

UNA REVISIÓN AL ESTADO DEL ARTE DE CITYGML Y SMART CITIES GEOGRÁFICAS

State of the art review of CityGML and Geographic Smart Cities

Juan Sebastián Hernández Santana
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Ingeniería Catastral y Geodesia
juashernandezs@correo.udistrital.edu.co

Resumen:

El presente artículo comprende la revisión del estado del arte en el cual se identifican los conceptos de ciudad inteligente y modelo de información 3D CityGML, las técnicas y procedimientos utilizados, algunos casos de aplicación alrededor del mundo y los estándares utilizados para el óptimo desarrollo de las temáticas, resaltando la importancia de las ciencias que trabajan directamente o indirectamente con la tierra.

Palabras clave: Computación espacial, infraestructura urbana, software SIG, validación de simulación, visualización de terreno 3D.

Abstract

This article includes a review of the state of the art in which the concepts of smart city and 3D CityGML information model are identified, the techniques and procedures used, some cases of application around the world and the standards used for the optimal development of the themes, highlighting the importance of sciences that work directly or indirectly with the earth.

Key words: Spatial computing, urban infrastructure, GIS software, simulation validation, 3D terrain visualization

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología como herramienta de desarrollo implica la adquisición de datos espacio-temporales que simulen la situación real de un territorio, que puedan ser analizados espacialmente, y que demuestren con un alto nivel de confianza las relaciones espaciales presentes, contribuyendo a cimientos para la posible creación de modelamientos que contribuyan a la solución de fenómenos geográficos (Lei Ge *et al.*, 2011), (Lingli ZHAO *et al.*, 2008). Actualmente, convivimos con dos fenómenos importantes en la historia de la humanidad, la necesidad de una aceleración de procesos urbanísticos a nivel mundial y la revolución tecnológica. Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) señala que, por primera vez en toda la historia de la humanidad, más de la mitad de la población del planeta (54,6% o 3600 millones de personas) vive en ciudades, Además, según el estudio, para 2050 el 70% de la población mundial (más de 6000 millones) vivirá en ciudades: aproximadamente el 64,1% de las personas en los países en desarrollo y 85,9% de los habitantes en los países desarrollados (Mauricio Bouskela *et al.*, 2016).

Considerando una ciudad como un conjunto de elementos heterogéneos organizados que forman un ecosistema urbano, se asocian diferentes componentes que ayudan a definirla (Comunidades, manzanas, distritos). El elemento principal de una ciudad es la propiedad horizontal pero al mismo tiempo la ciudad debe gestionarse como un todo considerando las dependencias entre los elementos de la misma, En este sentido en el ámbito de la ciudad se relacionan dos mundos que evolucionan de forma paralela, se trata de los sistemas de información asociados a la edificación y los sistemas de información geográfica (GIS). Otro aspecto clave, pensando en la representación, son las dimensiones, ya que en un entorno urbano la información 2D es clave para posicionar los elementos en el espacio y revisar las dimensiones de parcelas y elementos urbanos, sin embargo, la tercera dimensión se hace necesaria para la representación de la distribución de elementos con atributos de altura (Iñaki Prieto *et. al.*, s.f.).

Dicha contextualización conlleva a la necesidad de crear ambientes adecuados para la innovación inclusiva desde el uso eficaz, eficiente, e intensivo de las tecnologías disponibles, por lo cual se hace obligatorio un desarrollo humano elevado, una construcción y acumulación de recurso físico; dicha gestión urbana permite la inclusión social desde el uso y apropiación de las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) así como el desarrollo económico, social y ambiental para mejorar el nivel de calidad de vida e igualdad de la ciudadanía. (Raúl Alvarado, 2017). La ciudad digital es un política pública urbana que ve en la tecnología la posibilidad de promover el desarrollo digital, las estrategias de gobernanza, la democratización de la participación ciudadana y el impulso del desarrollo urbano (Aldenilson Costa *et. al.*, 2019).

El análisis de las redes sociales se podría definir como la estandarización de las relaciones espaciales presentes entre ciertos actores sociales en diferentes niveles de investigación, dicho estudio se hace imprescindible para las ciencias sociales, ya que, estimula las inversiones en capital humano y social, y a su vez, la infraestructura de comunicación tradicional y moderna que impulsa el crecimiento económico sustentable y sostenible con una gestión inteligente de los recursos naturales (Kellen Lazzaretti *et. al.*, 2019).

El artículo se divide en los siguientes apartados. En el primer apartado se presenta una revisión a los conceptos de Smart Cities y CityGML. En el segundo apartado se presentan y describen casos de aplicación de los conceptos anteriormente mencionados. En el tercer apartado se presentan técnicas, procedimientos y estándares, y por último, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro a desarrollar.

2. CASOS DE APLICACIÓN ALREDEDOR DEL MUNDO

- “¿Las ciudades inteligentes ayudan a combatir el desempleo? Un análisis multinivel”

El objetivo de dicho estudio fue analizar sí la mayor difusión de las TIC que caracteriza a las ciudades inteligentes explica sus mayores niveles de desempleo, partiendo de una muestra de 138 ciudades pertenecientes a 63 países, para los cuales se ha publicado el índice Cities in Motion. El método utilizado es regresión multinivel, definiendo dos niveles: ciudad y país. Los resultados obtenidos permiten observar que la tecnología a nivel de las ciudades es una variable estadísticamente significativa para explicar las mayores tasas de desempleo urbano, y que la tecnología a nivel países también influye sobre dichos niveles de desempleo. Es decir, ambos niveles de desarrollo tecnológico se complementan para determinar los niveles de desempleo registrados en las ciudades. (María Alderete, 2019)

El Índice Cities in Motion pretende ayudar a los ciudadanos y a los gobiernos a comprender el desempeño de nueve dimensiones fundamentales para una ciudad: capital humano, cohesión social, economía, gobernanza, medioambiente, movilidad y transporte, planificación urbana, proyección internacional y tecnología (Pascual Berrone *et. al.*, 2018).

- **“Towards the design and implementation of a Smart City in Bogotá, Colombia”**

Este documento presenta avances de la implementación de un prototipo de plataforma para unir desarrollos inteligentes en algunas universidades de Bogotá-Colombia. Dicho proceso, conlleva a la creación de un proyecto inicial de 12 meses de trabajo entre diferentes áreas de conocimiento, con el apoyo de la red RUMBO, evidenciando las necesidades y competencias interinstitucionales que mejoraron el trabajo interdisciplinario. Se afirma que la educación superior establece no solo un proceso de capacitación constante sino también una función social estratégica que debe seguir las necesidades de la comunidad a través de la búsqueda de beneficios e integración con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), resaltando que se realizó un acercamiento al sector empresarial, lo cual conlleva al acceso de municipios de Colombia y pronto, compartir los resultados de investigación a empresas privadas interesadas en la temática. En dicho proyecto se tuvieron en cuenta tópicos como: alcance a... comercio, salud, educación, ambiente, transporte y movilidad, manejo de residuos sólidos, eficiencia energética, comunicaciones, dispositivos portátiles inteligentes, seguridad, emergencia y sistemas de alerta, simulación de entornos virtuales (Dimensión 3), evaluación de ruido, y plataformas de seguimientos de variables de interés (Nancy E. *et. al.*, 2019).

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación hacen referencia al conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos (Texto, imagen, sonido, entre otros) y cuyo elemento más representativo es el ordenador y más específicamente el internet, ya que suponen un salto cualitativo de gran magnitud, que cambia y redefine los modos de conocer y relacionar (Consuelo Belloch, s.f.)

- **“Política urbana de innovación tecnológica: experiencias de ciudades digitales en Brasil”**

Este documento presenta y discute experiencias de ciudades digitales implementadas en las ciudades de San Pablo, Sud Menucci, Porto Alegre, Palmas y Piraí. Y su punto de partida es una reflexión sobre el concepto de ciudad digital según niveles, características y objetivos predefinidos; posterior a ello, el análisis correspondiente recupera la trayectoria de implementación de la política de digitalización, identificando especificidades, debilidades y potencial. Con base en dichos propósitos y llevando a cabo el proceso pertinente, se concluye que aunque existe un proceso avanzado de modernización del territorio nacional, este no abarca su totalidad y no es útil para satisfacer a totalidad las necesidades de la población, sin embargo, debido a las demandas del capital privado nacional e internacional y a la nueva era del mercado laboral, el gobierno implementa políticas públicas que impulsan la digitalización desde el punto de vista de la infraestructura y la formación de capital humano para fomentar la invención, e innovación de tecnología (Aldenilson Costa *et. al.*, 2019).

- **“An efficient Access model of Massive spatiotemporal Vehicle trajectory data in Smart City”**

Este documento presenta un nuevo paradigma del concepto “Ciudad inteligente” afirmando que ésta es una ciudad instrumentada, interconectada e intelectual, dando a entender que posee la capacidad de capturar e integrar datos de la vida real a través de sensores, dispositivos personales, electrodomésticos y otros dispositivos de percepción similares; los cuales son posteriormente almacenados en una plataforma informática de red que facilita el manejo de geodatos heterogéneos. Ahora bien, se plantean nuevas variables que contribuyen al desarrollo de una sociedad intelectual, la precisión y la fiabilidad en los dispositivos de posicionamiento, lo cual promueve el desarrollo de ciencias como la geodesia y la percepción remota, además de ello, se hacen notar procesos geoestadísticos que ayudan a identificar la eficiencia que presentan los modelos estudiados durante el desarrollo de la investigación. Se infiere que la variable principal del estudio es la planificación de la trayectoria vehicular, lo cual es consecuente con la definición otorgada en el apartado número uno. Concluye que bases de datos no tradicionales o

también llamados métodos NoSQL pueden encontrar una degradación notoria del rendimiento y pueden verse limitadas en términos de datos espacio-temporales supermasivos (Lianjie Zhou, 2020).

El sistema de posicionamiento formado por la combinación de un GPS con una unidad de medida inercial ayudada por los sensores embarcados en el vehículo, puede presentar tres comportamientos: 1). Sí la precisión es centimétrica, el GPS se encarga en solitario del guiado. 2). Sí no se recibe señal GPS, la unidad inercial se encarga del guiado. 3). Sí la precisión de la señal GPS no es centimétrica, la posición del vehículo se calcula mediante una combinación de ambas medidas. Dicho funcionamiento explica un Sistema Inteligente de Transporte (ITS), el cual presenta gran repercusión en el desarrollo de una ciudad inteligente. (V. Milanés *et. al.*, 2008)

- **“Smart (Electricity) Grids for Smart Cities: Assessing Roles and Societal Impacts”** Este documento presenta un nuevo concepto: “Redes inteligentes” dando a entender que son un componente clave para el desarrollo de estrategias hacia un futuro energético sostenible, ya que no se limitan a la integración de fuentes de energía renovables y la electrificación del transporte, sino que también pueden permitir un nuevo valor agregado relacionado con los servicios de energía; partiendo de ello, se estudia la transformación de los entornos urbanos impulsados por el diseño y la implementación de redes inteligentes que permitan el acceso a sitios minoritarios y expanda las capacidades de inteligencia y el flujo de datos, apuntando a infraestructuras y servicios urbanos futuros que no estén necesariamente ligados a su operación interna. Concluye que la adopción de sistemas inteligentes avanzados, y la transición resultante hacia ciudades inteligentes, causarán directamente o indirectamente múltiples cambios en las estructuras y operaciones sociales, económicas y técnicas. Además de ello, se plantea que la evaluación del impacto es esencial para apoyar los procesos de tomas de decisiones y gobernanza (Demostrando la influencia del concepto tradicional de Sistemas de Información Geografía SIG). Para lograr dicha transformación se llevaran a cabo inversiones significativas provenientes de la totalidad de los actores interrelacionados, respetando los valores, intereses y preocupaciones de la sociedad local (Marcelo Masera *et. al.*, 2018).
- **“Urban Computing and Smart Cities: Towards Changing City Processes by Applying Enterprise Systems Integration Practices”**

Este documento plantea que para el correcto desarrollo de las ciudades inteligentes es necesario integrar todos los componentes de una ciudad como un sistema de sistemas, ya que presenta facilidad por la informática urbana que abordará la complejidad de proporcionar servicios adecuados a los ciudadanos, estudiando procesos comerciales catalogados por sectores/sistemas de la ciudad. Durante el desarrollo de la investigación se argumenta que “The city sectors do not like the long-term plan because they want to show some tangible achievements in their three or four year’s management period”, dando a entender el poco interés de los gobiernos por procesos de invención, innovación y desarrollo humano que permitan el acceso a una tecnología avanzada que posibilite el desarrollo de CityGML y Smart Cities (G. Feldman *et. al.*, 2019).

- **“Smart city development in Hong Kong”**

Este documento plantea la gestión digital como herramienta para mejorar la calidad de vida de las personas, el crecimiento económico y el desarrollo tecnológico, explorando un enfoque integral para la administración de ciudades de una manera más eficiente, ahorrando dinero y recursos. Durante el desarrollo del texto, se expresa que la primera publicación de una Smart City fue en diciembre de 2017, y pretendía una nueva visión, adoptando la innovación y la tecnología para construir un “Smart Hong

Kong” de reconocimiento mundial que demostrara una economía fuerte y un índice de calidad de vida alto, dicho plan establece planes de desarrollo que tienen en cuenta seis áreas de interés: movilidad inteligente, vida inteligente, entorno inteligente, personas inteligentes, gobierno inteligente y economía inteligente durante un periodo determinado. Además de ello, se aportan factores clave para la construcción de una infraestructura inteligente: Identidad electrónica, plataforma de análisis de Big Data y nube gubernamental de próxima generación, lo cual (Realizando un análisis minucioso) conecta ideas para el desarrollo de un catastro eficiente que puede ser diseñado e implementado en cualquier ciudad del mundo (Office of the Government Chief Information Officer, 2019).

A medida que se ha ido incrementando el nivel tecnológico, se han adquirido herramientas de generación, mantenimiento y gestión de geoinformación 2D y 3D que puede ser consultada por usuarios privados o públicos, desarrollando estándares internacionales con el objetivo de cubrir la necesidad de un modelo de información común y abierto que permita una representación 3D de objetos urbanos. Uno de ellos es el termino CityGML, adoptado por el Open Geospatial Consortium (OGC) como modelo estándar desde el año 2008 (Iñigo Amelibia, s.f.)

3. TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS Y ESTÁNDARES

En el avalúo de variables para un desarrollo eficiente de una ciudad inteligente que implemente un sistema de representación CityGML se tiene:

- **Innovación inclusiva y Tecnologías de la información y la Comunicación**

Se hace necesario la presencia de beneficios sociales en países y sectores de interés, con el fin de garantizar una mayor igualdad social, un ambiente sano, salud de calidad y un desarrollo sostenible y sustentable, con ayuda de las TIC se establece un sistema tecnológico alrededor de microprocesadores para una gran diversidad de usos y fines, transformando mediante innovaciones radicales e incrementadas software e internet, que no solo han logrado crear un sistema con una trayectoria tecnológica autónoma sino que se han ido retroalimentando para generar nuevos productos, servicios y mercados con aplicaciones en diversos sectores (Raúl Alvarado, 2017).

Ahora bien, la información urbana genera gran cantidad de información heterogénea: de escalas diferentes, diferente uso, diferente naturaleza, diferentes procesos y procedimientos, formato y procedencia de agentes, con base en dicha información es esperada que en un futuro cercano se verán incrementos de forma exponencial, por lo cual, se hace de vital importancia una gestión eficaz que ayude de manera óptima a la decisión de políticas que contribuyan a la sociedad (Iñaki Prieto *et. al.*, s.f.). La innovación, el aprendizaje, la creación y aplicación de conocimientos intelectuales constituyen un cimiento confiable para el crecimiento y el correcto desempeño económico de empresas, países y regiones, cuya capacidad tecnológica impulse la invención para obtener mejoras competitivas sustentables y acumulativas para la colocación de mercados con nuevos productos/servicios de un valor agregado mayor al anterior, para constituir poco a poco un desarrollo humano óptimo (Raúl Alvarado, 2017).

- **Competitividad y territorio**

Para lograr la transición a procesos de innovación inclusiva se hace necesario pensar en la conformidad de sistemas, haciendo referencia a la articulación entre los diferentes actores y estructuras institucionales, considerando que la innovación es un proceso social e interactivo en un espacio social definido, con base en esto, la delimitación geográfica cobra sentido para potencializar los esfuerzos innovadores, y se tiene en cuenta la interacción más cercana entre los actores cooperativos que demuestren sus mejores capacidades tecnológicas, y hacer un uso efectivo, práctico y novedosos de ellas (Raúl Alvarado, 2017). Las principales ciudades del mundo se han esforzado por mejorar la gestión de

la ciudad en harás de mejorar el nivel de calidad de vida, e impulsando el desarrollo tecnológico y el crecimiento económico, con base en ello, fomentan políticas, estrategias y objetivos específicos que sean acordes con sus propias circunstancias y prioridades (Office of the Government Chief Information Officer, 2019).

- **Modelo de ciudad inteligente y sostenible**

El principal reto de una urbe es impulsar sus ventajas competitivas, dando lugar a la construcción de estructuras urbanas eficientes, infraestructuras sostenibles y equipamientos específicos, con el fin de la aplicación de programas de formación apropiados, de promoción y apoyo que mejoren la calidad urbana y de vida. Además, cada vez que un individuo necesite tener conocimiento sobre acontecimientos y condiciones de su contexto, se le exige al modelo la invención de nuevos métodos de trabajo e instrumentos de urbanismo y ordenamiento territorial, creando la concepción de un sistema complejo, donde confluyen diferentes actores y factores, que presentan una funcionalidad, tal como la interconexión, la retroalimentación y la organización, dicho de esta manera por la jerarquía presentada dentro del desarrollo e implementación del modelo (Raúl Alvarado, 2017), (A. Vegara, 2009). A partir de la idea central de ciudad inteligente se crean dos elementos que deben ser considerados, el primero es el factor gobierno, que tendrá en cuenta la infraestructura no física (Datos abiertos, computación en la nube) y la infraestructura física (hace referencia al internet de las cosas), el segundo factor hace alusión a los tipos de ciudades inteligentes, ya que estas pueden ser creadas o transformadas, definiendo en este punto las diferentes metas y objetivos que puedan verse inmiscuidos, tales como, la competitividad, la seguridad, la sostenibilidad, entre otros (Raúl Alvarado, 2017).

Para Hana Kopackova (2020), se generan tres fases para el correcto desarrollo de una ciudad inteligente, el primero es llamado “Smart thinking”, en donde se encuentran las capacidades y la disposición de individuos, organizaciones y gobiernos para comportarse de acuerdo a principios inteligentes establecidos, en esta fase los componentes hacen la labor de cimientos simbólicos dentro del proceso, el segundo es “Smart Principles”, en donde se hace referencia a la creatividad, la participación, la sustentabilidad, la transparencia y es estudio detallado de lo que se define en el texto como “3E” (Economía, eficacia y eficiencia), dichos componentes hacen la labor de columnas simbólicas, el tercero es “Smart Services”, en el cual se encuentran los servicios innovadores y sostenibles, representando simbólicamente el tejado, ubicándolo como el factor final consecuencia de las dos primeras fases.

Para AMETIC (2012) la ciudad debe ser vista como un conjunto de sistemas que consume recursos para la oferta de servicios, y en el que un desarrollo tecnológico puede contribuir a la optimización de procesos, aumentando la calidad, y el consumo sustentable y sostenible. Además, se proponen seis variables interrelacionadas con la ciudad inteligente: La comunicación, las empresas, el transporte, la energía, el agua, y las personas, con base en ello, enumera los servicios que pueden presentarse: Energía y sostenibilidad medioambiental, Gestión de los edificios públicos y restante infraestructura urbana, Transporte y movilidad, Gestión de residuos, Servicios sanitarios, Comercio, Seguridad, Gobierno de la ciudad y relación con los ciudadanos, Educación, Cultura, y Turismo.

- **Modelo de datos para la representación de información urbana (CityGML)**

Un modelo de ciudad de tercera dimensión permite representar datos debidamente georeferenciados y que se componen de: elevación del terreno, las edificaciones, uso de tierras, vegetación, carreteras, entre otros, estos componentes se logran gracias a un atributo específico que hace las veces de la componente Z. La información genera un volumen bastante considerable y debe cumplir los siguientes criterios: 1). Incluir el “Ciclo de vida” de la información recolectada, allí se tienen en cuenta atributos como su estructuración, su almacenamiento, su explotación y hasta su mantenimiento. 2). Involucrar a todos los

agentes que se ven relacionados en la toma de decisiones. 3). Estructurar la información tanto semánticamente como geoméricamente, con base en estándares internacionales que faciliten la utilización de los recursos abiertos. 4). Interconectar la información y sus relaciones espaciales a diferentes escalas de estudio. 5). Garantizar el acceso público a la información, y permitir la visualización 3D para el correcto entendimientos de técnicos o ciudadanos. 6). Posibilitar las herramientas, procesos, y procedimientos en la nube para el análisis, gestión y toma de decisiones. 7). Permitir la conexión con modelos más específicos (Por ejemplo: Escala ejecutiva de un edificio) y la escala territorial. Con base en lo anterior se procede a la generación de un modelo de información multiescala que se compone de tres pasos: 1). Capturar información tridimensional de los edificios y entornos urbanos mediante distintos métodos de digitalización 3D y añadir la semántica propia de los elementos estructurales de forma semiautomática. 2). En el ámbito de almacenamiento, la información debe ser extensible e interoperable y a diferentes escalas. 3). Explotar la información del modelo único de datos desde diferentes aplicaciones que permitan el ingreso de diversos usuarios (Iñaki Prieto *et. al.*, s.f.).

La fuente de datos que más información aporta para generar un modelo de ciudad en 3D son los datos proporcionados por el catastro encargado, se puede realizar una extrusión de las parcelas para obtener el modelo 3D y después añadir texturas que contribuyan al realismo del modelo, añadiendo a su vez, toda la información semántica que enriquezca la base de datos. (Elena Usobiaga *et. al.*, s.f.).

- Estándares o directrices internacionales

Según Jose Izkara (s.f.) la utilización de estándares es la clave para asegurar el impacto a largo plazo de las soluciones planteadas. Y propone ciertas referencias internacionales a tener en cuenta para el modelado de datos a nivel urbano pueden ser las siguientes:

-La directiva PSI- Public Sector Information, que establece el marco legal para la reutilización de la información del sector público por parte del sector privado con propósitos comerciales y no comerciales (...)

-La Directiva INSPIRE que establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea. Esta directiva exige la armonización de datos y la interoperabilidad del sistema y su objetivo es crear un marco jurídico que permita establecer una infraestructura de información espacial a nivel Europeo. La directiva INSPIRE permitirá disponer de más datos espaciales y que sean más fiables y poner al alcance de todos (administraciones, empresas y ciudadanos) dichos datos (...)

-IMGeo es el estándar holandés para el intercambio de información geográfica a gran escala. Este estándar incluye la documentación de elementos como carreteras, túneles, ríos, uso de tierras y otros. IMGeo pretende ser un sistema de representación de objetos independiente de la escala que proporciona una cobertura nacional uniforme (...)

-La ciudad de Berlín ha desarrollado el modelo de ciudad virtual en 3D de Berlín, que funciona como un espacio de información geográfica compleja (...)

Como solución a la gestión de la información de la ciudad, desde Tecnalía se está desarrollando MIMU3D (Modelo de Información Multiescala Urbana – 3D), una plataforma tecnológica de gestión de la información basada en CityGML (Jose Izkara *et. al.*, s.f.)

Para el ámbito del desarrollo de Smart Cities existe una estandarización regional y global enfocada en dos ámbitos: el primero asociado a las tecnologías requeridas y el segundo asociado a estándares para

medir el impacto ambiental de las TIC sobre las ciudades. En relación a este segundo enfoque, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), a través si Comité de Estandarización ITU-T, se encuentra trabajando en la definición de metodologías para medir el impacto ambiental de las TIC a nivel de productos, servicios, organizaciones, ciudades y países; dicha ITU-T creó un Focus Group en "Smart & Sustainable Cities, cuyo objetivo es identificar oportunidades y necesidades de estandarización asociadas a los conceptos de Smart Cities y servicios TIC para el uso eficiente de recursos como el agua o la energía en las ciudades, consolidando visiones de instituciones ajenas al grupo (Por ejemplo centros de investigación). Además, el Comité de Estandarización ISO, se encuentra trabajando en el desarrollo de especificaciones técnicas para definir métricas de infraestructuras en comunidades, algunas de estas métricas tienen como objetivo evaluar la "inteligencia" de infraestructuras de ciudades como la energía, el agua el transporte, entre otras. En España, el proceso de contribución al Comité de la ISO está siendo liderado por AENOR. (AMETIC, 2012)

- **Estándares M2M**

Las tecnologías M2M componen un papel central, dado a que su principal función es la construcción del núcleo de la miríada de sensores y actuadores que permitan la recolección de geodatos y constituir las decisiones que se deben abordar con base en las problemáticas identificadas, para ello, el autor AMETIC (2012) cita dos tópicos interrelacionados: el primero hace referencia a aplicaciones verticales, en donde se encuentra la aplicación de negocio M2M, la infraestructura TIC utilizada y los dispositivos dedicados en la planeación previa, el segundo hace referencia a las aplicaciones que comparten una misma infraestructura, entorno y elementos de red, atribuyendo ciertos dispositivos a aplicaciones de negocio n-ésimo M2M, por medio de una aplicación de infraestructura, un núcleo de la infraestructura de red, y un acceso a la infraestructura de red (AMETIC, 2012).

- **Estándares de comunicaciones**

Procesos que permiten la comunicación de dispositivos M2M entre sí y el dominio de aplicaciones, en donde se ubican la totalidad de las plataformas cuya función es la gestión de servicios, entre ellas se encuentran: IEEE 802.15.1 (Bluetooth/WiBree), IEEE 802.15.4 (ZigBee y 6LowPan), IEEE 802.11 (WiFi), GSM (Global System for Mobile Communications), GPRS (General Packet Radio System), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), UMTS (Universal Mobile Telecommunication System, 3GPP-Release 4, WiMAX, IEEE 802.16, HSPA (High Speed Packet Access, 3GPP Release 5 y 6) y HSPA+ (EDGE 3GPP Release 7), LTE (Long Term Evolution 3GPP Release 8 y 9, LTE-A (LTE Advanced, 3GPP Release 10), WiMAX II, IEEE 802.16j/m8, entre otras. (AMETIC, 2012).

4. CONCLUSIONES

El concepto de Smart Cities y su aplicación es de vital importancia para soluciones políticas, culturales, ambientales, económicas y territoriales, que fomenten el desarrollo sostenible y humano, teniendo en cuenta que el desarrollo tecnológico no solo debe ser visto como un fin, sino como un medio que contribuya a la calidad de vida de los ciudadanos que puedan verse inmiscuidos. Con base en ello, es importante la implementación de la política de datos abiertos, ya que esta aporta transparencia a todo proceso inteligente realizado, aumentando el nivel de confianza y disminuyendo los comportamientos obsoletos que contribuían a problemáticas de desinformación y duplicidad.

El análisis y la interpretación de factores de la vida real en una representación geométrica, puede realizarse por medio del estándar internacional CityGML ya que este hace posible el almacenamiento de información semántica y 3D, generando interoperabilidad entre aplicaciones, herramientas, procesos y procedimientos. Sin embargo, es necesario que gobiernos locales y globales aporten significancia a

procesos de invención, innovación y desarrollo humano, para un posterior aumento de la economía con base en una fase de auge del ciclo económico, caracterizado por un índice elevado de productividad.

Los cimientos para la correcta construcción de ciudades inteligentes se conforman de esfuerzos interdisciplinarios que aporten desarrollo tecnológico, pero a su vez, aprovechen los antecedentes incurridos, haciendo frente a los posibles desafíos actuales. Dicho ánimo compete en gran medida a las disciplinas relacionadas con el territorio, ya que, con base en conocimiento y experiencia (Tal como Sistemas de Información Geográfica, Percepción remota, Geodesia, Geofísica, Catastro, entre otros tópicos) están en la capacidad de ayudar a las ciudades a alcanzar esta meta.

Referencias

1. Alderete, María Verónica. (2019). ¿Las ciudades inteligentes ayudan a combatir el desempleo? Un análisis multinivel. Estudios demográficos y urbanos, 34(1), 43-70.
2. Alvarado López, Raúl Arturo. (2017). Ciudad inteligente y sostenible: hacia un modelo de innovación inclusiva. Código JEL: O32, O33
3. AMETIC (2012). 2012 SMART CITIES. Foro TIC para la Sostenibilidad, pp. 50-54.
4. Amelibia Hernando, Iñigo. (s.f.). CityGML: modelado urbano 3D. IV Jornadas ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales.
5. Belloch Ortí, Consuelo. (s.f.). LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (T.I.C.). Universidad de Valencia.
6. Bouskela, Mauricio, Casseb, Márcia, Bassi, Silvia, De Luca, Cristina, & Facchina, Marcelo. (2016). La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. Banco Interamericano de Desarrollo.
7. Costa, Aldenilson, Egler, Tamara, & Casellas, Antônia. (2019). Política urbana de inovação tecnológica: experiências de cidades digitais no Brasil. Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia, (110), 93-113.
8. Kondepudi, Sekhar N. (2014). Una visión general de las ciudades inteligentes sostenibles y el papel de las tecnologías de la información y comunicación. UIT-T Grupo Temático sobre Ciudades Inteligentes Sostenibles.
9. Kopackova, Hana, Kopackova, Jitka. (2020). Participatory technologies in smart cities: What citizens want and how to ask them. Institute of System Engineering and Informatics, Faculty of Economics and Administration, University of Pardubice, Studentska 95, Pardubice 53210, Czech Republic.
10. Lazzaretti, Kellen, Sehnem, Simone, Bencke, Fernando Fantoni, & Machado, Hilka Pelizza Vier. (2019). Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 11, e20190118. Epub December 09, 2019.
11. L. Ge, F. Wu, H. Qian and H. Lv, "Visualization of CityGML file based on DOM and spatiotemporal indexing tree," *Proceedings 2011 IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services*, Fuzhou, 2011, pp. 320-323.
12. L. Zhao, S. Liu, J. Li and H. Xu, "Rapid Acquirement and Visualization of CityGML Documents," *2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering*, Hubei, 2008, pp. 1182-1185.
13. L. Zhou, Q. Li and W. Tu, "An efficient access model of Massive spatiotemporal Vehicle trajectory data in Smart City," in *IEEE Access*.

14. M. Masera, E. F. Bompard, F. Profumo and N. Hadjsaid, "Smart (Electricity) Grids for Smart Cities: Assessing Roles and Societal Impacts," in Proceedings of the IEEE, vol. 106, no. 4, pp. 613-625, April 2018.
15. Ochoa Guevara, Nancy E., Diaz, Cesar O., Dávila Sguerra, Manuel, Herrera Martinez, Marcelo, Acosta Agudelo, Oscar, Ríos Suarez, Javier A., Munar Rodriguez, Aura P., Álzate Acuña, Gabriel A., & López Garcia, Andrés C.. (2019). Towards the design and implementation of a Smart City in Bogotá, Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (93), 41-56.
16. Office of the Government Chief Information Officer, "Smart city development in Hong Kong," in IET Smart Cities, vol. 1, no. 1, pp. 23-27, 6 2019.
17. Prieto, Iñaki, Izgara, Jose Luis, & Egusquiza, Aitziber. (s.f.). Modelo de Información Multiescala urbana 3D para la gestión integral sostenible de la ciudad. IV Jornadas ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales.
18. Prieto, Iñaki, Usobiaga, Elena, & Izgara, Jose Luis. (2012). GENERACIÓN SEMIAUTOMÁTICA DE CIUDADES EN 3D EN CITYGML A PARTIR DE FUENTES DE DATOS LIBRES. X CONGRESO TOPCART 2012 - I CONGRESO IBEROAMERICANO DE GEOMÁTICA Y C.C. DE LA TIERRA.
19. Vegara, A. (2009). Territorios inteligentes. Ambienta, (89), 34-58. Recuperado de <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Vegara.htm>
20. V. Javidroozi, H. Shah and G. Feldman, "Urban Computing and Smart Cities: Towards Changing City Processes by Applying Enterprise Systems Integration Practices," in IEEE Access, vol. 7, pp. 108023-108034, 2019.
21. V. Milanés, J.E. Naranjo, C. González, J. Alonso, R. García, T. de Pedro. (2008). Sistema de Posicionamiento para Vehículos Autónomos. Instituto de Automática Industrial (CSIC)