

Open City Toolkit: hacia ciudades más abiertas y participativas

Sergio TRILLES; Carlos GRANELL; Auriol DEGBELO; Devanjan BHATTACHARYA

En la literatura se distinguen dos enfoques diferentes para la transformación de las actuales ciudades en ciudades inteligentes: (a) ofrecer sistemas más eficientes y autónomos a través del uso de la tecnología, sensores, etc.; o (b) educar a los ciudadanos para que puedan hacer frente a los avances tecnológicos en sus ciudades.

En este contexto, el proyecto GEO-C (H2020-MSCA-ITN-2014) tiene como objetivo ofrecer estos dos enfoques. Para ello se ofrece una plataforma de *software* abierto, llamada *Open City Toolkit*. Dicha plataforma es considerada como la aglutinación de herramientas para capacitar tanto a ciudadanos y desarrolladores como a administraciones públicas, en la participación ciudadana y lograr ciudades más abiertas e inteligentes. Entre estas herramientas se encuentran: aplicaciones, conjuntos de datos, servicios y guías.

La *Open City Toolkit* tiene como misión integrar los avances de investigación provenientes de diferentes temáticas alrededor de las ciudades inteligentes. Dichos avances son los resultados de los diferentes temas de investigación llevados a cabo por los quince estudiantes de doctorado pertenecientes al proyecto. Por otra parte, la caja de herramientas también tiene como objetivo difundir los avances de la ciencia y tecnología geoespacial a los usuarios detallados, para hacer frente a los retos de las ciudades abiertas y participativas.

PALABRAS CLAVE

Ciudades inteligentes, *open data*, participación ciudadana, caja de herramientas abiertas

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un fuerte impulso a las llamadas ciudades inteligentes. Son muchas las iniciativas, desde los ámbitos públicos y privados, que empujan hacia la mejora de las diferentes dimensiones que se dan dentro de la ciudad mediante el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), todas ellas con objetivos y estrategias dispares para su implementación. Algunas están impulsadas por empresas, con el objetivo de promover su propia tecnología (propietaria) como son los casos de IBM Smarter Cities [1] o Microsoft CityNext [2]. Mientras que otras, han sido desarrolladas mediante consorcios de universidades, empresas y/o ayuntamientos que establecen una colaboración para transformar las ciudades en inteligentes, en este caso, mayoritariamente siguiendo tecnologías abiertas (por ejemplo, MK: smart [3], CitySDK [4]).

Según la definición de Yin y otros [5] «una ciudad inteligente es un sistema de integración tecnológico que se basa en el procesamiento de datos avanzados con los objetivos de hacer que el gobierno de la ciudad sea más eficiente, los ciudadanos más felices, las empresas más prósperas y el medio ambiente más sostenible». Esta definición, señala como actores principales de las ciudades inteligentes a los ciudadanos y ciudadanas, y es ese mismo el eje principal del proyecto que se pretende presentar. Este artículo muestra el papel que puede desempeñar el uso de las ciencias geoespaciales y el uso de datos abiertos, especialmente los geoespaciales, a las ciudades de hoy en día. De esta forma, el proyecto pretende sacar el máximo provecho a los datos abiertos disponibles en la actualidad, mediante las ciencias geoespaciales, para fomentar la innovación y la creatividad de los propios ciudadanos. El proyecto se llama «*Joint Doctorate in Geoinformatics: Enabling Open Cities*» (GEO-C) [6]. Dicho proyecto es financiado por el programa *EU Marie Curie International Training Networks* (ITN), *European Joint Doctorates* (EJD).

De forma general, el proyecto tiene como objetivo contribuir con métodos y herramientas para fomentar las ciudades inteligentes y abiertas, con lo que se espera que los propios ciudadanos

puedan participar en todos los niveles y beneficiarse en su vida cotidiana. El proyecto GEO-C involucra a 15 estudiantes de doctorado (5 en España, 5 en Portugal y 5 en Alemania), los que trabajan en líneas de investigación relacionadas con las ciudades inteligentes. Todos los resultados provenientes de las 15 tesis serán integrados en la llamada *Open City Toolkit* (OCT). La OCT se concibe como un *software* de código abierto integrado para la capacitación de los ciudadanos, que les proporciona herramientas analíticas y servicios centrados en ellos en el contexto de una ciudad inteligente. Está diseñada para mantener todos los recursos resultantes (es decir, datos, procesos, servicios, directrices, normas, ontologías y modelos), junto con las utilidades, guías, herramientas y aplicaciones que hacen uso de esos recursos.

La actual comunicación, aparte de la introducción, se divide en 4 secciones. La segunda sección detalla las aportaciones que las ciencias geoespaciales deben aportar en el contexto de las ciudades inteligentes. Seguidamente, en la tercera sección, se detallan las 15 propuestas de tesis. La cuarta sección muestra cómo se compone la caja de herramientas OCT. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones referentes al objetivo del artículo, que es la desimananción del proyecto GEO-C.

EL PAPEL DE LAS CIENCIAS GEOSPACIALES EN LAS CIUDADES INTELIGENTES

Esta sección, se centrará en enumerar las contribuciones o aportaciones que las ciencias geoespaciales han de proporcionar para enriquecer las ciudades inteligentes. Dichas ciencias están íntimamente relacionadas con múltiples aspectos de una ciudad inteligente, como por ejemplo la adquisición de datos, procesamiento, análisis, representación y visualización [7] [8].

Para realizar una clasificación de las diferentes aportaciones, se han definido tres tipos de categorías (véase la figura 1) [9]. Éstas son: empoderamiento de los ciudadanos, métodos y herramientas de análisis y servicios basados en los ciudadanos. A continuación, se detallará cada una de ellas.

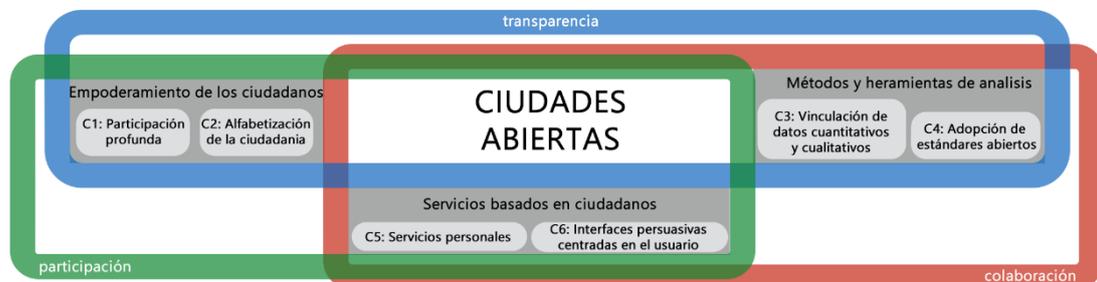


Figura 1: Categorías basadas en los ciudadanos: empoderamiento de los ciudadanos, métodos y herramientas de análisis, y servicios centrados en los ciudadanos.

1. Empoderamiento de los ciudadanos

- a. Participación profunda (C1): la participación en todos los niveles y por todos los ciudadanos ha atraído relativamente poca atención hasta la actualidad en la literatura sobre ciudades inteligentes. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de Participación Pública (PPGIS) fueron quizás uno de los primeros intentos de poner las capacidades geoespaciales en manos de los ciudadanos para mejorar la participación y la comunicación eficaz entre los expertos y los no expertos.

La participación mediante los PPGIS no puede hacerse sin una profunda comprensión de las motivaciones de los ciudadanos que van a participar. Coleman y otros [10] realizan un análisis de las diferentes recompensas que los ciudadanos han de recibir cuando colaboren en programas de participación ciudadana. Por lo que se produce una situación de ganar-ganar, ya que los usuarios están recibiendo una compensación y los dirigentes de las ciudades recopilan datos y conocimiento de los ciudadanos [11]. Esta tendencia se llama «gamificación» y tiene como

objetivo superar las limitaciones de las herramientas PPGIS, fomentar la participación ciudadana y asegurar su compromiso de reciprocidad con los usuarios.

- b. Alfabetización de la ciudadanía (C2): el ofrecer la información mediante una representación sencilla y comprensible, como por ejemplo mediante el uso de un mapa, favorece que los ciudadanos asimilen de la información que se les presenta [12]. Kraak [13] señala que los mapas tienen la capacidad de presentar, sintetizar, analizar y explorar el mundo real, ya que permiten visualizarlo de una manera abstracta y sólo presentan una selección de su complejidad.

2. Métodos y herramientas de análisis

- a. Vinculación de datos cuantitativos y cualitativos (C3): se refiere a métodos de análisis que son capaces de integrar datos cuantitativos e información cualitativa a través de actividades de ciencia ciudadana, servicios de redes sociales y herramientas de *crowdsourcing*. En el contexto de las ciudades inteligentes el uso de autómatas celulares para modelar ciudades es vital. Los autómatas celulares aparecen en la lista de Goodchild [14] como unos de los principales logros de la ciencia geoespacial. Los autómatas celulares ayudan a modelar el medio ambiente como las células adyacentes [15]. Cada célula tiene un estado que se refiere a sus atributos y las transiciones entre estados celulares se modelan mediante reglas simples. Un modelo celular supone únicamente un espacio de acción (por lo general una rejilla), un conjunto de condiciones iniciales y un conjunto de reglas de comportamiento [16]. En otras palabras, pueden interpretarse como generadores de crecimiento y decrecimiento. El amplio uso del modelo de autómatas celulares (por ejemplo, véanse [17,18] para las revisiones de las aplicaciones de autómatas celulares) proporciona evidencia de que los autómatas celulares son una técnica que vale la pena considerar para predecir y simular el crecimiento urbano en un contexto de ciudad inteligente.
- b. La adopción de estándares abiertos (C4): en las ciencias geoespaciales los principales estándares abiertos son los de la organización *Open Geospatial Consortium* (OGC) [19]. OGC es una organización internacional sin fines de lucro, que desarrolla estándares abiertos para la comunidad geoespacial mundial. Estos estándares son utilizados en una amplia variedad de dominios, incluidos el medio ambiente, seguridad, salud, agricultura, meteorología, el desarrollo sostenible y las ciudades inteligentes. [20,21] identifican la importancia de los estándares abiertos para cualquier proyecto de ciudad inteligente y proponen un marco común de información geoespacial para los sistemas y procesos de toma de decisiones en ciudades basados en la integración de estándares abiertos de OGC y la tecnología geoespacial.

Los sensores son cruciales para los sistemas inteligentes, como también para las ciudades inteligentes [22,23] y están bien definidos por los estándares OGC *Sensor Web Enablement* (SWE) [24]. La *suite* de estándares OGC SWE especifica las interfaces y las codificaciones de metadatos que permiten la integración en tiempo real de las redes de sensores heterogéneos [25].

3. Servicios basados en ciudadanos

- a. Los servicios personales (C5) pueden ser considerados como la nueva generación de Servicios Basados en la Localización (LBS). La capacidad de conocer la ubicación, tanto en entornos *outdoor* como *indoor*, en tiempo real, allana el camino para avances específicos de ciudades inteligentes en áreas tales como sistemas de localización contextuales, el seguimiento en tiempo real, el enrutamiento y la publicidad basada en la localización, entre otras.
- b. Interfaces persuasivas centradas en el usuario (C6), las ciencias geoespaciales ofrecen una teoría para la especialización de las interfaces de usuario. En un

trabajo pionero, Kuhn [26] señaló que «el espacio es fundamental para la percepción y la cognición, ya que proporciona una base común para nuestros sentidos, así como por nuestras acciones» y discutió la necesidad de experiencia espacial en el campo de la interacción persona-ordenador. Argumentó que los diseñadores necesitan estar informados acerca de la cognición espacial humana y las propiedades de los espacios con el fin de diseñar interfaces especializadas más exitosas. Kuhn introdujo dos conceptos clave para el diseño de interfaces de usuario intuitivas: metáforas espaciales y las imágenes esquema. Ambos conceptos son útiles para entender la forma de pensar acerca del espacio. Una formalización de las metáforas y las imágenes esquema en el contexto de las interfaces de usuario fue propuesto en [27]. En resumen, la incorporación de elementos espaciales y puntos de vista puede ayudar a proporcionar una interacción más eficaz e intuitiva con los servicios (personales) de las ciudades inteligentes.

15 HISTORIAS, UN OBJETIVO

La sección anterior elabora y discute las oportunidades desde las ciencias geoespaciales para hacer frente a los retos de la ciudad inteligente. Sin embargo, aún se carece de una comprensión completa de todas las facetas, beneficios y posibilidades que las ciencias geoespaciales pueden aportar a las ciudades. El proyecto GEO-C tiene como objetivo mejorar dicha comprensión, desde una variedad de perspectivas, además de contribuir a la construcción de ciudades inteligentes abiertas. Vale la pena mencionar en este punto que, a pesar de la disponibilidad de soluciones comerciales para hacer frente a cuestiones de una ciudad inteligentes (por ejemplo, las soluciones de IBM Smarter Planet [1]), hay todavía una falta de una solución de código abierto integrado para apoyar el movimiento hacia las ciudades inteligentes. GEO-C, además del enfoque de formación de los 15 estudiantes de doctorado, también es un proyecto de investigación por en sí mismo para producir un desarrollo conjunto de la OCT.

El proyecto GEO-C está compuesto por 15 proyectos de investigación diferentes. La tabla 1 muestra cada uno de los tópicos clasificados en las aportaciones de la ciencia geoespacial definidas en la sección anterior.

Tabla 1: Los 15 tópicos de los trabajos de investigación del proyecto GEO-C

<i>Retos de investigación</i>	<i>Tópicos GEO-C</i>
<i>Participación profunda (C1)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y comprender los principales factores de motivación que caracterizan a la participación ciudadana en línea • Explorar el concepto de encuentros geoespaciales virtuales para salvar las diferencias entre Información Geográfica Voluntaria (VGI) y PPGIS • Los paneles públicos como integradores en ciudades abiertas e inteligentes; replantear los conceptos tradicionales de mapa como el análisis de grandes volúmenes de datos, cartografía y artes visuales
<i>Alfabetización de la ciudadanía (C2)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas educativas para que los niños y niñas se convierten en ciudadanos científicos • Mapas activos de datos abiertos que faciliten su plena comprensión por los diferentes grupos de ciudadanos
<i>El emparejamiento de datos cuantitativos y cualitativos (C3)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos para integrar las mediciones cuantitativas espacio-temporales y predicciones con las evaluaciones cualitativas sobre la ubicación de un individuo • Los métodos para reducir la escala grosera de los datos climáticos a nivel de la ciudad • El análisis predictivo para mejorar la movilidad de los ciudadanos sobre la base de las redes sociales y las huellas digitales de los ciudadanos • El análisis de las interacciones espacio-temporales de datos sobre la delincuencia para predecir puntos de acceso de criminalidad en las ciudades a partir de datos proporcionados por la Web 2.0
<i>La adopción de estándares abiertos (C4)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Marco para la creación e implementación de estándares basados en aplicaciones de detección de participación

	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de datos basadas en estándares de acceso y exposición de flujos de datos en tiempo real
<i>Servicios personales (C5)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Los métodos para el intercambio de información oportunista basada en la proximidad y la protección de la privacidad • La determinación de los roles sociales y las relaciones entre las unidades y/o servicios cercanos
<i>Interfaces persuasivas (C6)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La tecnología geoespacial y las interfaces visuales para el comportamiento verde y/o la vida • Implicaciones sociales de la tecnología de las interfaces geoespaciales basadas en la localización de los cambios de comportamiento

Una de las líneas de investigación que vale la pena seguir para el fomento de la participación ciudadana (C1) es la aplicación de los principios de apertura para asegurar que todos los ciudadanos se beneficien y participen en las ciudades inteligentes a todos los niveles. Las ciudades inteligentes necesitan a ciudadanos formados para que puedan participar a un nivel más profundo y puedan entender cómo puede ser utilizada la información disponible. Sólo entonces, se puede producir una situación de ganar-ganar que permite superar las barreras cruciales en el acceso, el uso y la interpretación de los datos abiertos [28].

Otras direcciones de investigación prometedoras son la combinación de ideas y métodos VGI con datos abiertos y la interacción humano-computadora para desarrollar enfoques híbridos que involucran ampliamente diversos grupos de personas. Un caso de estudio interesante para explorar estos temas es el uso de pantallas públicas como integradoras en las ciudades inteligentes. La optimización de la información entre ambos sentidos, entre los ciudadanos y los paneles públicos, es fundamental para un suministro oportuno de lo que necesitan. Los paneles públicos pueden facilitar la participación en la toma de decisiones, así como la creación de conocimiento.

La geoinformática, la cartografía, los mapas, las artes visuales y el diseño puede ayudar a los ciudadanos a la comprensión de visualizaciones complejas mediante la personalización del contenido que se está visualizando. Especialmente en las ciudades de hoy en día, el concepto tradicional de mapas que está fuertemente acoplado a la cartografía necesita ser actualizado. Otra línea de futuro para aprovechar la participación profunda es la de explorar el concepto de reuniones en geoespacios virtuales para salvar las diferencias entre VGI y PPGIS, es decir, acercar a los ciudadanos y la administración. Tales reuniones en geoespacios virtuales permitiría un nuevo canal de comunicación para iniciar un diálogo entre los ciudadanos acerca de un elemento concreto georreferenciado de interés para todos los participantes involucrados.

Con respecto a la alfabetización de los ciudadanos (C2), la disponibilidad de herramientas adecuadas para convertir los ciudadanos (desde escolares hasta adultos mayores) en ciudadanos formados de ciudades abiertas inteligentes es vital para mejorar la alfabetización digital. Un ejemplo notable con respecto a la alfabetización de la ciudadanía (C2) es el Instituto Open Data (ODI) [29], que lleva a cabo principalmente la formación, la educación y las actividades de promoción sobre el consumo y la publicación de datos públicos abiertos. Los programas de la ODI están dirigidos principalmente a los desarrolladores y usuarios técnicamente cualificados que pueden transferir conocimiento *know-how* a las organizaciones públicas y privadas. Esto puede fomentar la alfabetización en datos abiertos como medio para promover el crecimiento económico y la innovación, facilitando el aprovechamiento de las capacidades de los datos abiertos, coincidiendo con la misma línea de visión de la Comisión Europea sobre la economía basada en los datos [30].

El trabajo futuro debe complementar la visión de la ODI apuntando a los ciudadanos que no sean desarrolladores cualificados, idealmente de dos maneras. Primero dirigirse a grupos de usuarios que, por lo general, no son abordados como los niños, personas con diversidad funcional o de edad avanzada (tecnológicamente analfabetas) es esencial. Por ejemplo, con una mayor investigación en herramientas educativas para los niños y la accesibilidad de herramientas para distintos grupos de destinatarios, necesaria para que todos ellos se conviertan en ciudadanos inteligentes de primera clase que son conscientes de su entorno de la ciudad y los servicios de la ciudad que se les presta, y que sean capaces de interactuar con ellos. En segundo lugar, cada ciudadano percibe, interactúa, y siente la ciudad de manera distinta. Eso sugiere que la investigación futura podría identificar y

caracterizar los diferentes grupos de ciudadanos en función de la de forma con la que perciben y entienden ellos las ciudades. Niños, ancianos, trabajadores, turistas, entre otros, tienen necesidades y perspectivas diferentes de los servicios de la ciudad y los datos abiertos que ofrece. El punto clave aquí es identificar los principales impedimentos que hacen que los datos abiertos actuales, incluyendo cartografía y bases de datos geoespaciales, no sean comprensibles y legibles para estos grupos de ciudadanos. Esto permitirá transformar los datos abiertos en un nuevo tipo de mapas a medida adaptados a las necesidades y características de cada grupo para mejorar la experiencia y satisfacción de los usuarios.

Cuando se trata de explorar nuevos métodos de análisis para integrar datos cuantitativos y cualitativos (C3), una de las direcciones de investigación es la integración de mediciones cuantitativas espaciotemporal y predicciones, con evaluaciones cualitativas sobre un lugar instantáneo individual o generalmente de áreas/períodos de residencia preferencial. Otros resultados esperados incluyen nuevos métodos analíticos para calcular indicadores de calidad de vida basados en fuentes de datos heterogéneas. Otra vía de investigación interesante es la exploración de nuevos métodos analíticos para reducir la escala grosera de los datos ambientales a nivel de la ciudad. Esto implica nuevos métodos para manejar conjuntamente fuentes de datos multiescala y multitemporales como registros oficiales climáticos con observaciones generadas por los ciudadanos.

Los modelos predictivos son un nicho atractivo para las ciudades inteligentes. Los problemas típicos en ciudades tales como el tráfico y la contaminación pueden ser gestionados de forma activa previendo posibles escenarios y reaccionando ante ellos de forma anticipada. En este contexto, una futura línea de investigación interesante se refiere a la modelización de las interacciones espacio-temporales basadas en redes sociales y las huellas digitales de los ciudadanos (por ejemplo, datos GPS) para mejorar la precisión y la puntualidad de las predicciones. Aplicaciones concretas de la ciudad podrían ser predicciones sobre los más lugares más propensos a crímenes y sobre la movilidad de los ciudadanos.

Hay varias oportunidades para la investigación sobre la adopción de estándares abiertos (C4). Por ejemplo, existe una clara necesidad de una plataforma o marco para la creación rápida de aplicaciones de sensores basados en estándares. Estos marcos son cruciales para acelerar el despliegue y la entrega de aplicaciones de participación de los ciudadanos, de ese modo potenciar con eficacia la recogida o creación de datos sensoriales pertinentes. Estos datos, a su vez proporcionan información valiosa para los órganos de gobierno y otros interesados para mejorar los servicios de la ciudad. Además, con la creciente tasa a la que se generan los datos, la capacidad de tener centros de datos que sigan estándares para el acceso y la exposición de los datos en tiempo real procedentes de múltiples fuentes es una vía de investigación interesante que puede aportar un valor añadido para una ciudad inteligente.

Los servicios personales (C5) abarcan múltiples aspectos. Recientemente se observa un creciente interés por la privacidad de los datos, especialmente relacionados con las aplicaciones de localización [31]. En este sentido, la identificación y el análisis de escenarios actuales y potenciales basados en proximidad oportunista de intercambio de información entre ciudadanos y servicios de la ciudad son vitales para asegurar la privacidad en servicios personales. Atzori y Otros [32] imaginan una capa social sobre el paradigma de *Internet of Things* (IoT) que toma conceptos de cooperación y relaciones sociales para el establecimiento y gestión de las relaciones sociales entre cosas inteligentes. Esta idea se podría extrapolar para determinar los roles y relaciones sociales que un determinado producto puede llevar a cabo en función de su ubicación real (interior o exterior) y su relación con otros dispositivos o servicios cercanos.

Finalmente, prevemos nuevos avances hacia el diseño y caracterización de las interfaces de persuasión (C6). Estas interfaces pueden implementar técnicas de gamificación [33], por ejemplo, estimular el comportamiento verde o la vida verde y proporcionar incentivos eficaces para mejorar el rendimiento en una serie de indicadores de salud y ecológicos. Además, estas interfaces pueden determinar el grado en que las tecnologías fomentan los cambios sociales y de comportamiento. En el contexto de la vida verde, por ejemplo, es importante hacer un seguimiento del comportamiento de un ciudadano, sabiendo cuando él/ella está caminando, en bicicleta o en coche, para proporcionar retroalimentación en forma de mensajes persuasivos sobre los valores ecológicos y consecuencias ambientales de sus acciones.

OPEN CITY TOOLKIT

Con el fin de aprovechar y reusar los avances de las diferentes investigaciones detalladas en la sección anterior en un contexto de ciudad inteligente (abierta), se ha desarrollado un kit de herramientas que aglutina todos los resultados, llamado OCT. Puede definirse como una colección de herramientas, procesos, especificaciones y directrices para capacitar a los ciudadanos para participar y dar forma al futuro de las ciudades, y para ofrecer servicios basados en datos abiertos que son útiles para los ciudadanos, las empresas y los órganos de gobierno.

Una característica importante sobre la OCT es que puede considerarse como *software* de código abierto para la capacitación de los ciudadanos y les proporciona herramientas analíticas y servicios centrados en los ciudadanos, en el contexto de una ciudad inteligente. Por tanto, la OCT está impulsada por la tecnología y centrada en los ciudadanos. La utilidad de la OCT es triple: (i) proporcionar componentes de *software* que aborden los objetivos y retos mencionados en la sección 3; (ii) integrar el trabajo realizado en las diferentes facetas de las ciudades inteligentes, y (iii) la transferencia de conocimientos de las ciencias geoespaciales a las ciudades inteligentes. En esencia, cinco tipos de componentes forman la OCT:

- Un conjunto de herramientas para la mejora de la transparencia: permiten que los ciudadanos puedan inspeccionar los datos que se recopilan y cómo se pueden utilizar para visualizar los indicadores clave. La transparencia se refiere a la visibilidad de la información [34], mientras que la participación se refiere a la implicación de los ciudadanos en las decisiones que los gobernantes aplican en su día a día. En este trabajo se asume que una mayor transparencia tendrá un impacto positivo en la participación ciudadana. Este conjunto de herramientas se refiere a las aportaciones en la participación profunda (C1) y la alfabetización de la ciudadanía (C2).
- Un conjunto de ejemplos de aplicaciones de código abierto, datos abiertos y servicios: aplicaciones y servicios que son útiles para las ciudades y ciudadanos, refiriéndose a los retos para vincular los datos cuantitativos y cualitativos, así como el desarrollo de servicios personales (C5) e interfaces persuasivas (C6).
- Un ejemplo de arquitectura: describe cómo las aplicaciones, los procesos, los servicios y los datos se pueden integrar con el fin de realizar una ciudad abierta inteligente. Esta arquitectura abstracta se va a construir sobre estándares abiertos (C4).
- Un «pegamento» para conectar los recursos, aplicaciones y servicios para el fomento de una ciudad abierta: implica un conjunto de API y especificaciones para conectar componentes y reutilizar los datos. Esto facilita aún más el desarrollo basado en los recursos y artefactos existentes, abriendo así las ciudades.
- Directrices sobre cómo hacer posible una ciudad abierta: guías interactivas que describen ideas sobre cómo facilitar la transparencia, la colaboración, la participación utilizando los métodos provenientes de las ciencias geoespaciales. También, la documentación de las directrices para saber cómo apoyar la transición hacia una ciudad inteligente y abierta.

El objetivo de la OCT es el de proveer un marco/plataforma flexible y común, para el fomento de la transparencia, la colaboración y la participación, con la intención de crear un puente entre todas las partes interesadas (gobiernos, ciudadanos, empresas), entre la tecnología y la sociedad, y entre la investigación y la práctica. Además, mediante la incorporación de pautas de transformación de las ciudades y proporcionando conjuntos de ejemplos útiles tanto para los desarrolladores, como para los usuarios, el objetivo es facilitar la transición hacia ciudades más inteligentes.

Por ejemplo, la OCT como plataforma apoya la integración de los servicios basados en la localización existentes o nuevos, tales como futuros servicios de transporte o aplicaciones educativas basadas en la localización. Cuando los servicios se realizan a través de la OCT o conectados a ella, se beneficiarán de las características de transparencia y de participación que ofrece la plataforma. Esto ofrece a los usuarios la posibilidad de ser capaces de identificar qué fuentes de datos son utilizados por cada servicio o ser capaces de configurar qué servicios son ejecutados en una ciudad inteligente

y cómo. Del mismo modo, se admite una amplia gama de fuentes de datos. Por ejemplo, los datos producidos a través de una serie de sensores que utilizan las tecnologías de IoT se pueden conectar fácilmente a la OCT. Una vez realizada la conexión, son accesibles para todos los servicios y aplicaciones que se ejecuten en la OCT y también puede ser visualizados con las herramientas de transparencia incorporados en la plataforma.

Actualmente, la OCT se está desarrollando utilizando tecnologías web (la primera liberación se espera a finales de 2016). Los usuarios destinatarios, los ciudadanos y ayuntamientos, también empresas privadas e instituciones gubernamentales, han sido convenientemente tenidos en cuenta. De hecho, el consorcio GEO-C consiste en una mezcla de ayuntamientos y empresas privadas, y prevé establecer vínculos con instituciones gubernamentales y acceder a ciudadanos a través de las ciudades anfitrionas de los proyectos. Todos estos actores ayudan a definir los requisitos para la OCT.

La OCT incorpora los resultados de las diversas líneas de investigación dentro del proyecto GEO-C. En particular, mantendrá todos los datos, procesos, directrices, normas, ontologías, marcos y modelos abiertos, y también proporcionará utilidades, herramientas y aplicaciones para las ciudades inteligentes y abiertas. Para facilitar su uso, se incorporarán mecanismos de búsqueda para recuperar los recursos de acuerdo con el propósito y necesidades específicas en cada caso, así como las instalaciones de las aplicaciones de navegación y exploración.

Puesta en marcha

En el momento de la escritura de este texto, la OCT ofrece una herramienta para apoyar el descubrimiento, navegación, acceso, edición y visualización de los recursos disponibles. Una aplicación basada en CKAN¹ (véase la figura 2), la cual ha sido ajustada al objetivo propuesto para la gestión, la navegación y exploración de recursos. Se han utilizado diferentes extensiones de CKAN existentes, algunas de ellas han sido personalizadas e integradas en el portal OCT.



Figura 2: Captura del portal OCT

Ejemplos de estas extensiones tienen la funcionalidad de mejorar las búsquedas para recuperar los recursos de forma más específicas. Sin embargo, el interés se centra en las extensiones que son útiles para administrar y manejar los datos y recursos geoespaciales. Actualmente, la OCT utiliza las extensiones spatialUI, spacial metadata y spacial query para recuperar datos espaciales, y las extensiones geoview y GeoJSONview para visualizar de los datos geoespaciales. Además, otras extensiones se han instalado para cubrir funcionalidades adicionales, como por ejemplo visualizadores de datos (PDF, imágenes y texto), creación de gráficos mediante diferentes visualizaciones, vocabularios RDF, almacenamiento local, API para la lectura, conexión con Google Analytics, estadísticas de uso, creación de páginas para la documentación, entre otras. Además, se

¹ <http://giv-oct.uni-muenster.de:5000>

ha desarrollado una plantilla de CKAN con el fin de personalizar la forma de visualizar los diferentes recursos que ofrece la OCT.

Con el fin de facilitar el uso de la OCT, se proporciona un conjunto de tutoriales. Estos fragmentos se ofrecen mediante un sitio web asociado, llamado *Open City Developer Toolkit Corner*² (véase la figura 3). Incluye breves instrucciones de instalación para diferentes entornos de desarrollo (por ejemplo, node, Bower, mkdocs), así como diferentes fragmentos de código, en diferentes lenguajes de programación, útiles para la recuperación de datos, almacenamiento, análisis y visualización utilizando la herramienta OCT. Todos los componentes que forman la OCT utilizan *software* de código abierto como CKAN y Mkdocs, y todos los nuevos desarrollos se publican continuamente a medida que los componentes estén disponibles en GitHub³.

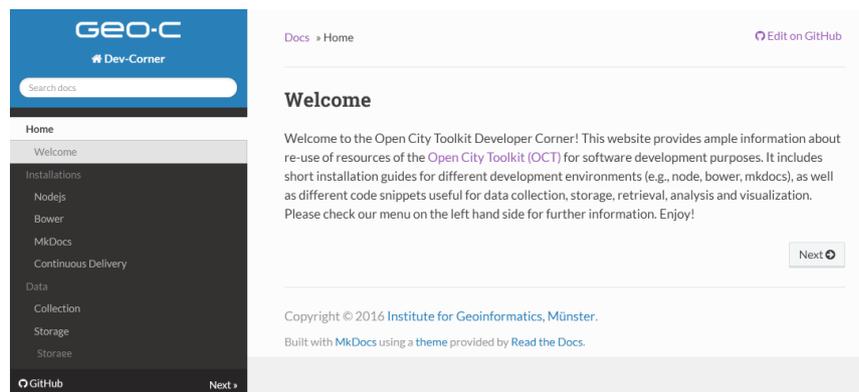


Figura 3: Captura de la documentación Dev-Corner

CONCLUSION

Las ciudades inteligentes se han convertido en un tema prioritario para la ciencia, la industria, los gobiernos y los responsables políticos, por lo que necesita ser considerado desde una perspectiva multidisciplinaria. Dado el número de iniciativas y esfuerzos en ciudades inteligentes en curso, cada uno con su propio enfoque, existe el riesgo de duplicar el trabajo si estos diferentes esfuerzos no son conscientes unos de otros y de las diversas (otras) áreas involucradas en las ciudades inteligentes. El objetivo de este artículo es mostrar los resultados del proyecto GEO-C en las diversas disciplinas de investigación de una manera sencilla pero completa para paliar el riesgo de replicar avances.

El documento proporciona una síntesis de las oportunidades en las ciudades inteligentes, desde una perspectiva de las ciencias geoespaciales y centrándose en el ciudadano. Se consideraron tres temas de investigación, con dos aportaciones por tema de investigación: empoderamiento de los ciudadanos que requiere abordar los retos relacionados con la participación profunda y alfabetizada; métodos y herramientas de análisis que implican retos con respecto a la vinculación de los datos cuantitativos y cualitativos, así como la adopción de estándares abiertos, y los servicios centrados en los ciudadanos, que sugiere mejorar los servicios personales y las interfaces persuasivas.

Seguidamente el artículo muestra las 15 temáticas de las líneas de investigación, las cuales se detallan y clasifican en los retos y contribuciones que las ciencias geoespaciales han de ser capaces de aportar para la mejora y el fomento de ciudades más abiertas e inteligentes. Los resultados de estas investigaciones individuales serán reunidos para poblar la OCT, cuyo objetivo es proporcionar una plataforma de código abierto integrado para capacitar a los ciudadanos y para añadir valor a los datos abiertos existentes. Actualmente la OCT dispone de un rincón para el desarrollador, así como una plataforma de CKAN que cataloga todos sus recursos. La OCT tiene como objetivo ser un conjunto de mejores prácticas que puedan ser replicadas en otros sitios con requerimientos similares.

² <http://giv-oct.uni-muenster.de/dev-corner>

³ <https://github.com/geo-c>

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea a través del proyecto GEO-C (H2020-MSCA-ITN-2014, acuerdo de concesión número 642332, <http://www.geo-c.eu/>). Carlos Granell ha sido financiado por el programa Ramón y Cajal (ayuda RYC-2014-16913). Sergio Trilles ha sido financiando por el programa postdoctoral Vali+d de la Generalitat Valenciana (APOSTD/2016/058).

REFERENCIAS

- [1] IBM Smarter Cities. Disponible en línea: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/ (accedido 11 de febrero de 2016)
- [2] Microsoft CityNext. Disponible en línea: <http://www.microsoft.com/en-us/citynext/> (accedido 11 de febrero de 2016)
- [3] D'Aquin, M.; Adamou, A.; Daga, E.; Liu, S.; Thomas, K.; Motta, E. Dealing with diversity in a smart-city datahub. In Proceedings of the Fifth Workshop on Semantics for Smarter Cities, Riva del Garda, Italy, 19 October 2014; pp. 68-82
- [4] CitySDK. Disponible en línea: <http://www.citysdk.eu/> (accedido el 11 de febrero de 2016)
- [5] Yin, C.T.; Xiong, Z.; Chen, H.; Wang, J.; Cooper, D.; David, B. A literature survey on smart cities. *Sci. China Inf. Sci.* 2015, 58, 1-18
- [6] GEO-C. Disponible en línea: <http://geo-c.eu/> (accedido el 11 de febrero de 2016)
- [7] Gruen, A. SMART Cities: The need for spatial intelligence. *Geo Spat. Inf. Sci.* 2013, 16, 3-6.
- [8] Coleman, D.J.; Georgiadou, Y.; Labonte, J. Volunteered geographic information: The nature and motivation of producers. *Int. J. Spat. Data Infrastruct. Res.* 2009, 4, 332-358.
- [9] Degbelo, A.; Granell, C.; Trilles, S.; Bhattacharya, D.; Casteleyn, S.; Kray, C. Opening up Smart Cities: Citizen-Centric Challenges and Opportunities from GIScience. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2016, 5, 16.
- [10] Craglia, M.; Granell, C. Citizen Science and Smart Cities; Number EUR 26652 EN; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2014.
- [11] Fechner, T.; Kray, C. Georeferenced open data and augmented interactive geo-visualizations as catalysts for citizen engagement. *eJ. eDemocr. Open Gov.* 2014, 6, 14-35.
- [12] Kraak, M. Why maps matter in GIScience. *Cartogr. J.* 2006, 43, 82-89.
- [13] Goodchild, M.F. Twenty years of progress: GIScience in 2010. *J. Spat. Inf. Sci.* 2010, 1, 3-20.
- [14] Batty, M. Cellular automata and urban form: A primer. *J. Am. Plan. Assoc.* 1997, 63, 266-274.
- [15] Clarke, K.; Gaydos, L. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 1998, 12, 699-714.
- [16] Clarke, K.; Gazulis, N.; Dietzel, C.; Goldstein, N. A decade of SLEUTHing: Lessons learned from applications of a cellular automaton land use change model. In *Classics from IJGIS— Twenty Years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems*; Fisher, P.F., Ed.; CRC Press: City, Country, 2007; pp. 413-427.
- [17] Chaudhuri, G.; Clarke, K. The SLEUTH land use change model: A review. *Int. J. Environ. Resour. Res.* 2013, 1, 88-105.

- [18] Kuhn, W. Cognitive and linguistic ideas in geographic information semantics. In *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*; Raubal, M., Mark, D.M., Frank, A.U., Eds.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, 2013; pp. 159-174.
- [19] Percivall, G. OGC Smart Cities Spatial Information Framework. Available online: <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/2181> (accedido el 11 Enero 2016).
- [20] Li, W.; Li, L.; Goodchild, M.; Anselin, L. A geospatial cyberinfrastructure for urban economic analysis and spatial decision-making. *ISPRS Int. J. Geo Inf.* 2013, 2, 413-431.
- [21] Dameri, R.P.; Rosenthal-Sabroux, C. *Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*; Springer: Cham, Switzerland, 2014.
- [22] Hancke, G.; Silva, B.; Hancke, G., Jr. The role of advanced sensing in smart cities. *Sensors* 2012, 13, 393-425.
- [23] Sensor Web Enablement. Disponible online: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe> (accedido 11 Febrero 2016).
- [24] Bröring, A.; Echterhoff, J.; Jirka, S.; Simonis, I.; Everding, T.; Stasch, C.; Liang, S.; Lemmens, R. New generation sensor web enablement. *Sensors* 2011, 11, 2652-2699
- [25] Kuhn, W. Handling data spatially: Spatializing user interfaces. In *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, Delft, The Netherlands, 12-16 August 1996*.
- [26] Bartoschek, T.; Pape, G.; Kray, C.; Jones, J.; Kauppinen, T. Gestural interaction with spatiotemporal linked open data. *OSGeo J.* 2014, 13, 60-67.
- [27] Batty, M. Big data, smart cities and city planning. *Dialogues Hum. Geogr.* 2013, 3, 274-279.
- [28] Janssen, M.; Charalabidis, Y.; Zuiderwijk, A. Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. *Inf. Syst. Manag.* 2012,
- [29] ODI. Available online: <http://theodi.org/> (accedido 11 Febrero 2016)
- [30] Commission of the European Communities the Council, the European Economic and Social Committee, and the Committee of the Regions. COM (2014) 442: Towards a Thriving Data-Driven Economy. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/1042141> (accessed on 11 January 2016)
- [31] Damiani, M. Location privacy models in mobile applications: Conceptual view and research directions. *Geoinformatica* 2014, 18, 819-842
- [32] Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G.; Nitti, M. The Social Internet of Things (StoT)—When social networks meet the Internet of Things: Concept, architecture and network characterization. *Comput. Netw.* 2012, 56, 3594-3608
- [33] Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R.; Nacke, L. From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland, 28-30 September 2011*; pp. 9-15.
- [34] Michener, G.; Bersch, K. Identifying transparency. *Inf. Polity* 2013, 18, 233-242

AUTORES

Sergio Trilles
strilles@uji.es
 Institute of New Imaging
 Technologies

Carlos GRANELL
carlos.granell@uji.es
 Institute of New Imaging
 Technologies

Auriol Degbelo
degbelo@uni-muenster.de
 Institute for Geoinformatics
 Universität Münster

Universitat Jaume I

Universitat Jaume I

Devanjan Bhattacharya
dbhattacharya@isegi.unl.pt
Nova Information
ManagementSchool (NOVAIMS)
Universidade Nova de Lisboa