indicadores, siempre resultado de un cálculo sencillo; en unos casos son numéricos y en otros cualitativos; pero en todos ellos cada indicador es reflejo de una realidad urbana inherente a cualquier ciudad que quiera dirigir sus esfuerzos hacia la consecución de la SZCC. Dicha ciudad se verá forzada a una transición energética, que a su vez modifique sus patrones de movilidad, sirviéndose de planes y estrategias ad-hoc, de una digitalización del entorno urbano y de una ciudadanía concienciada para alcanzar el objetivo, encontrando estos ámbitos reflejados en el sistema de caracterización. El mayor riesgo de funcionamiento del sistema en una ciudad sería la ausencia de datos base para el cálculo de algunos indicadores, e incluso esta circunstancia sería indicativa en términos SZCC para la caracterización de dicha ciudad.

5. CONCLUSIONES

Se propone un sistema de indicadores de uso sencillo que acerque a las ciudades pequeñas y medianas a la utilización de indicadores, proporcionando valores objetivos de las distintas dimensiones urbanas fundamentales para la consecución de la *Smart Zero Carbon City*, aportando una caracterización clara al respecto. Dicha caracterización ayudará a los gestores municipales y sus ciudadanos a decidir cuáles son las acciones necesarias para alcanzar una descarbonización efectiva.

La disponibilidad de información objetiva de la realidad urbana se contempla como un factor decisivo en esta transición. Este sistema de indicadores ayudará no sólo en la caracterización de las ciudades, sino también de sus retos hacia la SZCC, reflejando las necesidades de éstas y, en consecuencia, marcando la pauta de innovación en sectores como construcción, automoción y transporte, energía y medio ambiente, tratamiento de residuos, digitalización y participación, orientando la smartización y eficiencia de la inminente industria 4.0 hacia el beneficio de los ciudadanos y sus entornos.

Este trabajo representa un primer paso en el soporte técnico que las ciudades necesitan para alcanzar el objetivo SZCC. Siguiendo esta línea conceptual, el equipo de trabajo continúa con el desarrollo de la investigación, centrándose en la evaluación de estos indicadores, su ponderación, y su aplicación a otras ciudades del contexto europeo, principalmente a través de la SmartEnCity

Network[15], con el objetivo de diseñar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones hacia la SZCC, que sea capaz de ponderar los distintos indicadores, demostrando su escalabilidad y extrapolabilidad a cualquier tipo de ciudad y contexto urbano más allá del País Vasco.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Grupo Intergubernamental Expertos sobre Cambio Climático, "Cambio Climático 2014. Mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas." p.40, 2015.
- [2] OECD, "Cities and Climate Change. National governments enabling local action." Bloomberg Philanthropies, p.20, 2014.
- [3] P.E.Branchi, C.Fernández, and I.Matías, "Metodología para definir una herramienta de evaluación tecnológica en las Smart Cities," DYNA Ing. e Ind., 2015.
- [4] United Nations Environment Programme, "Climate commitments of subnational actors and business. A quantitative assessment of their emission reduction impact", Nairobi, p.39, 2015.
- [5] K.Urrutia and F.Rodríguez, "Smart Zero Carbon Cities: Factores Clave para la Descarbonización de las Ciudades," in III Congreso Ciudades Inteligentes. Libro de Comunicaciones, Grupo Tecma Red S.L., Madrid, 2017, p.725.
- [6] Comisión Europea, "Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050," COM(2011) 112 Final, vol.34, pp.1-34, 2011.
- [7] City of Copenhagen, "CPH2025 Climate Plan. A green, smart and carbon neutral city", p.64, 2012.
- [8] R.Caro-Carretero and F.García Jiménez, "Proceso de toma de decisiones de sostenibilidad en un proyecto técnico municipal," DYNA Energía y Sostenibilidad, vol.3, no.1, 2014.
- [9] International Organization for Standardization, "ISO37120:2014 Sustainable development of communities. Indicators for city services and quality of life", 2014.
- [10] P.Bosch et al., "CITYkeys indicators for Smart City projects and Smart Cities", 2017.
- [11] International Telecommunication Union, "KPIs for Smart-Sustainable Cities to assess the achievement of sustainable development goals." UNECE, p.57, 2015.
- [12] S.Möller and C.Wilson, "Smart Cities Information System. KPIs Guide" p.59, 2016.
- [13] J.Green, "The Smart City Playbook: smart, safe, sustainable." Machina Records, p.88, 2016.
- [14] EUROSTAT, "Statistics on European Cities", 2016. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/cache/RCI/#?vis=city.statistics&lang=en>. [Accessed:25-Jan-2017].
- [15] SmartEnCity Consortium, "SmartEnCity Network." [Online]. Available: http://smartencity.eu/news/detail/?rx_call=22. [Accessed:20-Jan-2017].
- [16] R.Giffinger et al., "Planning for Energy Efficient Cities. Methodology for monitoring", 2014.
- [17] EUSTAT, "Estadística Municipal de Habitantes. Población de la C.A.P.V. por ámbitos territoriales" 2016. [Online]. Available: http://www.eustat.eus/estadisticas/tema_159/opt_0/ti_Poblacion/temas.html. [Accessed:16-Nov-2016].
- [18] Comisión Europea, "Marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030," Bruselas, 2014.
- [19] "ProjectZero. Bright Green Business." [Online]. Available: www.projectzero.dk/. [Accessed:07-Nov-2017].
- [20] Comisión Europea, "Second Report on the State of the Energy Union," Bruselas, 2017.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su profundo agradecimiento a las administraciones de Donostia-San Sebastián, Eibar, Irún, Sestao y Vitoria-Gasteiz por la estrecha colaboración e involucración de sus técnicos en la tarea. Del mismo modo, agradecer al Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco, mediante la convocatoria Eraikal, y a la Comisión Europea, a través del proyecto SmartEnCity, por hacer posible este estudio.