

Investigación exploratoria de requerimientos en la ciudad de Bucaramanga en pro de definir un estándar para la gestión de datos en el marco del proyecto Smart City

Javier Alexis Núñez Suárez

Trabajo de Grado para Optar el título de
Magister en gerencia de la innovación y el conocimiento

Director:

Carlos Alberto Cobos Lozada

Phd. Ingeniería de sistemas y computación.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de estudios industriales y empresariales

Maestría en gerencia de la innovación y el conocimiento

Bucaramanga

2018

A mis padres, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su apoyo incondicional.

Contenido

	Pág.
Introducción	15
1 Descripción del trabajo de aplicación	17
1.1 Justificación del problema	17
1.2 Objetivos	21
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2. Objetivos Específicos	21
1.3 Aspectos Metodológicos	22
1.3.1 Grupo focal	23
1.3.2 Revisión de literatura	23
1.3.2.1 Alcance de la revisión	23
1.3.2.2 Búsqueda de la literatura	24
1.3.2.3 Síntesis	26
1.3.2.4 Análisis y conclusiones:	26
2 Ciudades inteligentes	27
2.1 ¿Que son ciudades?	27
2.2 ¿Que son las ciudades inteligentes?	30
2.2.1 Definiciones de ciudades inteligentes:	31
2.2.2 Tecnologías y conceptos	33

2.2.2.1 La Internet de las cosas (Internet de las cosas o IoT)	33
2.2.2.2 Big Data:	34
2.2.2.3 Computación en Nube:	37
2.2.3 Digitalización.....	38
2.2.4 Implicaciones de las ciudades inteligentes	39
2.2.5 Modelos base para la creación de ciudades inteligentes.....	40
3 Revisión de estándares actuales.....	42
3.1. Estándares analizados	42
3.1.1 Cloud Council.....	42
3.1.2 Aws greengrass	43
3.1.3 OpenIoT	44
3.1.4 Plataforma CiDAP	46
3.1.5 BSI (British Standard Institution).....	47
3.2 Requisitos de una plataforma de ciudades inteligentes	49
3.2.1 Requisitos Funcionales.	49
3.2.2 Requisitos no funcionales	54
4 Casos de estudio	58
4.1 Caso de estudio: ciudad de Barcelona	58
4.1.1 Historia	58
4.1.2 Visión.....	60
4.1.3 Digitalización como herramienta y solución	61

4.1.4 Datos compartidos.	62
4.1.5 Plataforma SENTILO	63
4.1.6 The city protocol.....	65
4.1.7 CityOS	66
4.2 Caso de estudio: Singapur	70
4.2.1 Descripción.	70
4.2.2 Big data en Singapur.....	73
4.2.3 Plataformas para la gestión de big data:	77
4.2.4 Live Singapore...!	80
4.2.4.1 Plataforma de datos urbanos en tiempo real.	81
4.2.4.2 API flexible y accesible.	81
4.2.4.3 Modelos de interfaz e interacción para una plataforma de datos en tiempo real.....	81
4.2.4.4 Consulta y búsqueda.	82
4.2.4.5 Herramientas de visualización para datos urbanos	82
5 Análisis regional	84
5.1 Colombia.....	84
5.2 Diamante caribe	84
5.3 Bucaramanga	86
5.3.1 Distrito digital de Bucaramanga	88
5.3.2 Ecosistema de aplicativos en Bucaramanga	91
5.3.3 Etapas activas actualmente en Bucaramanga.	92

6 Resultados generales.....	94
6.1. Matriz de comparación entre los estándares de datos analizados.....	94
6.2. Resultados y recomendaciones	96
7 Grupo focal	97
7.1 Focus Group:	97
7.2 Integrantes:	98
7.3 Preguntas y conclusiones generadas	99
8 Conclusiones.....	103
9 Recomendaciones	105
10 Referencias bibliográficas.....	109

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1 . Tiempo empleado en la preparación de datos.....</i>	19
<i>Figura 2. Búsqueda "Smart Cities\.....</i>	25
<i>Figura 3. Búsqueda "Big data\</i>	25
<i>Figura 4. Filtrado TITLE-ABS-KEY (smart AND cities AND data AND framework).....</i>	26
<i>Figura 5. Diferentes Sistemas de una Ciudad - Elaboración del autor.....</i>	28
<i>Figura 6. Nueva Capa de datos - Elaboración del autor.....</i>	30
<i>Figura 7. Las 4 V's del Big data</i>	36
<i>Figura 8. Cloud Council Model.....</i>	43
<i>Figura 9. Funcionamiento de AWS GreenGrass.....</i>	44
<i>Figura 10. Plataforma OpenIoT</i>	45
<i>Figura 11. Plataforma CiDAP</i>	47
<i>Figura 12. Niveles de estándares BSI - Elaboración del autor.....</i>	49
<i>Figura 14. Estructura - The City Protocol</i>	66
<i>Figura 15. L'estratègia Smart City de l'Ajuntament de Barcelona - Barcelona 2014</i>	69
<i>Figura 16. Plan Maestro Singapur 2014.....</i>	71
<i>Figura 17. Singapore Knowledge City.....</i>	73
<i>Figura 18. Mapa de Movilidad de Transporte Público.....</i>	75
<i>Figura 19. Desplazamiento en distintas escalas</i>	76
<i>Figura 20. Cloudera - Smart Nation</i>	78

<i>Figura. 21</i> High Level Architecture - Cloudera	79
<i>Figura 22.</i> Apps Architecture – Cloudera	79
<i>Figura 23.</i> Architecture Demo.....	80
<i>Figura 24.</i> Estructura de LIVE Singapore..!.....	83
<i>Figura 25.</i> Corredor Digital Bucaramanga	88
<i>Figura 26.</i> Distrito Digital Bucaramanga	89
<i>Figura 27.</i> APP Metrolínea (Capturas realizadas del aplicativo)	92
<i>Figura 28.</i> Digitalización Comuna 3.	94

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Definiciones de ciudades inteligentes</i>	32
Tabla 2. <i>Comparativo entre estándares de datos</i>	95

Lista de Apéndices

“Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS”

Apéndice A. Transcripción del grupo focal.

RESUMEN

TÍTULO: Investigación exploratoria de requerimientos en la ciudad de Bucaramanga en pro de definir un estándar para la gestión de datos en el marco del proyecto Smart City*

AUTOR: Javier Alexis Núñez Suarez**

PALABRAS CLAVES: Bucaramanga, ciudades inteligentes, big data, minería de datos, estándares, hoja de ruta.

DESCRIPCIÓN: La ciudad de Bucaramanga se encuentra en las etapas iniciales para convertirse en una ciudad inteligente, sin embargo, en estos primeros pasos, es necesario establecer procesos, protocolos y formatos para la gestión de todos los procesos y evitar así que más adelante existan complicaciones en el momento de minar y analizar los datos recopilados. El objeto de este estudio es analizar los diferentes estándares para gestión de datos que han sido adoptados por algunas de las más ciudades inteligentes más relevantes, con el fin de generar recomendaciones para incorporar en la hoja de ruta del desarrollo de la ciudad, para ello se realizó inicialmente una revisión de literatura sobre ciudades inteligentes y tecnologías aplicadas a las mismas, en base a esta revisión, se analizaron también estándares actuales presentes en proyectos de ciudades inteligentes, y más puntualmente se analizaron los casos de Barcelona y Singapur, dos ciudades que poseen amplia experiencia en la gestión de datos en ciudades inteligentes, de ahí se analizará el estado actual de Bucaramanga, así como su relación con los proyectos generados por el estado, para poder generar conclusiones puntuales respecto a los estándares que se deben adoptar y poder entregarle las recomendaciones respectivas a los entes gubernamentales.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de estudios industriales y empresariales, Maestría en gerencia de la innovación y el conocimiento. Director: Carlos Alberto Cobos Lozada, Phd. Ingeniería de sistemas y computación.

ABSTRACT

TITLE: Exploratory research of requirements in the city of Bucaramanga in order to define a standard for data management within the framework of the smart city project*

AUTHOR: Javier Alexis Nuñez Suarez**

KEY WORDS: Bucaramanga, smart cities, big data, data mining, standards, roadmap.

DESCRIPTION: The city of Bucaramanga is in the initial stages to become an intelligent city, however, in these first steps, it is necessary to establish processes, protocols and formats for the management of all processes and thus avoid complications later in the moment to mine and analyze the collected data. The purpose of this study is to analyze the different standards for data management that have been adopted by some of the most relevant smart cities, in order to generate recommendations to incorporate into the city's development roadmap. Initially, a literature review on smart cities and technologies applied to them was carried out. Based on this review, current standards present in smart city projects were analyzed, and the cases of Barcelona and Singapore, two cities that have extensive experience in data management in smart cities, from there we will analyze the current state of Bucaramanga, as well as its relationship with the projects generated by the state, to be able to generate specific conclusions regarding the standards that must be adopted and be able to deliver the respective recommendations to the governmental entities.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de estudios industriales y empresariales, Maestría en gerencia de la innovación y el conocimiento. Director: Carlos Alberto Cobos Lozada, Phd. Ingeniería de sistemas y computación.

Introducción

Actualmente estamos presenciando dos fenómenos importantes en la historia de la humanidad: la aceleración de la urbanización a nivel mundial y la revolución digital. Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) señala que, por primera vez en la historia, más de la mitad de la población del planeta vive en ciudades, y para el 2050 el 70% de la población mundial (más de 6.000 millones) vivirá en ciudades¹, esto conlleva nuevos retos, no solo a nivel de gestión sino también a nivel de planeación.

Transformar “ciudades tradicionales” en Ciudades Inteligentes, es una demanda cada vez más importante, pero con el surgimiento de la tecnología digital, de Internet y de las tecnologías móviles, esa transformación es cada vez más viable.

Estas nuevas tecnologías permiten integrar datos captados por aplicaciones y dispositivos, analizarlas y con base en esa información, mejorar la toma de decisiones, la eficiencia de las operaciones, prestaciones de servicios y la sostenibilidad.

Sin embargo, al intentar analizar millones de datos generados por múltiples fuentes con diferentes tipos de formatos, surgen una gran cantidad de inconvenientes para recopilar, ordenar, filtrar y analizar la información disponible, estos problemas no solamente ralentizan el proceso de análisis y representan un costo extra debido al tiempo que se debe invertir en los mismos, sino

¹ Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

que disminuyen la optimización general de la obtención de datos de la ciudad y establece barreras de entrada para que terceros incorporen sus aplicativos al ecosistema de Smart City.

Bucaramanga en este momento, se encuentra en una etapa temprana de planeación y desarrollo en su ruta por convertirse en una Ciudad Inteligente, por lo cual, es posible aprovechar este momento para empezar a definir un lenguaje unificado, bajo el cual se puedan comunicar los aplicativos y dispositivos que opten por incorporarse al ecosistema Bucaramanga – Smart City.

El propósito de este trabajo es realizar una investigación exploratoria en pro de generar recomendaciones específicas para la adopción e implementación de una estructura de datos estandarizada, en el marco del proyecto Bucaramanga – Smart City, dichas recomendaciones permitirán en un futuro, no solo una comunicación efectiva entre los aplicativos vinculados al ecosistema, sino que brindará un acceso transparente al flujo de datos y estadísticas en tiempo real sin la necesidad de realizar pre-procesamiento de los mismos, brindando a su vez fácil acceso a terceros para generar mejores y más completas aplicaciones en su ecosistema.

1 Descripción del trabajo de aplicación

Una de las características principales de una ciudad inteligente, es su capacidad de recopilar datos provenientes de un gran número de fuentes (Dispositivos, aplicativos, sensores, redes sociales, etc.), y usarlos para gestionar estrategias que permitan que la ciudad se mantenga en continua evolución. Sin embargo, para lograrlo, es necesario realizar una correcta planeación, especialmente en la forma en que se van a gestionar los datos, para evitar incurrir en problemas de comunicación, de datos erróneos, faltantes y problemas similares.

Este trabajo planea aprovechar el hecho de que Bucaramanga se encuentra en sus primeros pasos para convertirse en una ciudad inteligente, buscando realizar un análisis exploratorio de las necesidades que tendrá la ciudad de Bucaramanga, a nivel de estandarización de datos, lo cual le permitirá a futuro, definir un protocolo de estandarización de datos, en el cual se basen aplicativos y dispositivos pertenecientes al ecosistema Smart City, permitiendo la creación de una plataforma unificada, con datos verídicos, estadísticas en tiempo real y lista para escalar e intercomunicar correctamente con cualquier otra ciudad inteligente en el mundo.

1.1 Justificación del problema

Big data se ha convertido en el foco de la nueva tecnología², tanto en la ciencia como en la industria, y motiva nuevos cambios tecnológicos hacia una arquitectura centrada en datos, por

² <http://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/12/12/2017-predictions-for-ai-big-data-iot-cybersecurity-and-jobs-from-senior-tech-executives/>

eso, a su vez, existe una necesidad de definir modelos semánticos, componentes y modelos operacionales, los cuales se reúnen en un Ecosistema de Big Data.

Las tecnologías actuales, como la computación en la nube, la internet de las cosas, la computación ubicua (Murakami, & Fujinuma, 2000) y las redes 5G, proveen una plataforma de automatización en todos los procesos, desde la recolección de datos y su almacenamiento, hasta el procesamiento y la visualización de estos.

El 90% de los datos existentes en el mundo, ha sido creado en los últimos dos años solamente³, estos datos vienen de todas partes: sensores usados para generar información, publicaciones en redes sociales, videos, transacciones electrónicas, señales de GPS, etc. todo esto es una fuente importante para realizar Big Data.

En una ciudad inteligente, como en cualquier sistema que utilice Big Data como eje central de su desarrollo, es necesario establecer políticas iniciales para prevenir errores que pueden resultar extremadamente costosos y contraproducentes para el desarrollo de la ciudad.

El costo de tener datos de mala calidad en proyectos de Big Data, asciende a los U.S. \$3 Trillones por año⁴, la razón de este alto costo es que los científicos de datos, directores, gerentes de conocimiento y tomadores de decisiones deben acomodarlos (pre-procesarlos y formatearlos) en su trabajo diario, y hacerlo es costoso y consume mucho tiempo. Los datos que ellos necesitan para su trabajo están llenos de errores, y al estar enfrentados a cortos plazos de entrega, muchos

³ www-01.ibm.com/software/data/bigdata/what-is-big-data.html

⁴ <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>

individuos optan por simplemente hacer las correcciones ellos mismos, para cumplir con la entrega, en vez de contactar al creador de los datos, explicar los requerimientos, o ayudar a eliminar las causas de los errores de raíz⁵.

En un proceso de minería de datos (en el marco de Big Data), el tiempo dedicado a la limpieza, formateo y preparación de datos, puede consumir entre el 60% y el 80% de todo el proceso (ver imagen 1)⁶, lo cual representa, no solo un alto incremento en los costos, sino que estos métodos de limpieza no suelen ser 100% efectivos, lo cual implica que la veracidad de dichos datos puede llegar a no ser la óptima para estos procesos.

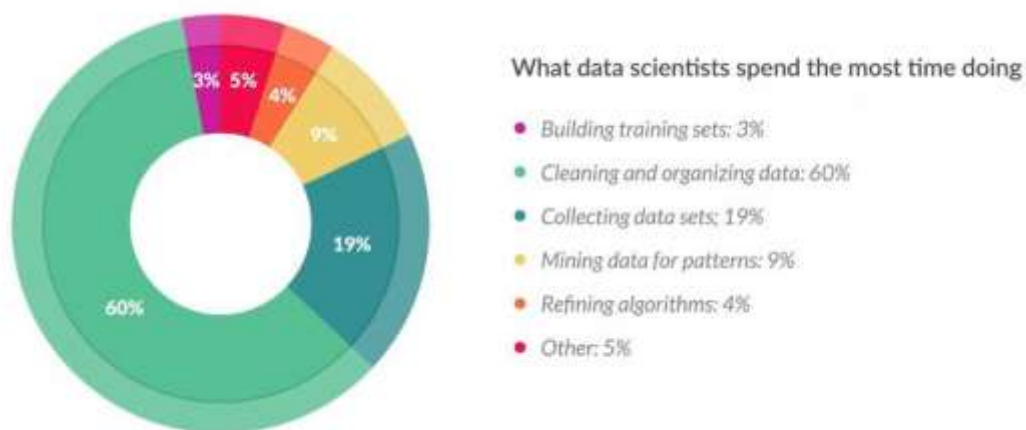


Figura 1 . Tiempo empleado en la preparación de datos⁷

Gran parte de estos inconvenientes pueden evitarse si la calidad de los datos se optimiza antes de ser recolectada, y esto puede lograrse utilizando un protocolo para la estandarización de estos. (Downey & Olson, 2013).

⁵ <https://hbr.org/2016/09/bad-data-costs-the-u-s-3-trillion-per-year>

⁶ Data Mining Leading Edge: Insurance & Banking, D Romano in Proceedings of Knowledge Discovery and Data Mining, Unicom, Brunel University, 1997.

⁷ <http://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/>

Bucaramanga se encuentra en sus primeros pasos para convertirse en una ciudad inteligente, por lo tanto, es el momento justo para empezar a implementar un estándar, mediante el cual se pueda comprobar no solo la veracidad del Big Data recopilado, sino su fácil transporte, lectura y visualización, esto, a nivel de ciudad inteligente, presentara múltiples ventajas:

- Permitirá que la ciudad pueda disponer de Información accesible desde cualquier lugar y siempre lista para analizar (Cretu, 2012).
- Rastreo en tiempo real del comportamiento de dispositivos, aplicativos y factor humano (Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H, & Al-Jaroodi, J, 2015).
- Puede generarse un portal de acceso desde donde cualquier persona pueda monitorear el comportamiento de la ciudad en tiempo real.
- Si todos hablan un mismo lenguaje, no es necesario realizar validación o formateo previo de datos, ni desperdiciar los recursos que implica ese proceso.
- La cantidad de personal necesitada para realizar el análisis de datos sería menor, ahorrándole costos a la ciudad.
- La ciudad se beneficiaría con la transparencia de los datos, lo cual permitiría auditoria de la información en tiempo real.
- Mayor eficiencia, menores costos y más calidad de los datos
- Facilita la transferencia y el intercambio de datos con otras Smart Cities alrededor del mundo (Anttiroiko, Valkama, & Bailey, 2014).
- Un tratamiento centralizado de los datos puede evitar sesgos estadísticos.
- Los datos pueden ser fácilmente integrados en cualquier plataforma para su visualización y análisis, ayudando así a una mejor toma de decisiones acerca del futuro de la ciudad.

- Alertas en tiempo real sobre cambios en conductas de los sistemas o la población.

La implementación de un estándar para gestión de datos es imperativa en este momento en Bucaramanga, ya que puede ser la base para la generación de un ecosistema abierto y sin problemas de datos, evitando así posibles problemas y sobrecostos futuros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General. Realizar una investigación exploratoria de los requerimientos de la ciudad de Bucaramanga, en materia de estandarización de datos, con el fin de presentar recomendaciones para la definición de un mecanismo de interoperabilidad entre las diferentes aplicaciones en el marco del proyecto Bucaramanga, Ciudad Inteligente.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión de la literatura sobre modelos existentes de estandarización de datos. (Capítulo III)
- Seleccionar un Focus Group, con el cual realizar una retroalimentación del trabajo, con el fin de lograr conclusiones acertadas al respecto. (Capítulo VII)
- Elaborar un comparativo entre las principales formas de estandarización de datos encontradas, para comprender cuales podrían llegar a adaptarse a este caso particular.
(Capítulo V)
- Realizar un análisis comparativo de los casos de Singapur y Barcelona, en lo referente a gestión y recopilación de datos, para poder adaptar las mejores prácticas a la propuesta en desarrollo. (Capítulo IV)

- Analizar potencialidades y brechas del proyecto “Bucaramanga ciudad inteligente”, para identificar claramente oportunidades de mejora. (Capítulo VI)
- Presentar las recomendaciones y hallazgos del trabajo ante los entes regionales.

1.3 Aspectos Metodológicos

La metodología de Investigación se basará en los Patrones de diseño iterativos (Pratt, 2009). Estos patrones de diseño han sido usados típicamente en ciencias de la computación e ingeniería, sin embargo, es una metodología ampliamente adaptable a sectores como la investigación, gracias a su capacidad de generar modelos de investigación en el marco de un proceso iterativo. El concepto fue introducido por primera vez en 1977 por Alexander Et Al para generar patrones que fueran reusables en la arquitectura.

Un patrón de diseño se describía inicialmente como un elemento de diseño reusable que puede ser usado para resolver problemas recurrentes, de ahí se extendió a los sistemas (Gamma et al, 1994 y HCI, 2005).

Los patrones de investigación, en estos casos aplicaran como Investigación Iterativa, una metodología que se enfoca en múltiples ciclos cortos entre el campo, desarrollo y las pruebas de laboratorio, por eso puede ser adaptado directamente a este trabajo de aplicación.

Para este caso específico se adaptará esta metodología de la siguiente manera:

- Se definirá un Focus Group (4 personas con amplio conocimiento de la ciudad, planeación, o Smart Cities) el cual realizará la retroalimentación del estudio.
- Realizar la revisión de literatura sobre modelos existentes.

- Identificar estándares existentes a nivel de Big Data y relacionarlos con el modelo proyectado para Bucaramanga.
- Plantear las recomendaciones finales para el proyecto.

1.3.1 Grupo focal. El grupo focal, entendido como una técnica cualitativa empleada en investigación social cuyo objetivo es recopilar la mayor cantidad posible de información, a través de un ejercicio práctico, en el que se explora y describen actitudes generales de los integrantes del grupo (Romo & Castillo, 2002), hizo parte de la metodología aplicada para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se utilizó el formato de pregunta abierta, formulando a los 4 participantes, 5 inquietudes sobre la implementación de estándares en el proyecto Bucaramanga Smart City y basándose en esos resultados, se formularon las conclusiones en cada uno de los apartados.

1.3.2 Revisión de literatura. La revisión de la literatura es el proceso mediante la cual se consulta, se extrae y recopila la información relevante sobre el problema a investigar (Cortés & León, 2004), Para este trabajo se asume el enfoque de revisión de literatura científica, la cual se caracteriza por estudios detallados y selectivos que tienen como objetivo la búsqueda y análisis de información de teorías, metodologías y prácticas alrededor de un tema de investigación específico, en este caso las ciudades Inteligentes y sus procesos para gestión y manejo de datos. (Brocke et al, 2009). Los pasos recomendables a seguir en este caso, según la guía metodológica presentada en la conferencia de sistemas de información del año 2009 (Brocke, et al 2009) son:

1.3.2.1 Alcance de la revisión. Esta revisión de literatura se realizará en torno a ciudades inteligentes, con un énfasis específico en el concepto y papel de la recopilación y estandarización

de datos. La pregunta central asociada a la revisión de literatura es: ¿Cuáles son los principales estándares actuales para gestión de datos?, sus características particulares, y ¿cuáles son los requisitos necesarios para determinar un estándar adecuado? En este orden, el objetivo de la revisión será la integración de conceptos sobre las arquitecturas propuestas en la literatura. Se tendrá en cuenta una organización de la información principalmente por aspectos conceptuales comunes, asumiendo una perspectiva neutral debido a la exploración inicial en el tema por lo que los autores no tienen sesgo o postura predominante sobre el mismo.

1.3.2.2 Búsqueda de la literatura. Una vez definido el alcance, se seleccionan las bases de datos a explorar: Google Scholar, SCOPUS, IEEE Explore, Science Direct, así mismo se tendrán en cuenta fuentes principalmente en inglés ya que es donde se encuentra la mayor parte de literatura sobre el tema y seguidamente en idioma español. Por otra parte, los tipos de fuentes seleccionados son: artículos de revista, libros, capítulos de libro, conferencias y reportes de entidades vinculadas a iniciativas y proyectos de ciudades inteligentes. De igual manera, se tendrá en cuenta el número de citas de los documentos, así como el rango cronológico definido.

- **Smart Cities, numero de documentos hallados en Scopus.**

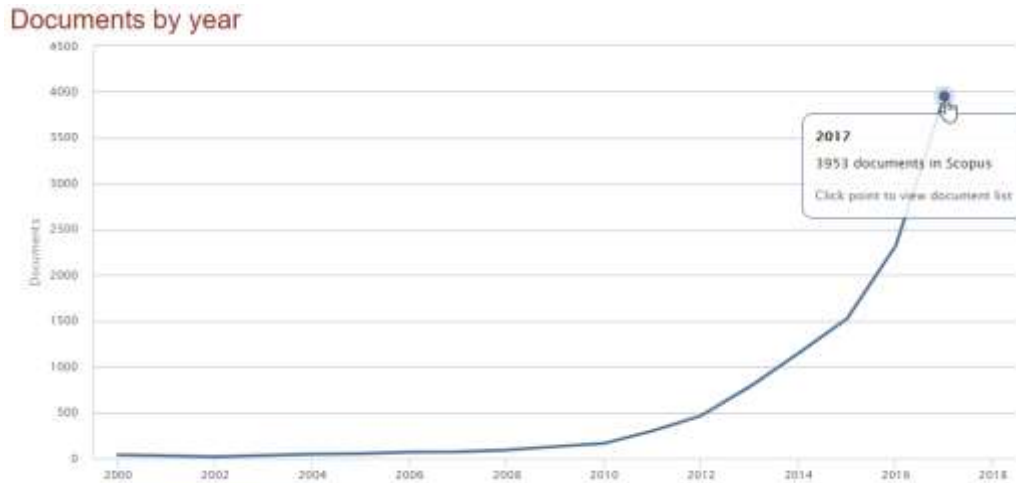


Figura 2. Búsqueda "Smart Cities"

- **Big data, numero de documentos encontrados en Scopus**

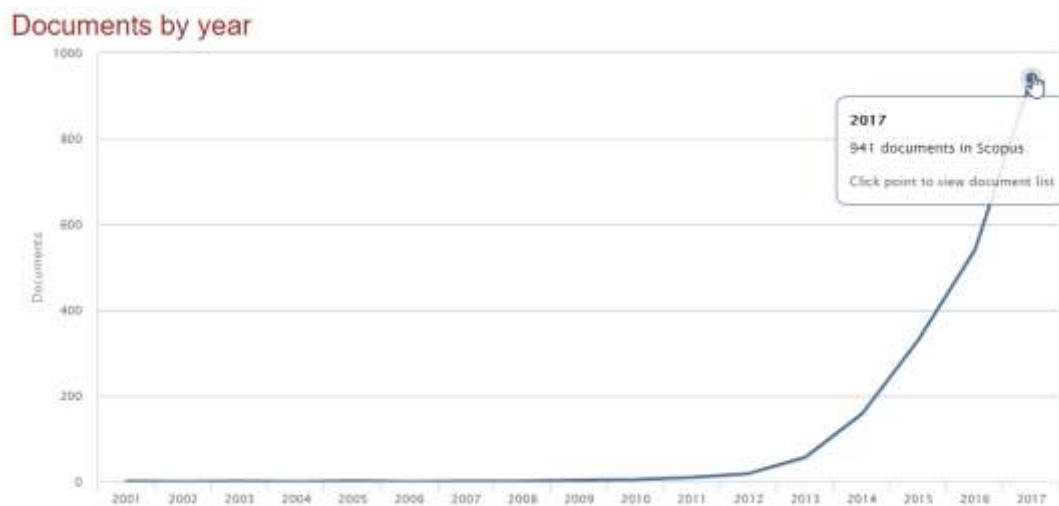


Figura 3. Búsqueda "Big data"

1.3.2.3 Síntesis. Para especificar más puntualmente las búsquedas referentes al tema de este trabajo, se identificaron documentos primarios usando booleanos referentes a Smart cities, y data frameworks, en los cuales se hace mención de los sistemas actuales para gestión de datos, y partiendo de esa base se amplió la búsqueda de documentos referentes a nivel tecnológico, así como búsquedas independientes referentes a las ciudades específicas a analizar.

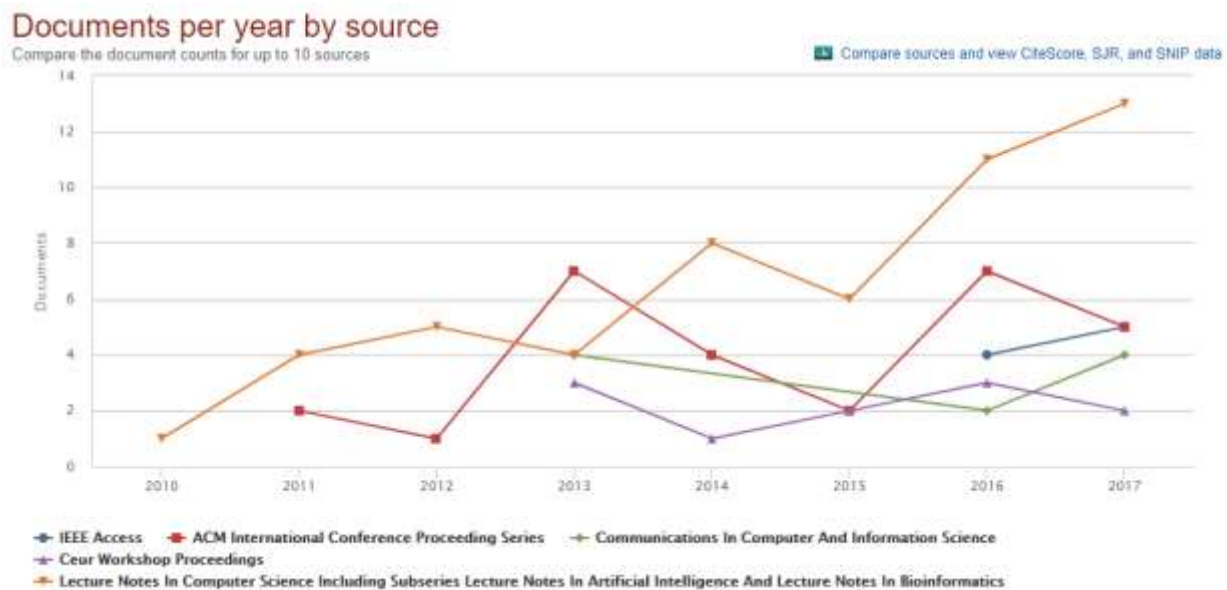


Figura 4. Filtrado TITLE-ABS-KEY (smart AND cities AND data AND framework)

1.3.2.4 Análisis y conclusiones. El análisis final y las conclusiones de la revisión se presentarán después de realizado el análisis de los estándares y las ciudades de Singapur y Barcelona, por lo tanto, se encuentran plasmados en el Capítulo VI – Resultados generales.

2 Ciudades inteligentes

2.1 ¿Que son ciudades?

Las ciudades se pueden entender como sistemas socio tecnológico, un lugar donde las personas viven y trabajan juntas, y pueden entenderse mejor a través de diferentes dimensiones:

Las ciudades se pueden ver como un sistema económico, un lugar donde se generan empleos y riqueza; debido a la naturaleza de la concentración de personas y negocios en las ciudades, hay un aumento en la eficiencia de la producción y, por lo tanto, de la competitividad de las empresas. Además, esta concentración de personas da como resultado una concentración de conocimiento e innovación, así como una diversidad de especializaciones. Esto acerca la producción y el mercado, y facilita el proceso de intercambio y comercialización, convirtiéndolas en las bases económicas del mundo.⁸

Las ciudades también se pueden ver como un sistema social, una forma de vida con una cultura separada, con sus propias actividades, tradiciones y más (Mattheis, C. 2012). Estos sistemas sociales dependen de la comunicación, la auto-creación, la diferenciación y el acoplamiento estructural a las características particulares de sus entornos. Todos estos factores se pueden encontrar en Ciudades, y muchos factores incluso son mejorados por ellos (como la comunicación).

⁸ The economic role of the cities, Tech. rep, UN habitat (2011)

Las ciudades también pueden considerarse como un sistema político, donde interactúan diferentes actores. Los sistemas políticos tienen algunas características básicas; toman las demandas y el apoyo como insumos, mientras emiten decisiones, que son tomadas por un conjunto de actores coordinados e interdependientes. Las recepciones de estas decisiones afectarán la entrada, creando así un circuito de retroalimentación (Easton, D. 1957). Además, implican el uso o la amenaza del uso de la fuerza legal para hacer cumplir estas decisiones.⁹ Estos aspectos se encuentran en todas las ciudades, encarnadas por sus gobiernos locales y diferentes actores políticos, como las ciudades y los sindicatos. Por último, también es un sistema tecnológico, que son sistemas compuestos por componentes físicos, como infraestructura (puentes, carreteras, generadores, etc.), así como organizaciones (como empresas de fabricación o servicios públicos) y componentes científicos, como programas de investigación (Bijker et al 2012).

Debido a la naturaleza de este trabajo de aplicación, las ciudades se abordarán desde el punto de vista de un sistema tecnológico.

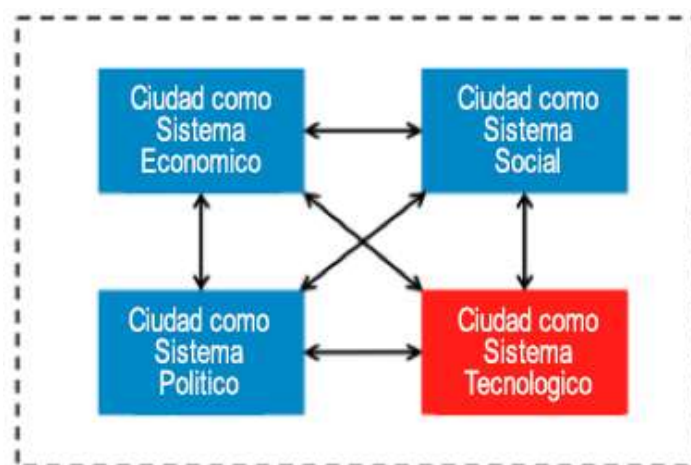


Figura 5. Diferentes Sistemas de una Ciudad - Elaboración del autor

⁹ Pooja, political system: Meaning and characteristics of a political system, Political Science notes

Los sistemas presentes en una ciudad interactúan entre sí (por ejemplo, la economía afecta la infraestructura, etc) dentro de las ciudades, y especialmente desde una perspectiva tecnológica, hay una clara distinción entre las diferentes capas de los sistemas urbanos. Tradicionalmente, las ciudades tienen dos capas principales, la capa de infraestructura y la capa de servicio¹⁰. La infraestructura urbana es lo que permite vivir y trabajar en conjunto, también es el punto central que define una ciudad. Afecta todas las dimensiones, pero también se ve afectado por todas ellas. Debido a su gran complejidad, es más exacto abordar las ciudades desde una vista sistémica. Esto significa que internamente tienen bucles de retroalimentación y decisiones dependientes de la ruta. Hay tres tipos distintos de ciclos de retroalimentación:

1. bucles de retroalimentación técnica (el efecto que tiene la vivienda en la planificación del transporte).
2. bucles de retroalimentación social (cómo interactúan varios actores en una ciudad y cómo impacta la economía la vida social).
3. bucles de retroalimentación que cruzan ambas dimensiones (por ejemplo, cómo ciertas tecnologías pueden afectar la vida social).

El sistema y sus retroalimentaciones implican que las ciudades tendrán ciertos desempeños, que caracterizamos en términos de eficiencia, resiliencia y sostenibilidad. Este alto nivel de complejidad e interdependencia de los subsistemas hace que la gestión y el gobierno de las ciudades sean extremadamente desafiante e impredecible. Una posible respuesta a este desafío es la digitalización, y aquí es donde entran en juego las ciudades inteligentes.

¹⁰ http://www.opengroup.org/soa/source-book/soa_refarch/p10.htm

2.2 ¿Que son las ciudades inteligentes?

Tradicionalmente, las ciudades se componen de dos capas principales: una capa de infraestructura y una capa de servicio¹¹. El punto principal que diferencia una ciudad inteligente es la adición de una tercera capa entre los dos originales: una capa digital o de datos. Esta capa crece a través del creciente número de fuentes para la generación de datos en las ciudades, como sensores, cámaras, GPS, teléfonos inteligentes y muchos otros. Estos dispositivos de generación de datos se pueden encontrar cada vez más en menores costos y tamaños, haciendo que su uso sea muy conveniente, además, su capacidad de almacenamiento ha ido creciendo exponencialmente, lo que significa que estamos generando una cantidad de datos sin precedentes.

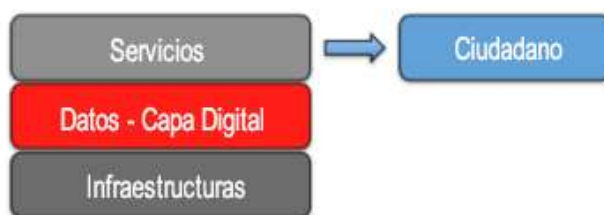


Figura 6. Nueva Capa de datos - Elaboración del autor

Sin embargo, esta cantidad de datos plantea un nuevo desafío; los nuevos datos generados deben analizarse para ser útiles. Esto ha llevado al desarrollo de nuestra capacidad y habilidad no solo para analizar estos datos, sino también para visualizarlos de una manera comprensible para los humanos. Algunas de las herramientas utilizadas para hacerlo son, por ejemplo, el aprendizaje automático (Machine learning) o la inteligencia artificial (AI). Este proceso de análisis de grandes cantidades de datos se conoce como "Big Data"

¹¹ <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/tecnologia-servicio-smart-cities-plataformas-ciudad>

2.2.1 Definiciones de ciudades inteligentes: En esta sección se presentarán diversas definiciones de Ciudades Inteligentes encontradas en la literatura con el fin de brindar un punto de vista holístico a la definición descriptiva de capas, presentada anteriormente. Esas definiciones consideran desde los cambios sociales esperados con Ciudades Inteligentes hasta el empoderamiento y la mejora en la calidad de vida en la población, hasta el uso de TICs para la mejora en la infraestructura y en los servicios de la ciudad y en la optimización del uso de los recursos de la ciudad.

A continuación, se presentan varias definiciones de ciudades inteligentes. La mayoría de estas definiciones citan explícitamente que el objetivo de una ciudad inteligente es la mejora de la calidad de vida del ciudadano. Algunas definiciones (Giffinger et al 2007; Guan 2012) no establecen de qué manera éste debe lograrse, mientras que otros afirman que esto se logrará mediante la construcción de una infraestructura de tecnología para mejorar los servicios municipales (Caragliu et al 2011; Dameri 2013). La mayoría de las definiciones citan la necesidad del uso de tecnología de la información para optimizar el uso de la infraestructura de la ciudad, la gestión de los recursos y los servicios de la ciudad (Harrison et al. 2010, Washburn et al., 2009). Algunas de estas definiciones agregan la necesidad del desarrollo sostenible de la ciudad, con la mejora en el uso de recursos como agua y energía eléctrica (Caragliu et al. 2011, Dameri 2013).

Un aspecto relevante es la necesidad de que una ciudad inteligente facilite también el crecimiento económico de la ciudad (Dameri 2013) posibilitando la inclusión y participación de toda la población en la sociedad. Dos definiciones (Dameri 2013, Giffinger et al., 2007) citan la participación de la sociedad en la decisión de los gobiernos a través de gobiernos participativos.

Otras cuestiones importantes planteadas por las definiciones son el monitoreo de la infraestructura de la ciudad, como calles, puentes, líneas de tren (Hall et al 2000), el monitoreo del uso de recursos como agua y energía eléctrica (Hall et al 2000) y la integración entre todos los servicios de salud (Harrison et al. 2010; Washburn et al. 2009).

Tabla 1.

Definiciones de ciudades inteligentes

DEFINICIÓN	AUTOR
"Una Ciudad Inteligente es una ciudad con un buen desempeño basada en la combinación 'inteligente' de dotaciones y actividades de ciudadanos autodeterminados, independientes y conscientes"	(Giffinger et al. 2007)
"Una ciudad es inteligente cuando las inversiones en capital humano y social y la infraestructura de comunicación tradicional (transporte) y moderna (TIC) alimentan el crecimiento económico sostenible y una alta calidad de vida, con una gestión inteligente de los recursos naturales, a través del gobierno participativo"	(Caragliu et al. 2011)
"Una ciudad inteligente es un área geográfica bien definida, en la que las tecnologías avanzadas como las TIC, la logística, la producción de energía, etc., cooperan para generar beneficios para los ciudadanos en términos de bienestar, inclusión y participación, calidad ambiental, inteligencia desarrollo; está gobernado por un conjunto bien definido de sujetos, capaz de establecer las reglas y políticas para el gobierno de la ciudad y el desarrollo".	(Dameri 2013)
"Una ciudad que monitorea e integra las condiciones de todas sus infraestructuras críticas, incluyendo carreteras, puentes, túneles, rieles, metros, aeropuertos, puertos marítimos, comunicaciones, agua, energía, incluso edificios importantes, puede optimizar mejor sus recursos, planificar su mantenimiento preventivo actividades, y monitorear aspectos de seguridad mientras maximiza los servicios a sus ciudadanos "	(Hall et al. 2000)
"Una ciudad que conecta la infraestructura física, la infraestructura de TI, la infraestructura social y la infraestructura comercial para aprovechar la inteligencia colectiva de la ciudad"	(Harrison et al. 2010)
"Una ciudad inteligente, de acuerdo con ICLEI, es una ciudad que está preparada para proporcionar las condiciones para una comunidad sana y feliz bajo las difíciles condiciones que pueden traer las tendencias globales, ambientales, económicas y sociales".	(Guan 2012)
"El uso de tecnologías de computación inteligente para hacer que los componentes y servicios de infraestructura crítica de la ciudad que incluyen la administración de la ciudad, educación, salud, seguridad pública, bienes raíces, transporte y servicios públicos sean más inteligentes, interconectados y eficientes"	(Washburn et al. 2009)

2.2.2 Tecnologías y conceptos. Ahora presentamos las principales tecnologías utilizadas en la creación de la infraestructura de una ciudad inteligente, es decir, (1) Internet de las cosas para permitir la conexión de varios dispositivos en la red de ciudades como sensores, señales de tráfico y dispositivos de usuario; (2) Big Data, que permite el almacenamiento y el procesamiento de grandes cantidades de datos recogidos en la ciudad y (3) Computación en Nube, que proporciona un ambiente escalable y elástico para soportar la gran demanda de recursos computacionales necesarios en una ciudad inteligente.

2.2.2.1 La Internet de las cosas (Internet de las cosas o IoT). Es la conexión de objetos cotidianos, tales como lámparas para iluminación pública, semáforos de tráfico, sensores de calidad de agua y aire, cámaras de vídeo, etc. a la red de Internet. Los objetos deben identificarse con un nombre único, su posición y estado conocidos, y deben ser accesibles a través de una red interoperable (Coetzee and Eksteen 2011). Puede haber una gran variedad de "Cosas" conectadas en un sistema de IoT, desde teléfonos móviles, relojes y ordenadores hasta vehículos y refrigeradores. El clúster de proyectos europeos de investigación en IoT (Sundmaeker et al. 2010) define "Cosas" como participantes activos de la red que son capaces de interactuar y comunicarse con otros elementos de la red y con el medio ambiente. Esta comunicación se produce para el intercambio de datos e información sobre el medio ambiente. La Internet de las cosas conecta el mundo digital y físico añadiendo servicios e inteligencia a Internet sin la intervención directa de seres humanos. Destacamos tres componentes principales en un sistema de la IO: (1) hardware, tales como sensores, actuadores y dispositivos de comunicación; (2) el middleware para el procesamiento y almacenamiento de los datos capturados por el hardware y (3) una capa de presentación en la que los usuarios o administradores del sistema pueden acceder, manipular y analizar los datos (Gubbi et al. 2013). La Internet de las cosas es bastante

adecuada para la gestión de los miles de dispositivos que estarán conectados en una ciudad inteligente. Así, los datos recogidos en la ciudad se envían a las plataformas de software o a las aplicaciones para que sean almacenados y procesados posibilitando la creación de servicios innovadores para la ciudad. En la ciudad de Santander, el Padova Smart City (Zanella et al., 2000), se ha convertido en una de las principales ciudades de América Latina que tiene más de 300 sensores instalados y el Array of Things, que está instalando una gran red de sensores en la ciudad de Chicago. La Internet de las cosas tiene una enorme cantidad de aplicaciones potenciales en Ciudades Inteligentes. Algunos ejemplos son: monitoreo de la estructura de edificios históricos, detección de las latas de basura están llenas, monitoreo de ruido cerca de áreas críticas como escuelas y hospitales, monitoreo de las condiciones de semáforos y lámparas de iluminación pública y el monitoreo del uso de energía eléctrica y agua en Casas Inteligentes (Zanella et al., 2014).

2.2.2.2 Big Data: La expresión Big Data se refiere a un conjunto de técnicas y herramientas para el almacenamiento y manipulación de conjuntos de datos muy grandes, donde las tecnologías tradicionales, como bases de datos relacionales y herramientas de procesamiento secuencial, no soportan el vasto volumen de datos (Chen et al. al 2014 ;. Demchenko et al 2014)

Big Data posee cuatro características destacadas:

- **Volumen:** la cantidad de datos generados y recolectados en diversos tipos de aplicaciones está aumentando exponencialmente y las herramientas de Big Data deben ser capaces de manejar adecuadamente con ese desafío.

- Variedad: los datos se pueden recoger de diferentes fuentes y con diferentes formatos y estructuras; como datos estructurados como los datos de los ciudadanos, datos semi-estructurados como los datos de sensores y los datos no estructurados como cámaras de vídeo de seguridad y de tránsito.
- Velocidad: el procesamiento de datos debe ser rápido y, en muchos casos, en tiempo real, o esos datos pueden volverse inútiles como datos recolectados de sensores de vehículos, el análisis de redes sociales e informaciones sobre el tránsito de la ciudad.
- Veracidad: cómo los datos se recopilar de múltiples fuentes de datos, es importante garantizar la calidad de estos datos utilizando fuentes confiables y coherentes. Esto es importante para evitar errores que comprometen el análisis de los datos.

Big Data no es sólo una estructura de almacenamiento moderna y escalable como las bases de datos NoSQL o las herramientas de procesamiento como el Hadoop (Polato et al. 2014, Goldman), sino la transformación de todo el ciclo de vida de los datos dentro de una aplicación para soportar la recolección, almacenamiento, procesamiento, análisis y visualización de grandes conjuntos de datos.

En el contexto de ciudades inteligentes, las herramientas de Big Data están siendo empleadas para permitir la gestión de la gran cantidad de datos generados en las ciudades. Por ejemplo, datos que son generados por sensores periódicamente sobre las condiciones de la ciudad como temperatura, calidad del aire y pluviometría, datos generados por ciudadanos a través de teléfonos celulares y redes sociales y vehículos como autobuses que pueden enviar periódicamente su posición y velocidad para usarlas en aplicaciones.

Las bases de datos NoSQL se utilizan principalmente para almacenar datos no estructurados de la ciudad, como por ejemplo lecturas de sensores y posiciones de vehículos. Las herramientas de procesamiento paralelo se utilizan para el procesamiento de grandes conjuntos de datos y se utilizan tanto para el procesamiento de datos históricos con Hadoop o Spark como para el procesamiento en tiempo real de grandes flujos de datos con el Spark y el Storm. Hay muchas posibilidades de aplicación de tecnologías y herramientas de Big Data en ciudades inteligentes. Podemos citar como ejemplos el reconocimiento de patrones en tránsito usando datos históricos para descubrir las causas y evitar embotellamientos, facilitar las decisiones de administradores de la ciudad usando análisis sobre grandes conjuntos de datos, prever la cantidad de energía eléctrica utilizada en diferentes días y horarios utilizando datos y los flujos de datos en tiempo real, predecir la demanda del uso del transporte público utilizando datos históricos sobre la venta de pasajes y detectar automáticamente problemas de seguridad pública utilizando flujos de datos de sensores y redes sociales (Al Nuaimi et al., 2015).



Figura 7. Las 4 V's del Big data¹²

¹² www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data

2.2.2.3 Computación en Nube: La Computación en Nube ofrece una infraestructura elástica, robusta y altamente disponible para el almacenamiento y procesamiento de datos, lo que es esencial para aplicaciones de Ciudades Inteligentes. Además, una ciudad inteligente puede ser altamente dinámica, requiriendo reconfiguraciones automáticas de su infraestructura, lo que también es facilitado por la computación en nube. Algunos autores (Distefano et al., Aazam et al. 2014) describen un nuevo paradigma a partir de la combinación de la Computación en Nube e Internet de las cosas, llamándolo "Cloud of Things". La idea es almacenar y procesar todos los datos recolectados de una red IoT en un entorno de computación en nube, lo que ya se realiza en diversas iniciativas de ciudades inteligentes (Mitton et al., Tei and Gurgun 2014). Otro concepto relacionado con el uso de la Computación en Nube en Ciudades Inteligente es el Software como Servicio (SA de CV) (Fox et al. 2013). Perera et al. que se extiende a través de la expresión "Sensing as a Service" (Perera et al., 2014). El objetivo es proporcionar a las aplicaciones y servicios los datos de sensores en una infraestructura de computación en nube. La plataforma ClouT también utiliza este concepto y define las expresiones City Application Software as a Service (CSaaS) y City Platform as a Service (CPaaS) ofreciendo todas las funcionalidades de la plataforma como servicios en un entorno de computación en nube (Tei and Gurgun 2014). Resumiendo, la Computación en Nube es ideal para proporcionar la infraestructura para almacenar y ejecutar los servicios de una ciudad. Los datos pueden ser recogidos por una red implantada con las ideas de Internet de las Cosas y enviadas a la infraestructura de Computación en Nube, donde los datos pueden ser procesados utilizando herramientas de Big Data. Esta combinación ayuda a ofrecer diversos requisitos no funcionales importantes como escalabilidad, elasticidad y seguridad (Chen et al. 2014, Aazam et al 2014).

2.2.3 Digitalización. La combinación de todas estas tendencias en la evolución de las tecnologías de la información y la comunicación y su adopción en nuestra sociedad se denomina "digitalización"¹³. Tiene un efecto vital en casi todos los sistemas de nuestra sociedad, incluyendo las ciudades y tiene algunas implicaciones severas en los sistemas más tradicionales, como las cadenas de valor. A través de la digitalización, las cadenas de valor físicas se pueden reflejar en una dimensión digital, lo que significa que los clientes pueden seguir e influir en esta cadena de valor (por ejemplo, realizando seguimiento) mediante la creación de interfaces con los clientes. Además, la información en esta capa de datos ahora se puede usar para mejorar la cadena de valor o crear nuevos servicios y modelos comerciales que permitan a las empresas encontrar nuevas formas de obtener beneficios. En una ciudad inteligente, esto afecta a muchas industrias, que se pueden dividir en cuatro categorías¹⁴.

En primer lugar, afecta a muchas industrias con grandes volúmenes de información, como la atención médica, ya que ahora la información se puede recopilar, almacenar y analizar de manera más eficiente.

En segundo lugar, afecta a muchas industrias no escalables, como la industria del taxi, esto se debe a que están limitados en tamaño y la digitalización les ayuda a desarrollar nuevos servicios para capitalizar.

En tercer lugar, influye en las industrias fragmentadas, como la logística, ya que ayuda a conectar a los diferentes actores.

¹³ <https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/>

¹⁴ <http://www.govtech.com/fs/perspectives/The-Smart-Way-to-Build-a-Smart-City.html>

Finalmente, impacta en sectores asimétricos de información, como el gobierno, convirtiendo consumidores en prosumidores y empoderando los usuarios.

Muchas de estas categorías coexisten dentro del nivel de la ciudad, de ahí que la digitalización haya tenido un gran impacto en las ciudades e infraestructuras urbanas.

2.2.4 Implicaciones de las ciudades inteligentes. Una ciudad inteligente se puede ver a través de las mismas dimensiones que una ciudad tradicional, pero con diferentes implicaciones. Desde una perspectiva económica, puede verse como una economía digital, que puede ayudar a revitalizar y estimular la economía local utilizando la tecnología. Desde una perspectiva social, una ciudad inteligente es una forma de estimular comunidades en línea y revitalizar la vida social.

La economía colaborativa se puede ver como una intersección de las dimensiones social y económica. Además, las ciudades inteligentes también se pueden definir en una dimensión política, que estimula la participación de los ciudadanos a través de procesos de toma de decisiones en línea. Por último, una ciudad inteligente también se puede ver desde una perspectiva tecnológica, que se refiere a sus infraestructuras y servicios (Nam & Pardo, 2011), dimensión desde la cual se enfoca este trabajo de aplicación.

Algunos ejemplos de la dimensión tecnológica de una ciudad inteligente son, por ejemplo, el uso de herramientas digitales para la recolección de peajes, la medición inteligente, la detección de fugas en el agua o los sistemas de seguridad.

Hay cuatro implicaciones principales del desarrollo y la transición hacia las Ciudades Inteligentes. El primero es la gestión y la gobernanza de las infraestructuras, que ahora debe incluir una combinación de gestión de las antiguas infraestructuras heredadas con las nuevas e inteligentes. En segundo lugar, está la gestión de la nueva capa de servicios, que ofrece muchos desafíos en términos de ejecución, regulación y otros. En tercer lugar, existe el desafío de gobernar los sistemas sociotécnicos, que implican gobernar las instituciones urbanas y las reglas de este sistema. Finalmente, también existe un nuevo desafío, que es la gestión y la gobernanza de la capa de datos, un papel, que normalmente no se llevaba a cabo por las ciudades, pero al cual deberán adaptarse progresivamente.

2.2.5 Modelos base para la creación de ciudades inteligentes. En cuanto a enfoques para la concepción de ciudades inteligentes algunos autores presentan el enfoque de innovación abierta (OI) (Paskaleva, 2011) o el sistema de sistemas (SoS) (Harrison & Donnelly, 2011). Una definición simple de OI es un proceso de apertura de los límites para compartir e intercambiar conocimientos e información; es el modo de transformar colaborativamente para mejorar u obtener un nuevo producto o servicio, donde a partir de la confianza, se buscan y se comparten las soluciones. Por otra parte, un SoS se caracteriza por un conjunto o arreglo de sistemas independientes unidos entre sí de varias maneras para proporcionar capacidades. Los sistemas se pueden adaptar para proporcionar capacidades deseadas, dependiendo de la situación. Una ciudad inteligente constituye un “sistema de sistemas”, un conjunto de sistemas públicos y privados interdependientes que la ciudad puede integrar y optimizar para lograr un nuevo nivel de eficacia y eficiencia (Naphade, Banavar Et Al, 2011). Es innegable la atención hacia las iniciativas y proyectos de ciudades inteligentes en todo el mundo, es así como en Europa y Asia,

pioneras en estas iniciativas, han avanzado de manera significativa, y recientemente Latinoamérica ha comenzado a liderar este tipo de proyectos. Diversos proyectos principalmente en Europa han sido los pioneros en ejecutarse, entre los cuales se destacan: European Smart City¹⁵, Smart Cities¹⁶, y la Red Española de ciudades inteligentes¹⁷. Del mismo modo, en Latinoamérica se comienzan a promover este tipo de iniciativas mediante proyectos como: Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles¹⁸, y Ciudad Creativa Digital¹⁹. En el ámbito local, Medellín con su programa MDE Ciudad Inteligente, el Proyecto Diamante Caribe-Santander y Bogotá PiensaTIC, son los proyectos más importantes y que están direccionando al país hacia este tipo de iniciativas.

La amplia y diversa cantidad de datos adquiridos en una ciudad inteligente es abrumadora, por eso, si no se toman las precauciones adecuadas, es posible terminar con una enorme cantidad de datos inservibles o que requieren un largo y costoso proceso de limpiado. Si bien existen muchas técnicas para la limpieza de datos²⁰, e incluso patentes sobre parámetros de estandarización²¹, nada de esto es tan adecuado como diseñar una apropiada estandarización, o seguir alguna infraestructura predefinida que permita relacionar los datos de manera lógica y sencilla.

¹⁵ www.smart-cities.eu

¹⁶ www.smartcities.info

¹⁷ www.redciudadesinteligentes.es

¹⁸ BID. (2015). Programa de ciudades emergentes y sostenibles. <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/iniciativa-ciudades-emergentes-y-sostenibles,6656.html>

¹⁹ M. Gobierno de Guadalajara. (2015). Ciudad Creativa Digital. http://ccdguadalajara.com/es_ES/

²⁰ Kalaivany, Jiuyong, "Data Mining Techniques for data cleaning" 2009

²¹ Automated name standardization for big data - <https://www.google.com/patents/US9542456>

3 Revisión de estándares actuales

Conforme las ciudades inteligentes crecen y se optimizan constantemente, han surgido diversos problemas relacionados con adquisición de datos, debido a esto, se han venido diseñando algunas soluciones para el modelado y estandarización con el fin de minimizar estos problemas:

3.1. Estándares analizados

3.1.1 Cloud Council. Existen organizaciones dedicadas a monitorear estándares tecnológicos en los distintos ambientes que puedan presentarse, tales como el Concilio de estándares en la nube, CSCC TM, el cual es un grupo dedicado a acelerar la adopción exitosa de la nube y profundizar en los estándares, la seguridad y los problemas de interoperabilidad que rodean la transición a la nube, entregando materiales tales como mejores prácticas y casos de uso para ayudar a otras empresas, para garantizar que los usuarios de la nube tengan la misma libertad de elección, flexibilidad y apertura que tienen con los entornos de TI tradicionales. ²²

La CSCC, ha propuesto, en el año 2016, un modelo para adquisición de datos en sistemas con Internet de las Cosas (IoT), el cual es uno de los bloques principales para la arquitectura en cualquier ciudad inteligente.

²² <http://www.cloud-council.org/about-us.htm>

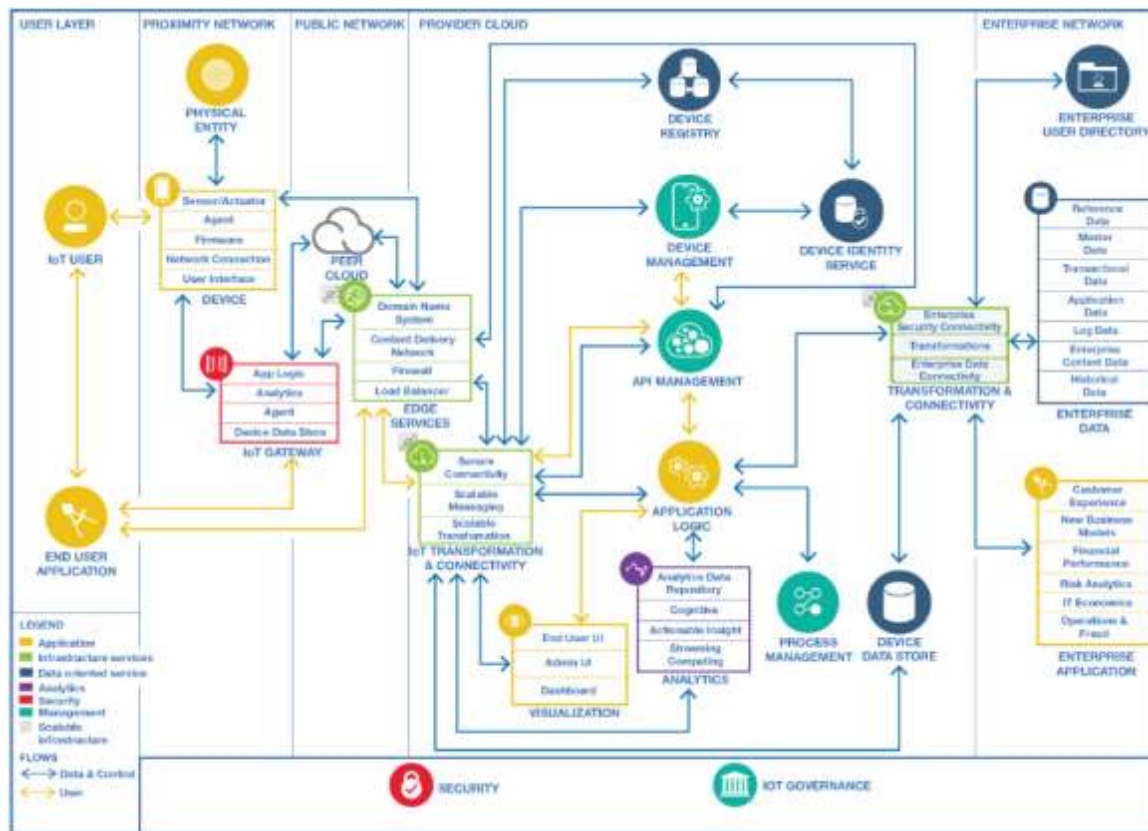


Figura 8. Cloud Council Model

Si bien es un concepto avalado por un gran número de respetados especialistas en el área, aún se encuentra en papel, ninguna ciudad lo ha adoptado todavía, por lo cual, falta realizar pruebas en tiempo real para verificar su respuesta en aplicaciones reales.

3.1.2 Aws greengrass. Amazon Web Services, también conocida como AWS, es un conjunto de herramientas y servicios de cloud computing de Amazon²³. Este servicio se lanzó oficialmente en 2006 y según su portal, actualmente gestionan más de un millón de usuarios²⁴. Entre las empresas que la utilizan se encuentran algunas como Reddit, Foursquare, Pinterest, Netflix, la NASA o la CIA. Esto se debe principalmente a la madurez del servicio frente a otros similares y

²³ <https://www.ticportal.es/temas/cloud-computing/amazon-web-services>

²⁴ <https://www.contino.io/insights/whos-using-aws>

las posibilidades que ofrece el amplio abanico de herramientas disponibles. Greengrass es una plataforma desarrollada por Amazon para gestionar los datos recibidos por los dispositivos vinculados a su ecosistema de Internet de las cosas, de esta manera Greengrass se asegura de que sus dispositivos de IoT pueden responder con rapidez a eventos locales, operar con conexiones intermitentes y minimizar el costo de transmitir datos de IoT a la nube²⁵.



Figura 9. Funcionamiento de AWS GreenGrass³⁴

Greengrass y la plataforma IoT de Amazon está siendo utilizada exitosamente en ciudades como Jakarta, manteniendo monitoreo constante sobre posibles inundaciones, en Chicago con la gestión de más de 500 sensores en toda la ciudad y en plataformas como moovit²⁶, que monitorean transporte en tiempo real. Greengrass se encuentra limitado a trabajar con la plataforma AWS, porque su sistema es cerrado y propietario de Amazon.

3.1.3 OpenIoT. OpenIoT²⁷ es un middleware de código abierto para obtener información de nubes de sensores, sin tener que preocuparse por qué sensores se utilizan exactamente. OpenIoT

²⁵ <https://aws.amazon.com/es/greengrass/>

²⁶ <https://www.moovitapp.com/>

²⁷ <http://www.openiot.eu/>

explora formas eficientes de usar y administrar entornos de nube para las "entidades" y recursos IoT (como sensores, actuadores y dispositivos inteligentes), también proporciona servicios de sensores basados en la nube, a través de un marco adaptable de middleware para implementar y proporcionar servicios en entornos de nube.

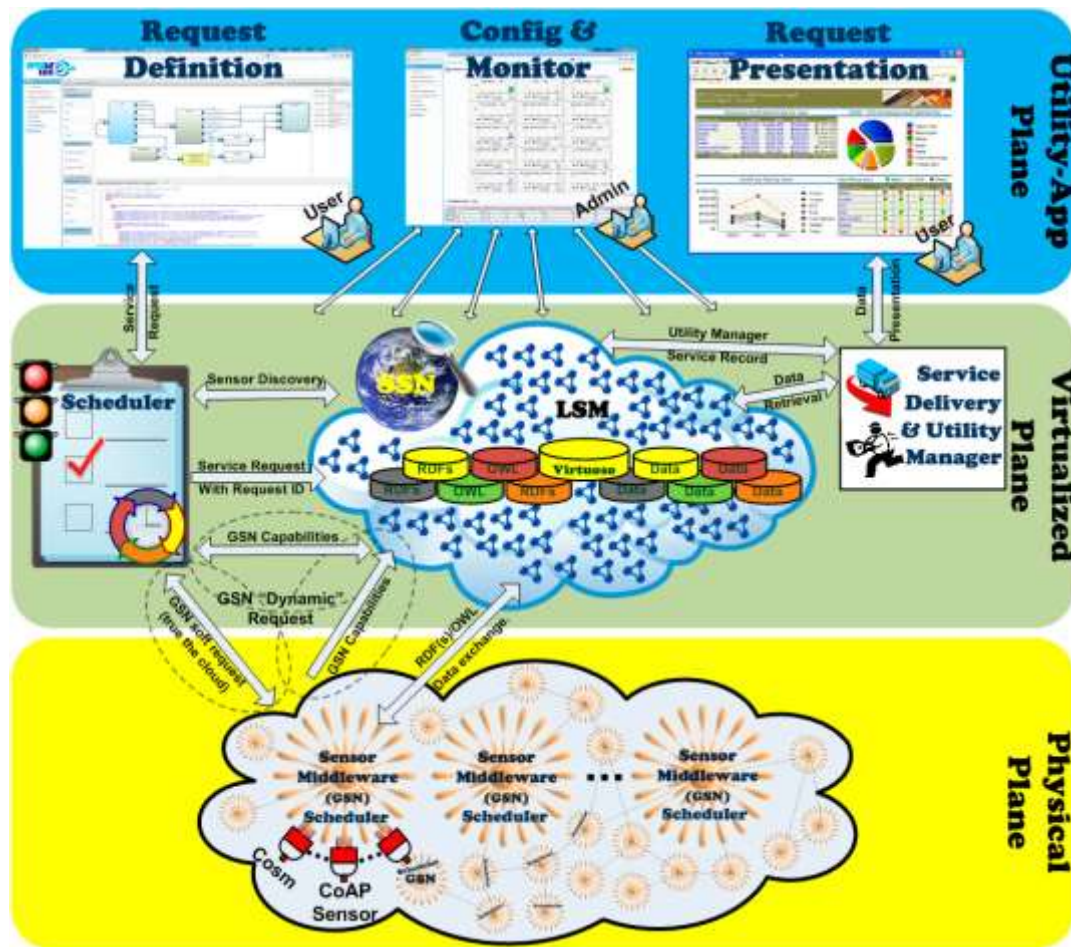


Figura 10. Plataforma OpenIoT

OpenIoT es una plataforma bastante completa atendiendo a la mayoría de los requisitos necesarios para la creación de una ciudad inteligente. Los puntos fuertes de esta plataforma son el middleware para el almacenaje de los datos recogidos en la ciudad, sus herramientas para la

definición de los servicios y el hecho de que la plataforma es de software libre. Actualmente OpenIoT se utiliza en el proyecto “Vital” que funciona en ciudades como Londres y Turin. (Petrolo et al. 2014)

Sin embargo, la plataforma no ofrece recopilación de datos de otras fuentes importantes como redes sociales y no es compatible con el pre-procesamiento de datos, lo que es bastante relevante cuando la cantidad de datos es muy grande.

3.1.4 Plataforma CiDAP. La plataforma CiDAP (City Data and Analytics Platform) utiliza herramientas de Big Data con el objetivo de procesar el gran volumen de datos recolectados de la ciudad para agregar inteligencia y contexto en las aplicaciones y servicios desarrollados para la ciudad. Los datos procesados por la plataforma son recolectados por un Middleware IoT independiente. La plataforma se probó utilizando los datos de SmartSantander (Cheng et al., 2015). La Figura presenta los cinco principales componentes de su arquitectura:

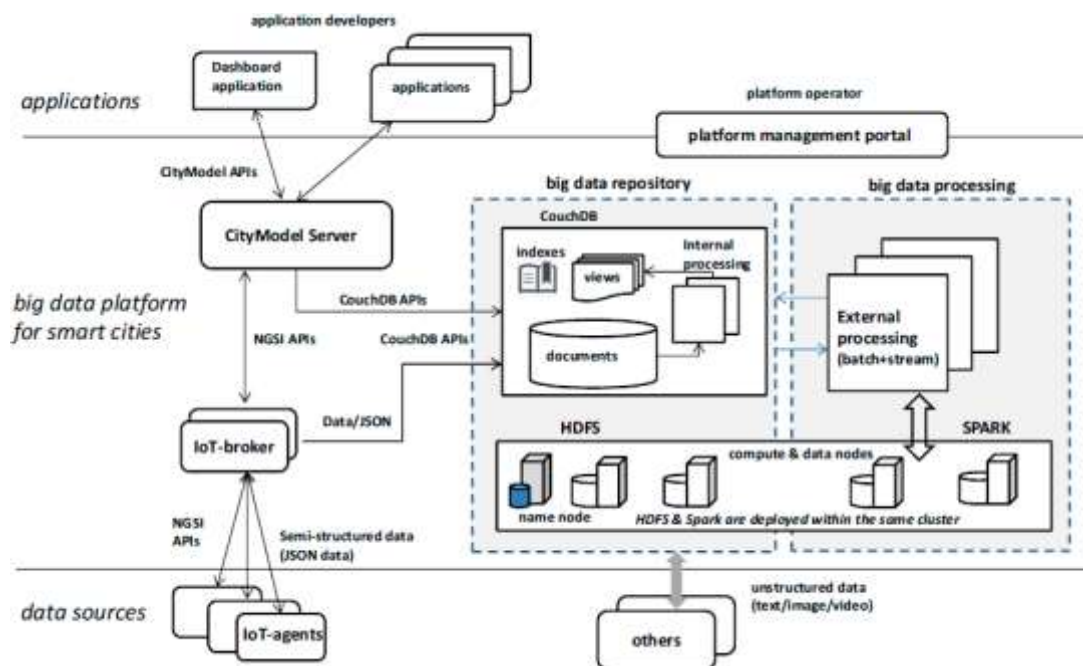


Figura 11. Plataforma CiDAP

La plataforma CiDAP tiene como objetivo almacenar y procesar un gran volumen de datos urbanos. Esto es importante porque la cantidad de datos recogidos en una ciudad inteligente será muy grande. Los puntos fuertes de esta arquitectura son la preocupación por la escalabilidad y elasticidad de las estructuras de almacenamiento y procesamiento.

Además de proporcionar herramientas para el procesamiento de datos históricos y en tiempo real, otro factor interesante es que la plataforma ya ha sido efectivamente probada utilizando los datos reales del SmartSantander²⁸.

3.1.5 BSI (British Standard Institution). Es una multinacional cuyo fin se basa en la creación de normas para la estandarización de procesos.

²⁸ <http://www.smartsantander.eu/>

La BSI fue creada en 1901, con el fin de “ayudar a organizaciones de todo el mundo a convertir la excelencia en un hábito.” BSI ha jugado un papel clave en el desarrollo de una nueva generación de estándares para ayudar a las organizaciones a ser mejor gobernadas y más responsables, como la lucha contra el soborno, el gobierno organizacional y la administración de activos. BSI también ha aumentado la colaboración con expertos en nuevos campos como ciudades inteligentes, nanotecnologías, terapia celular y Building Information Modeling (BIM)²⁹. La BSI formo parte importante en la creación de los estándares más conocidos del mundo como son las normas ISO.

En el año 2012, BSI llevó a cabo un estudio profundo en Reino Unido para formular un plan estratégico que ayudara a hacer realidad la visión de las urbes del futuro, las Ciudades Inteligentes. El estudio, un proyecto encargado por el UK Department for Business, Innovation and Skills (BIS), evaluó los mejores códigos de prácticas y estándares de calidad y gestión para el desarrollo de tecnologías inteligentes, en servicios como el transporte, la sanidad o la gestión de residuos, mediante la integración de datos de sensores ubicados en todo el entorno urbano.³⁰ Como fruto de esta investigación, se generaron un amplio número de estándares, desde la forma correcta de gestionar la terminología de una Smart City (PAS 180)³¹ hasta el concepto de modelo de datos, que es lo que compete a este trabajo de aplicación (PAS 182)³², todos estos estándares se encuentran disponibles gratuitamente para descargar e implementar desde su página web. Uno de los aspectos más destacables del estándar BSI es el hecho de que no solo presenta documentación de parte técnica, basándose en el apartado tecnológico, sino que brinda un

²⁹ <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/our-history/>

³⁰ <http://www.enertic.org/ActualidadDesarrollo/BSIestudianuevaspracticaparaSmartCities>

³¹ <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/PAS-180-smart-cities-terminology/>

³² <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/PAS-182-smart-cities-data-concept-model/>

soporte paso a paso a la hora de realizar una transición a ciudad inteligente, ya que posee lineamientos para las diferentes etapas de un proceso de Ciudad Inteligente, tanto a nivel estratégico, como de proceso y técnico. Este estándar fue tomado como base principal para el diseño del CityOS en Barcelona.

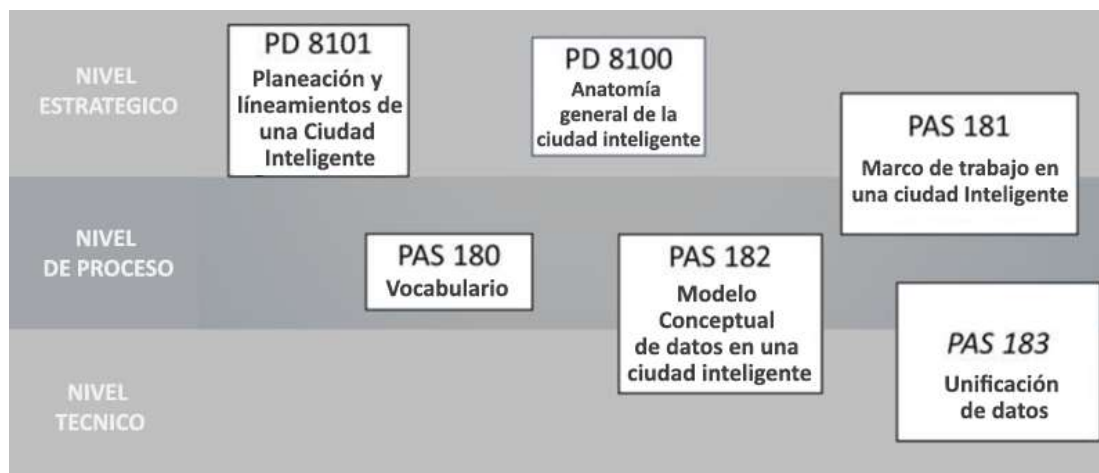


Figura 12. Niveles de estándares BSI - Elaboración del autor

3.2 Requisitos de una plataforma de ciudades inteligentes

A partir del análisis de las iniciativas y plataformas descritas en la Sección Anterior, presentamos ahora los principales requisitos que deben ser considerados en la implementación de una plataforma de Ciudades Inteligentes.

3.2.1 Requisitos Funcionales. El principal objetivo de una plataforma para ciudades inteligentes es facilitar el desarrollo de aplicaciones para la ciudad. Así, la mayoría de las plataformas presentadas ofrecen funcionalidades para la recolección, almacenamiento y compartición de los datos urbanos y para el desarrollo y ejecución de servicios y aplicaciones

para la ciudad. Los principales requisitos funcionales para plataformas de software para ciudades inteligentes son los siguientes.

- **Gestión de Datos:** Una Ciudad Inteligente manipula una cantidad enorme de datos, por lo que es necesario que las plataformas implementen diversas actividades relacionadas al ciclo de vida de los datos de la ciudad, como la recolección, el almacenamiento, el análisis y la visualización de los datos. Diversas técnicas y herramientas se pueden utilizar para suplir este requisito, como por ejemplo bases de datos NoSQL para datos no estructurados o semi-estructurados, bases de datos relacionales para datos estructurados, herramientas de Big Data para el análisis y procesamiento de datos y generadores de informes e imágenes para la visualización de los datos (Hernández-Muñoz et al., 2011; Cheng et al., 2015).

- **Entorno de ejecución de aplicaciones:** Algunas plataformas admiten para la ejecución de aplicaciones de la ciudad facilitando la implantación y la integración entre esas aplicaciones. Algunas plataformas ofrecen un entorno para la implementación de servicios y aplicaciones (Apolinarski et al 2014); otras ofrecen un servicio para la ejecución de aplicaciones desarrolladas con herramientas propias (Petrolo et al 2014, Wu et al., 2014).

- **Gerencia de la Red de Sensores:** Una de las principales características de Ciudades Inteligentes es la necesidad de administrar una gran red de dispositivos instalados en las ciudades como sensores que recopilan datos del ambiente, sensores que comprueban el funcionamiento del mobiliario urbano y sensores que monitorean el tráfico. Esta red puede ser compleja y grande, como por ejemplo la red del proyecto SmartSantander que cuenta con más de 20 mil

sensores en una pequeña ciudad; en una ciudad grande como São Paulo o Río de Janeiro, idealmente se debería tener de cientos de miles a millones de sensores. Algunas de las actividades necesarias en este requisito son la adición, remoción, monitoreo y recolección de datos de los sensores. Además de Santander, otras ciudades que ya poseen una red de sensores razonablemente explorada son Barcelona, Padua, Chicago, Dublín y Ámsterdam.

- **Procesamiento de datos:** El procesamiento de los datos recogidos en la ciudad es esencial para la creación de diversos servicios y aplicaciones para Ciudades Inteligentes como para el entendimiento de algún fenómeno que ocurre en la ciudad, para buscar la mejor opción de transporte para el usuario y para identificar áreas de riesgo. Diversas herramientas se utilizan para el procesamiento de datos en ciudades. En el caso de los sistemas de gestión de la información, los sistemas de gestión de la información, los sistemas de gestión de la información, los sistemas de gestión de la información, herramientas de Big Data para el procesamiento de grandes cantidades de datos. Estos componentes procesan grandes conjuntos de datos con el propósito de analizar, verificar, agregar y filtrar los datos recolectados de la ciudad (Girtelschmid et al., 2013, Cheng et al., 2015).

- **Acceso a los datos:** Para posibilitar el desarrollo de aplicaciones para la ciudad, es esencial que los datos recopilados y procesados puedan ser accedidos por aplicaciones y servicios externos a la infraestructura de la ciudad. Diversas iniciativas ya disponibilizan sus datos a través de portales de datos abiertos, pero es fundamental también, que los datos en esos portales estén disponibles en formatos estandarizados y con metadatos descriptivos asociados.

Para ello, varias ciudades utilizan APIs bien definidas que facilitan el desarrollo de aplicaciones automatizadas.

- **Gestión de Servicios:** La mayoría de las plataformas e iniciativas de Ciudades Inteligentes adoptan la arquitectura orientada a servicios para ofrecer las funcionalidades de la plataforma en un entorno de computación en la nube. Algunos de los servicios ofrecidos son: acceso a los datos recopilados por los sensores y datos procesados, componentes para el procesamiento de datos como máquinas de inferencia y algoritmos de aprendizaje de máquina, componentes para la ejecución de workflows y servicios de gestión de usuarios de la plataforma. Algunas plataformas también posibilitan que los desarrolladores implanten servicios en la plataforma y los pongan a disposición para otras aplicaciones de la ciudad. Es importante también posibilitar operaciones sobre servicios, como composición y coreografías (Issarny et al., 2011) para la creación de nuevos servicios y aplicaciones (Lee y Rho 2010, Piro et al., 2014) de forma automatizada y escalable (Leite et al. 2014).

- **Herramientas para el desarrollo de software:** Como uno de los principales objetivos de una Ciudad Inteligente es el suministro de aplicaciones y servicios que faciliten la vida del ciudadano, es necesario que las plataformas faciliten el desarrollo de estos sistemas. Para ello, deben proporcionarse herramientas que faciliten la utilización de los servicios básicos y los componentes básicos de la plataforma. Algunos ejemplos de herramientas utilizadas son: interfaces visuales para la descripción de aplicaciones utilizando los orígenes de datos y servicios disponibles en la plataforma, herramientas para la descripción de workflows, el uso de herramientas para la generación de informes y análisis de datos y hasta el desarrollo de un kit

para el desarrollo de aplicaciones (Software Development Kit o SDK) con diversas herramientas integradas (Elmangoush et al., 2013, Apolinarski et al 2014).

- **Definición de un Modelo de la Ciudad:** Para mejorar el entendimiento del funcionamiento de diversos servicios de la ciudad y permitir el análisis y el procesamiento automático de ese funcionamiento, es fundamental el desarrollo de modelos de la ciudad. Tales modelos pueden representar aspectos estáticos de la ciudad, como el mapa de la ciudad con la ubicación de las calles y equipamientos públicos, o aspectos dinámicos de la ciudad, como el flujo de vehículos, las zonas de congestión en diferentes horas del día y días de la semana o variación en la utilización de los servicios de salud de la ciudad a lo largo del progreso de epidemias de diferentes enfermedades infecciosas. Además de mejorar el entendimiento de la ciudad, los modelos también facilitan el análisis automático de los datos a través de algoritmos de aprendizaje de máquina. Algunas plataformas utilizan estos modelos para permitir las consultas a los datos de la ciudad en un lenguaje de consulta propio y otras utilizan los modelos para que facilitan la definición de las aplicaciones y servicios de la ciudad, utilizando lenguajes de descripción de procesos como lenguajes de definición de flujos de trabajo y BPMN (Chend et al., 1999; Privat et al., 2014).

Basado en los requisitos funcionales descritos arriba, es posible observar que las principales actividades de las plataformas son controlar el ciclo de vida de los datos de la ciudad:

1. recoger los datos con la red de sensores y actuadores,
2. Administrar los datos en la plataforma,
3. procesar los datos de la ciudad utilizando su modelo de datos y

4. compartir los datos recopilados y procesados permitiendo el acceso externo a estos datos.

Estas actividades están muy relacionadas con las tecnologías utilizadas para la implementación de ciudades inteligentes como IoT para la implementación de la red de sensores, la gestión y el procesamiento de datos con Big data y sistemas en la nube.

3.2.2 Requisitos no funcionales. La mayoría de los requisitos no funcionales de una ciudad inteligente están relacionados con el hecho de que estamos ante sistemas distribuidos, enormes y heterogéneos. Esto requiere buenos niveles de escalabilidad, adaptabilidad e interoperabilidad. Otros requisitos se relacionan con la manipulación de datos críticos de los ciudadanos y de la ciudad como privacidad y seguridad. Los principales requisitos no funcionales y plataformas de software para ciudades inteligentes son los siguientes.

- **Interoperabilidad:** Diferentes dispositivos, sistemas, aplicaciones y plataformas componen el ambiente de una ciudad inteligente y todos estos componentes deben operar de una manera integrada. Por ejemplo, sensores de múltiples fabricantes, sistemas implementados en diferentes lenguajes de programación y en diferentes sistemas operativos, plataformas que comparten datos y usuarios y sistemas legados que deben comunicarse con las nuevas aplicaciones de la ciudad, todo esto debe trabajar en conjunto de forma armoniosa. Existen diversas técnicas adoptadas para alcanzar estos requisitos: el uso de interfaces genéricas y estándares de la industria, la aplicación de web semántica para integración de los componentes de la plataforma y el uso de servicios de nombres y de descubrimiento de recursos basados en ontologías para identificar diferentes dispositivos y de las fuentes de datos (Villanueva et al. 2013, Gurgen et al., 2013).

- **Escalabilidad:** La cantidad de usuarios, datos, aplicaciones y servicios en una Ciudad Inteligente será muy grande y tiende a aumentar con el tiempo, con la integración de más servicios y el aumento de la población. Por ejemplo, en la ciudad de Santander, una ciudad media, ya existen más de 20.000 sensores instalados recogiendo una gran cantidad de datos de la ciudad; la plataforma CiDAP recogió más de 50 GB de datos en tres meses. Este requisito no funcional es importante para el funcionamiento de diversos requisitos funcionales como la gestión de la red de sensores y actuadores, la gestión de datos y la gestión de servicios (Bain 2014, Takahashi et al., 2012). Básicamente, lo que debemos buscar es que la calidad del servicio ofrecido por la plataforma no sea perjudicial a medida que la escala del sistema aumenta y que los acuerdos de nivel de servicio (SLA) sean respetados.

- **Elasticidad:** La cantidad de usuarios que accede a los servicios de una ciudad inteligente puede variar bastante durante el día o, por ejemplo, durante las horas pico. Los servicios relacionados con el tránsito de la ciudad tendrán muchas más peticiones a la hora pico que de madrugada, o durante un gran evento cultural, los servicios relacionados con la atención a los turistas tendrán una gran demanda. Por lo tanto, es importante que la infraestructura de la ciudad sea redimensionada dinámicamente de acuerdo con la necesidad de evitar la falta de recursos cuando sean necesarios y evitar el desperdicio cuando ya no se utilicen. La mayoría de las iniciativas que ofrecen sus servicios en un ambiente de computación en nube (Wu et al. 2014, Khan et al., Petrolo et al 2014) citan la necesidad de este requisito, ya que las tecnologías de la nube surgieron teniendo en cuenta la elasticidad como uno de los objetivos principales.

- **Seguridad:** Los usuarios malintencionados pueden hacer uso fraudulento de los servicios y datos de la plataforma. Es fundamental que las plataformas implementen los mecanismos específicos de seguridad que ofrecen control de acceso, encriptación, autenticación y protección de datos de la plataforma, de la infraestructura y de las aplicaciones de la ciudad (Piro et al. 2014; Hernández-Muñoz et al., 2006; Petrolo et al 2014).

- **Privacidad:** Un ambiente de ciudad inteligente recoge y manipula diversos datos sensibles a usuarios, gobiernos, empresas y ONG de la ciudad como la ubicación de personas y sus acciones, datos gubernamentales, registros médicos y datos confidenciales de negocios. Es un desafío utilizar todos estos datos ocultando o intercambiando información para imposibilitar la identificación de quien está transmitiendo la información (Cardoso y Issarny 2007). Algunas de las estrategias utilizadas para alcanzar este objetivo son el uso de criptografía, dispositivos para controlar el acceso a los datos de la plataforma como certificados digitales y biometría, así como la anonimización de los datos (Apolinarski et al., 2018, Mylonas et al., 2015).

- **Sensibilidad al Contexto:** Como la situación de la ciudad y los ciudadanos cambia constantemente, muchas aplicaciones de ciudades inteligentes pueden presentar mejores resultados usando información contextual. Algunos ejemplos de información sobre los usuarios que se pueden utilizar son la ubicación, la actividad que se realiza y el lenguaje del dispositivo de acceso. Los ejemplos de la información sobre la ciudad utilizada son condiciones de tráfico, clima y calidad del aire (Khan et al., 2013). Algunos ejemplos de aplicaciones que utilizan sensibilidad al contexto son: mostrar la aplicación en una lengua diferente para los turistas,

cambiar la ruta de un conductor para evitar áreas congestionadas o contaminadas y definir la recomendación del uso del modo de transporte dependiendo de la previsión del tiempo.

- **Adaptabilidad:** Las plataformas deben adaptar su comportamiento de diferentes formas, en diferentes dimensiones, basado en el contexto de los usuarios o de la ciudad. Algunos de los objetivos de este requisito son aumentar la tolerancia a fallos, utilizar un servidor más cercano a un usuario para atender su solicitud, decidir si un procesamiento será en tiempo real o en lote y adaptar datos de diferentes fuentes a una representación común. La adaptación de datos, por ejemplo, es bastante utilizada en plataformas que utilizan los conceptos de Internet de las Cosas para adaptar el funcionamiento de las redes de sensores de la ciudad (Girtelschmid et al. 2013, Privat et al 2014).

- **Extensibilidad:** La capacidad de agregar servicios, componentes y aplicaciones a la plataforma es importante para permitir la evolución de la plataforma para satisfacer los nuevos requisitos y funcionalidad que surgen a lo largo del tiempo. Para ello es fundamental la utilización de buenas prácticas de Programación Orientada a Objetos y de Arquitectura de Software tales como los principios SOLID y una buena metodología ágil de desarrollo basada fuertemente en pruebas automatizadas (Fox et al., 2015).

- **Configurabilidad:** Una plataforma de ciudad inteligente posee una gran cantidad de configuraciones y parámetros para adaptar su funcionamiento a diferentes contextos en tiempo de ejecución, por ejemplo, definiendo umbrales de contaminación y congestión y la prioridad de un servicio. Así, es importante permitir la (re) configuración de varias variables de la plataforma.

Se puede utilizar un portal para centralizar la configuración de la plataforma, pero debido al gran número de configuraciones necesarias, es deseable que la propia plataforma conozca su contexto de ejecución y pueda cambiar dinámicamente sus configuraciones sin la necesidad de la intervención de un operador humano (Wan et al., 1999, Privat et al., 2014).

Al observar los requisitos no funcionales descritos en esta sección, es posible observar que también son importantes para diversos requisitos funcionales. Por ejemplo, la escalabilidad es importante para la gestión de la red de sensores y datos de la ciudad. Seguridad y Privacidad son importantes para todos los requisitos funcionales relacionados con la gestión de datos de la plataforma y la configuración es importante para todas las funcionalidades de la plataforma. Buena parte de estos requisitos funcionales son también los principales desafíos técnicos y científicos para el desarrollo de sistemas para ciudades inteligentes.

4 Casos de estudio

4.1 Caso de estudio: ciudad de Barcelona

4.1.1 Historia. Barcelona es la capital de Cataluña, una provincia autónoma en España. Fundada durante la Edad Media, la ciudad es un importante destino turístico y especialmente famoso por su arte. Alberga una población de aproximadamente 1'600,000 habitantes. Con una

superficie de 102 km², la densidad de población es de 15.777 Hab/km².³³ El Área Metropolitana de Barcelona, a su vez, tiene una población de aproximadamente 33 millones de habitantes, lo que la convierte en una de las más pobladas de Europa³⁴. El PIB per cápita de Barcelona de aproximadamente 40.100 euros, mientras que el PIB per cápita de la región metropolitana es de 29.700 euros. Cuando se toma en cuenta el poder adquisitivo, es levemente más alto que el promedio europeo³⁵. En términos de impacto ambiental, la ciudad consume aproximadamente 4.216 MWh/año/cápita, más que el promedio mundial de 3 MWh/año³⁶. De la energía consumida, aproximadamente el 4,5 por ciento se genera a través de fuentes renovables.

En la década de 1960, la ciudad comenzó a crecer económicamente, con muchos trabajadores emigrando a la zona. Esta explosión urbana creó problemas de vivienda que permanecen hasta el día de hoy³⁷. Además, Barcelona ha sido históricamente reconocida en todo el mundo por su diseño urbano único y arquitectura “art Nouveau”. A mediados del siglo XIX, el ingeniero Ildefons Cerda propuso un plan que cambió la planificación urbana y Barcelona e influyó en cómo otras ciudades abordaron los problemas de sobrepoblación y crecimiento demográfico incontrolado, y los problemas que se derivan de ello, como las epidemias y el tráfico. Lo hizo estudiando cómo vivía la clase trabajadora, y determinando científicamente algunas de las necesidades básicas de los residentes, como el volumen de aire atmosférico que requería cada ciudadano. Y en base a esto, desarrolló un plan para desarrollar y conectar aldeas adicionales al antiguo distrito de Barcelona utilizando cuadrículas de calles. Al hacerlo, acuñó el término "urbanización", que todavía se usa en la actualidad³⁸.

³³ World Council on city data - <http://open.dataforcities.org/>

³⁴ A. M. de Barcelona <http://www.amb.cat/es/web/area-metropolitana/dades-estadistiques/demografia/serie-historica>

³⁵ Barcelona data Sheet, Tech. Rep, Barcelona City Council. (2015)

³⁶ <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>

³⁷ Historia de Barcelona, Ciudades Europeas

³⁸ M. Bauells, Story of cities 13: Barcelona's unloved planner invents science of 'urbanization', The Guardian (2016)

Una ciudad que se ha adelantado a su tiempo en muchos aspectos, quizás el más famoso en el arte, Barcelona decidió emprender el esfuerzo de desarrollar una Ciudad Inteligente, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad urbanas, así como el bienestar de sus residentes.

Para efecto de este estudio, se revisará la visión de Barcelona de una Ciudad Inteligente, su implementación, gestión de datos y los resultados actuales de este proyecto.

4.1.2 Visión. Según la ciudad de Barcelona, la visión que condujo al establecimiento de una Ciudad Inteligente fue la de establecer una ciudad “autosuficiente, con barrios productivos, viviendo a la velocidad humana y produciendo cero emisiones. Una ciudad productiva, abierta, inclusiva e innovadora; una ciudad viva con gente emprendedora y comunidades organizadas”³⁹. La estrategia base para lograr esta visión es desarrollar una gestión y gobernanza más eficiente de la ciudad tanto en términos de la capa de servicio como de infraestructura. Esto se lleva a cabo mediante la integración transversal de la tecnología en diferentes áreas de la gestión urbana.

Las áreas se definieron como:

- Servicios públicos y sociales
- Ambiente
- Movilidad
- Empresas y negocios
- Investigación e innovación

³⁹ Barcelona, Spain: Customer success story, Smart Cities Council (2014)

- Comunicaciones
- Infraestructuras
- Turismo
- Cooperación ciudadana
- Proyectos internacionales

Estos proyectos demuestran algunas de las principales implicaciones y perspectivas de la ola de digitalización, como nuevas formas de gobernar los sistemas socio-urbanos a través de la cooperación ciudadana, la participación de empresarios, las innovaciones incrementales en la gestión de la infraestructura y la gestión de servicios nuevos y disruptivos que utilizan las TIC.

4.1.3 Digitalización como herramienta y solución. El gobierno de Barcelona buscó desarrollar una Ciudad Inteligente integrando proyectos existentes e identificando nuevas oportunidades para mejoras en la Ciudad. La ciudad ya había estado utilizando soluciones de TIC durante más de 10 años, sin embargo, la mayoría de los departamentos operaban con independencia. Dentro de las 10 áreas definidas por la ciudad (mencionadas anteriormente), se crearon programas en los que se utilizaba la digitalización para mejorar el bienestar de los ciudadanos y las empresas de la ciudad. Esto abarca una amplia gama de temas, desde el gobierno abierto hasta la eficiencia energética, de la innovación inteligente a la movilidad inteligente. También es importante tener en cuenta las superposiciones en las áreas, por ejemplo, la movilidad se aborda bajo los espectros de: movilidad, infraestructura y medio ambiente. De manera similar, la transformación urbana está formada por el medio ambiente, la investigación y la innovación, y las infraestructuras. Garantizar la comunicación adecuada entre los distintos

interesados durante la implementación y operación de estos programas es un paso crucial que define una ciudad inteligente: la capacidad de compartir datos y utilizarlos para optimizar y mejorar la planificación y gestión urbanas. La idea central del proyecto Barcelona Smart City es hacer una ciudad para la gente, por lo tanto, es necesario crear: participación pública, disseminación de conocimientos e innovación de abajo hacia arriba (Botton Up)⁴⁰. Por esta razón, las ciudades inteligentes le han apostado fuertemente a las estrategias de digitalización y la interconexión de las infraestructuras físicas existentes con Tecnologías TIC. Algunos de los proyectos cubiertos por la ciudad inteligente son: datos de estacionamiento en tiempo real, quioscos de gobierno electrónico en toda la ciudad, medición inteligente, basureros inteligentes, automóviles eléctricos y muchos más. Esto cubre una amplia gama de aplicaciones de digitalización, tales como: estimular la economía, aumentar la participación pública y la participación de la comunidad, mejorar la gestión de las infraestructuras urbanas y crear nuevos servicios y soluciones para los desafíos urbanos.

4.1.4 Datos compartidos. Una de las propuestas de valor de Smart City Barcelona es la idea de compartir datos. A diferencia de todas las demás implicaciones de una ciudad inteligente, esta es la menos establecida en el gobierno urbano, ya que es un nuevo nivel de complejidad en los sistemas urbanos. Como tal, es un campo de crecimiento con espacio para la innovación significativa que todavía está encontrando su camino a través de los desafíos que deben superarse. Gran parte de la información de los proyectos inteligentes de Barcelona está abiertamente disponible en línea. Por ejemplo, los ciudadanos y otros pueden ver datos de basureros inteligentes, calidad del aire y muchos otros datos de sensores a través de Sentilo, la plataforma de software que integra y administra los muchos sensores de la ciudad. Sentilo administra actualmente más de 15,000 sensores y ha procesado más de mil millones de

⁴⁰ Barcelona, Spain: Customer success story, Smart Cities Council (2014)

solicitudes⁴¹ Sentilo también se creó en código abierto y el código se puede encontrar en repositorios en línea, y otras ciudades lo utilizan de forma voluntaria para desarrollar sus propios objetos inteligentes⁴² . Este es un ejemplo de cómo la capa de los datos se está conectando a la capa de Infraestructura (por ejemplo, los contenedores de basura), para informar y capacitar a los ciudadanos, al brindarles la capacidad de monitorear el desempeño de la Ciudad. Además, al conectar toda la infraestructura a través de una plataforma de intercambio de datos, los está conectando de manera efectiva con Internet. Todo el potencial de esto aún no se ha explorado, pero ya está comenzando, al instalar sensores en artículos de uso cotidiano y conectándolos a través del IoT, Barcelona puede automatizar gran parte de la micro gestión de la ciudad, utilizando la capa de datos para implementar instrucciones específicas y elementos de acción para todos estos dispositivos y más.

4.1.5 Plataforma SENTILO

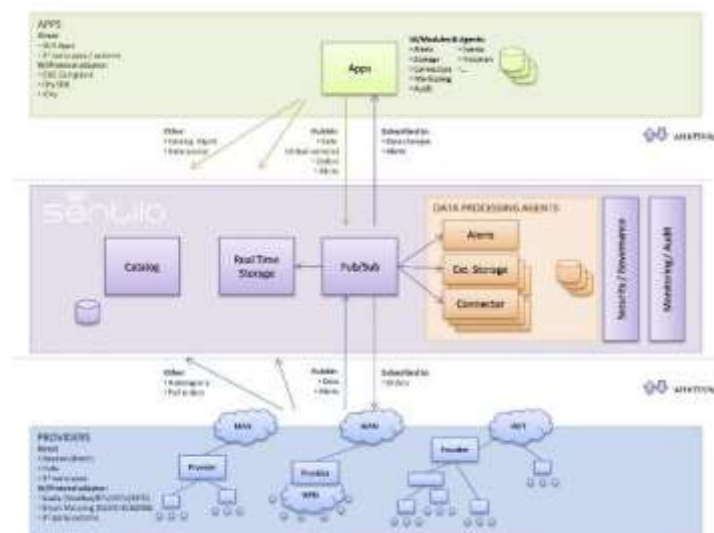


Figura 13. Capas de la plataforma Sentilo⁴³.

⁴¹ Barcelona Digital City, Tech. Rep, Barcelona city council (2016)

⁴² Sentilo bcn, Barcelona city council (2016) - <http://connecta.bcn.cat/connecta-catalog-web/>

⁴³ <http://www.sentilo.io/xwiki/bin/view/Sentilo.About.Product/Whatis>

Para optimizar la recolección de datos, el ayuntamiento de la ciudad de Barcelona patrocinó el desarrollo de la plataforma Sentilo⁴⁴ (Bain 2014), que es responsable de la administración, monitoreo y recolección de datos de diversos sensores repartidos por la ciudad. Una vez finalizada la implementación de la plataforma, el código fuente se liberó bajo la licencia LGPL y se puede descargar directamente desde su repositorio de GitHub⁴⁵. Sentilo es un paquete completo que encapsula:

- Un front-end para el procesamiento de mensajes, con una API REST simple
- Una consola de administración para configurar el sistema y administrar el catálogo
- Una base de datos en memoria, destinada a lograr altas tasas de rendimiento
- Una base de datos no SQL, para obtener un sistema más flexible y escalable
- Un visor universal, proporcionado como una demo pública, que se puede usar como

punto de partida para visualizadores comerciales específicos.

- Un módulo de estadísticas básicas que registra y muestra indicadores básicos de rendimiento de la plataforma.

- Una arquitectura de componente extensible, para ampliar la funcionalidad de la plataforma sin modificar el sistema central. Sentilo comienza con un conjunto inicial de agentes: uno para exportar datos a bases de datos relacionales y otro para procesar alarmas internas basadas en reglas básicas

⁴⁴ <http://www.sentilo.io/>

⁴⁵ <https://github.com/sentilo>

Además, la ciudad también está cooperando con la iniciativa del Protocolo ciudad⁴⁶, que busca establecer una plataforma y estándares para la recopilación y el intercambio de datos entre las ciudades. Este proyecto involucra a más de 40 países, así como 12 proyectos de ciudades. De esta manera, los datos se pueden comparar fácilmente y las prácticas se pueden transferir a través de jurisdicciones.⁴⁷

4.1.6 The city protocol. El auge de las nuevas tecnologías y su impacto sobre la transformación de las ciudades hace necesario disponer de un sistema de certificación de ciudades propio de la sociedad de la información. Éste debe medir el grado de eficiencia y calidad de las ciudades a partir de indicadores que evalúen aspectos estructurales, funcionales, metabólicos y sociales de la ciudad en el corto, medio y largo plazo.

La apuesta de Barcelona en este sentido es the City Protocol⁵¹. Esta iniciativa incorporará ciudades, empresas y centros de conocimiento líderes en el desarrollo y la transformación urbana, con el fin de crear un estándar de evaluación mundial. Esta propuesta es prioritaria de cara a definir futuros modelos, propuestas, proyectos y soluciones.

Barcelona cuenta ya con una primera propuesta de indicadores. Ésta deberá ser debatida de forma abierta y colaborativa y actualizada en función de las transformaciones sociales, culturales, tecnológicas, medioambientales y económicas de cada momento. The City Protocol impulsará la economía de la innovación urbana fomentando la definición de estándares, la integración de plataformas y el desarrollo tecnológico de soluciones urbanas con el objetivo de

⁴⁶ <http://cityprotocol.org/>

⁴⁷ L. Laursen, Barcelona's Smart city ecosystem, MIT review (November 2014)

mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la sostenibilidad ambiental y el progreso social y económico de las ciudades.

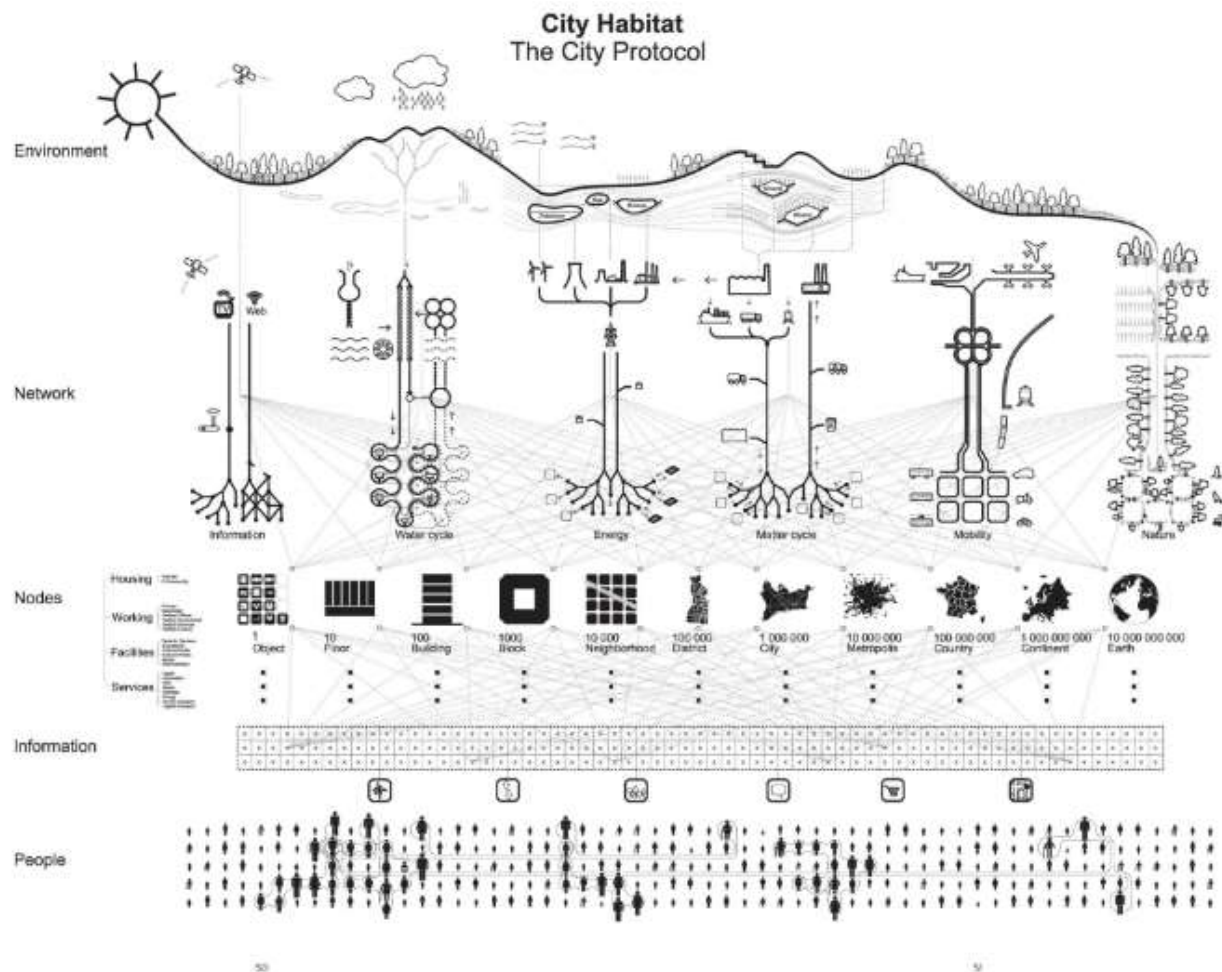


Figura 14. Estructura - The City Protocol

4.1.7 CityOS. CityOS es una plataforma digital que se encuentra desarrollando actualmente en el marco de Smart City Barcelona, la cual gestiona servicios, usos e interoperabilidad. CityOS va a permitir a Barcelona abrirse aún más a sus ciudadanos para tener un mejor conocimiento de la ciudad y co – construir colectivamente su evolución gracias al diseño de los servicios. Se trata de una nueva manera de manejar la valorización de los datos urbanos (como ente otros, la

calidad del agua, del aire, la gestión de la movilidad, la valorización de los desechos, la eficacia energética, la gestión de la demografía, la meteorología local y muchos más) alrededor de un objetivo: prever y de anticipar los usos sociales con la innovación ciudadana y la convergencia virtuosa entre servicios, infraestructuras y nuevas tecnologías⁴⁸.

Se trata de una nueva generación de sistemas de información donde los datos y su tratamiento a gran escala (Big Data) permitirán proporcionar servicios adaptados a las necesidades de los ciudadanos. Este sistema de información supone un salto cualitativo para hacer de la ciudad una Smart City de referencia, puesto que un único sistema de información y de telecomunicaciones permitirá intercambiar datos entre los diferentes agentes (administraciones, empresas, entidades.)⁴⁹ City OS se tiene que convertir en el nuevo núcleo de los sistemas de información no sólo municipales, sino de ciudad. Este sistema posibilita integrar todos los actuales sistemas de información municipales (censos de habitantes, impuestos, licencias...) con los nuevos sistemas de gestión ciudadana (movilidad, energía, resiliencia, ruido...) y también con los sistemas de los operadores y suministradores privados de servicios (agua, energía, ...) y todos los agentes ciudadanos (sociales, culturales, educación...), configurando el concepto amplio que Barcelona sea una Smart City.

Tecnológicamente, estará basado en estándares abiertos, como el Open Kontrol getaway⁵⁰, e integrará los sistemas más técnicos que Barcelona ha desarrollado durante los últimos años, como el sistema Sentilo²², que gestiona sensores diversos de la ciudad, como los de los parques y jardines, que son capaces de regar en función de los niveles de humedad, o los que determinan el

⁴⁸ <http://www.moreno-web.net/cityos-platform-soon-operational-barcelona/>

⁴⁹ <https://medium.com/intelligent-cities/city-os-the-city-operating-system-b8888e579b64>

⁵⁰ <https://github.com/openenergymonitor/Open-Kontrol-Gateway>

nivel de contaminación acústica, con funciones más innovadoras que suponen el análisis de los datos de una manera inteligente, y teniendo en cuenta todas las posibles brechas de seguridad que puedan existir en una plataforma de este tipo.⁵¹

CityOS está diseñado para aprovechar la tecnología necesaria para fortalecer la posición de Barcelona como una ciudad innovadora y sostenible que trabaja por el bien común. La posibilidad de analizar datos a través de CityOS aumentará la eficiencia y eficacia de los servicios de la ciudad, ayudará a mejorar la predictibilidad y anticipará emergencias, brindará apoyo en tiempo real para la toma de decisiones y mejorará la calidad de vida de los ciudadanos y el control que tienen sobre sus datos⁵².

CityOS actúa como un sistema base donde se pueden conectar y desconectar diferentes módulos y productos listos para usar. Lo más interesante es que CityOS y sus módulos están dispuestos para ser de código abierto, y aceptará módulos de complemento, tanto de código abierto como licenciados. Los CityOS de diferentes ciudades podrán comunicarse entre ellos creando una red de ciudades que intercambiarán experiencias e información que se puede usar para correlacionar eventos con las ciudades vecinas, y tendrá completa interactividad con The city protocol para permitir una plataforma urbana integral.

⁵¹ https://www.sqs.com/_resources/whitepaper-the-internet-of-things-and-getting-security-right.pdf

⁵² <https://smartcitiesworld.net/news/news/barcelona-expands-its-smart-city-management--1017>

CityOS and Sensors Platform

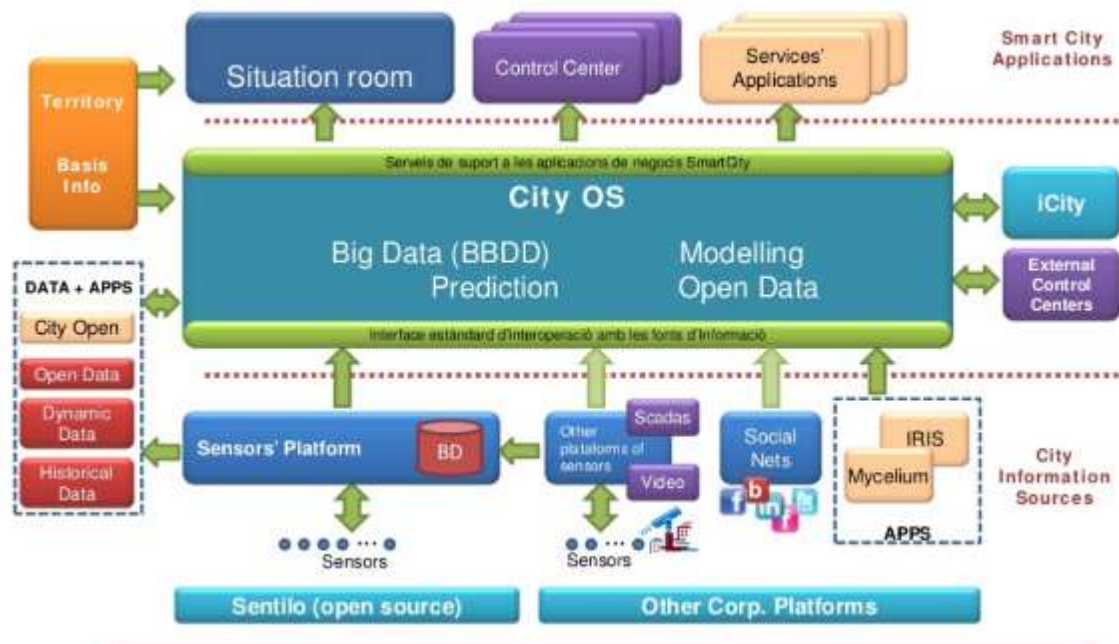
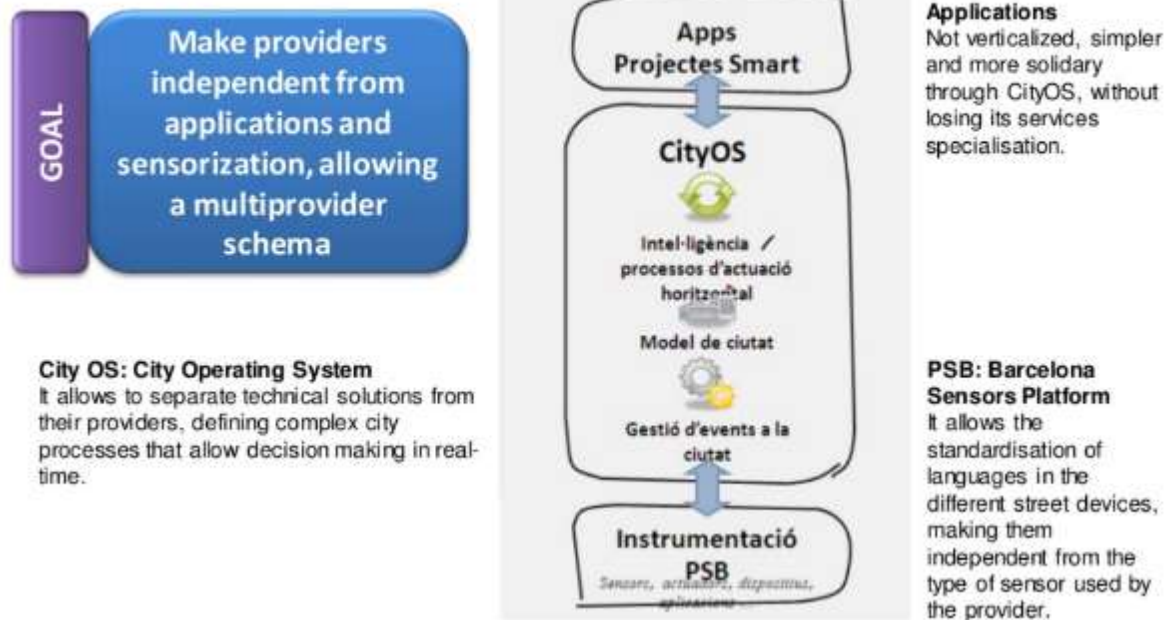


Figura 15. L'estratègia Smart City de l'Ajuntament de Barcelona - Barcelona 2014

4.2 Caso de estudio: Singapur

4.2.1 Descripción. Singapur, oficialmente la República de Singapur, es una Ciudad-estado que se sitúa 137km (81 millas) Norte del ecuador, y justo al sur de la Península de Malasia. Singapur es uno de los países independientes más densamente poblados del mundo. El área total es de 719km² con una población de 5,6 millones (2016)⁵³. Tiene una población diversa conformada por chinos, malayos, indios, eurasiáticos, así como otros asiáticos de diferentes orígenes, cada uno con diversas características culturales.

El territorio de Singapur consiste en una isla principal y Más de 60 islotes más pequeños. Singapur históricamente ha experimentado cambios drásticos. Durante la Segunda Guerra Mundial Japón ocupó el país, pero luego fue conquistados por Gran Bretaña una vez que terminó la guerra. Se independizó de Gran Bretaña en 1963, uniéndose con otros antiguos territorios británicos para formar Malasia, pero se separó después de dos años debido a diferencias ideológicas. Una pequeña isla que logró levantarse como una nación propia⁵⁴.

Singapur no tiene ventajas en términos de su ubicación geográfica y de sus recursos naturales. Se encuentra a sólo un grado al norte Del ecuador, siendo el año consistentemente caliente y húmedo. La isla carece de recursos básicos; No tiene Depósitos de energía, ni bosques, ni siquiera granjas. Sin embargo, a pesar de la falta de recursos y tierra fértil, Singapur ha crecido hasta convertirse en Comercio, en una economía del tigre asiático basada en Comercio exterior y su hábil acumulación de recursos capital. Hoy, tiene una economía de mercado altamente

⁵³ www.singstat.gov.sg

⁵⁴ <http://www.nationsonline.org/oneworld/History/Singapore-history.htm>

desarrollada. La economía depende en gran parte de Servicios financieros, refinado de petróleo y fabricación. Singapur ha sido clasificado "El lugar más fácil para hacer negocios" por nueve Años consecutivos por el Banco Mundial y en 2010 registró el mayor crecimiento económico (15%) en Asia.⁵⁵ Según el Banco Mundial, Singapur se ubicó en el cuarto lugar con Int \$ 82.763 PIB (PPP) per cápita (según el año 2014). Según el Informe 2010 Infocomm, autoridad de Desarrollo de Singapur, alrededor de 83% de los hogares de Singapur tenían acceso a al menos una computadora en casa, y la proporción de hogares con acceso a Internet aumentó un 81 por ciento. La penetración de los teléfonos móviles sigue en más del 137 por ciento, con más de 6,8 millones Suscripciones móviles. En el año 2015, Singapur invirtió 9.5 Millones de Dolares en I+D.

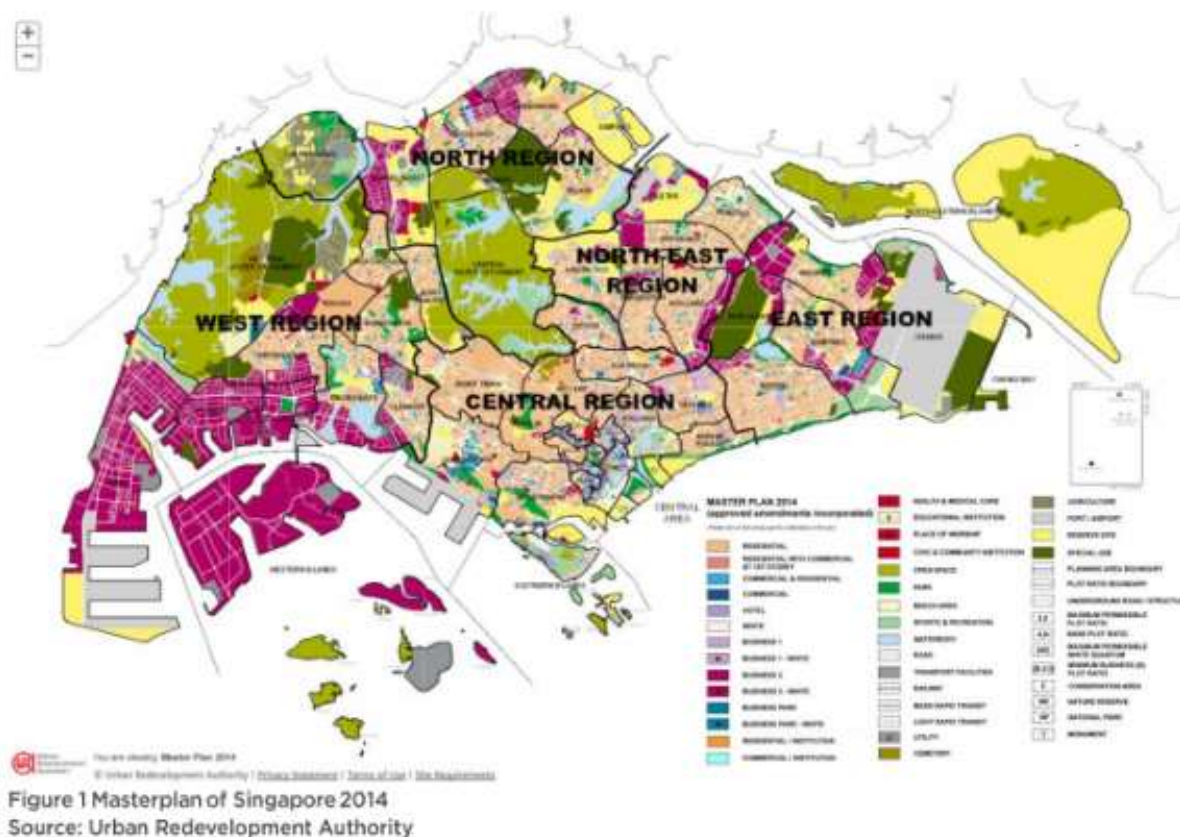


Figura 16. Plan Maestro Singapur 2014

⁵⁵ Serra, R., & Alamo, O. D. E. L. (2001). Boletín governasia - singapur 29.

Una de las grandes ventajas, por las cuales Singapur logró convertirse en Smart City, fue su nivel de autonomía, al ser una ciudad – estado soberano⁵⁶, de esta manera no tuvo grandes restricciones burocráticas y debido a esto, pudo empezar a solucionar los grandes inconvenientes que presentaban, sobrepoblación, polución, movilidad, etc...

Singapur vio la necesidad de pensar a largo plazo y crear un enfoque integrado para garantizar su desarrollo de una manera sostenible, sin descuidar un medio ambiente limpio y verde.

Hace muchos años, Singapur estableció su ambición de convertirse en la ciudad más inteligente del mundo. El Gobierno ha realizado un meticuloso proceso a lo largo de los años; Cada 10 Años desde 1971, Singapur ha emitido un plan conceptual con un largo plazo (40-50 años) Y cada 5 años, planes más detallados sobre crecimiento inteligente⁵⁷. Como resultado, Singapur ya es una ciudad inteligentemente avanzada, equipada con Tecnologías TIC integrada a sus características de ciudad. Una red de sensores, cámaras y dispositivos GPS adjuntas en las cabinas de los taxis registran el tráfico, permiten predecir congestiones futuras e informar a todos de las rutas alternativas. El uso de tarjetas RFID especiales Es común y el sistema de gestión del agua de la ciudad está entre los más avanzados del mundo.

En años más recientes, iniciando la década del 2000, los planes de desarrollo cambiaron para hacer de Singapur una próspera ciudad de clase mundial. En el año 2006, se lanzó el plan Nación Inteligente (iNation 2015), que es el plan de 10 años de Singapur para realizar la visión de Singapur como una nación inteligente. Este plan es Supervisado por el departamento de

⁵⁶ <http://www.nationsonline.org/oneworld/singapore.htm>

⁵⁷ Boletín governasia - singapur 29

desarrollo de Info comunicaciones de Singapur (iDA). El iDA está trabajando con los ciudadanos y las empresas para desarrollar soluciones enfocadas a ser una nación inteligente (Keon, Heeseo, Et Al, 2016).

4.2.2 Big data en Singapur. Singapur ha intentado colocar tecnología digital en la mayoría de las cosas y como resultado, genera constantemente enormes cantidades de datos.



Figura 17. Singapore Knowledge City⁵⁸

Una buena Figura de este estado de ánimo progresivo es el sistema de transporte de Singapur (SMRT)⁵⁹, que transporta a alrededor de 6 millones de personas diariamente. Se puede acceder tanto al metro como al autobús con la misma tarjeta RFID que se puede comprar a SGD 5 (= 3,75 USD), que se cobra utilizando efectivo o tarjeta de crédito. Como cliente, uno simplemente

⁵⁸ http://www.ssgkc.com/P03_01.asp

⁵⁹ <http://www.smrt.com.sg/>

toca cuando uno ingresa al sistema, lo toca cuando sale, y la tarjeta se cobra una pequeña cantidad, dependiendo de la duración del viaje. Es simple, fácil de usar y genera una gran cantidad de información. De hecho, la empresa puede recopilar el número exacto de personas que ingresan al sistema en un punto determinado y en un momento determinado, así como su destino. Tiene un mapa exacto y extremadamente preciso de todos los viajes: Big Data, lo que permite determinar con la mayor precisión cómo asignar sus recursos. Otros sistemas de metro, por ejemplo, solo requieren comprobar el ticket en la entrada, no ofrecen mayor nivel de precisión, ya que se desconoce el punto de salida de los viajeros.

Una vez recopilados, estos datos son compilados por diferentes actores y convertidos en datos inteligentes. Investigadores del Future City Laboratory⁶⁰, un programa del Singapore-ETH Center, lo utilizan de maneras diversas. En primer lugar, crearon formas muy intuitivas de visualizarlo.

⁶⁰ <http://www.fcl.ethz.ch/>



Figura 18. Mapa de Movilidad de Transporte Público⁶¹

Esta imagen muestra a qué puntos puede llegar un viajero en menos de 30 y 60 minutos desde un punto determinado de Singapur: el punto rojo es el centro de la ciudad. El mapa interactivo permite al usuario hacer clic en cualquier punto de Singapur y genera automáticamente el mapa isócrono para ayudarlo en su decisión.

⁶¹ <https://data.gov.sg/>

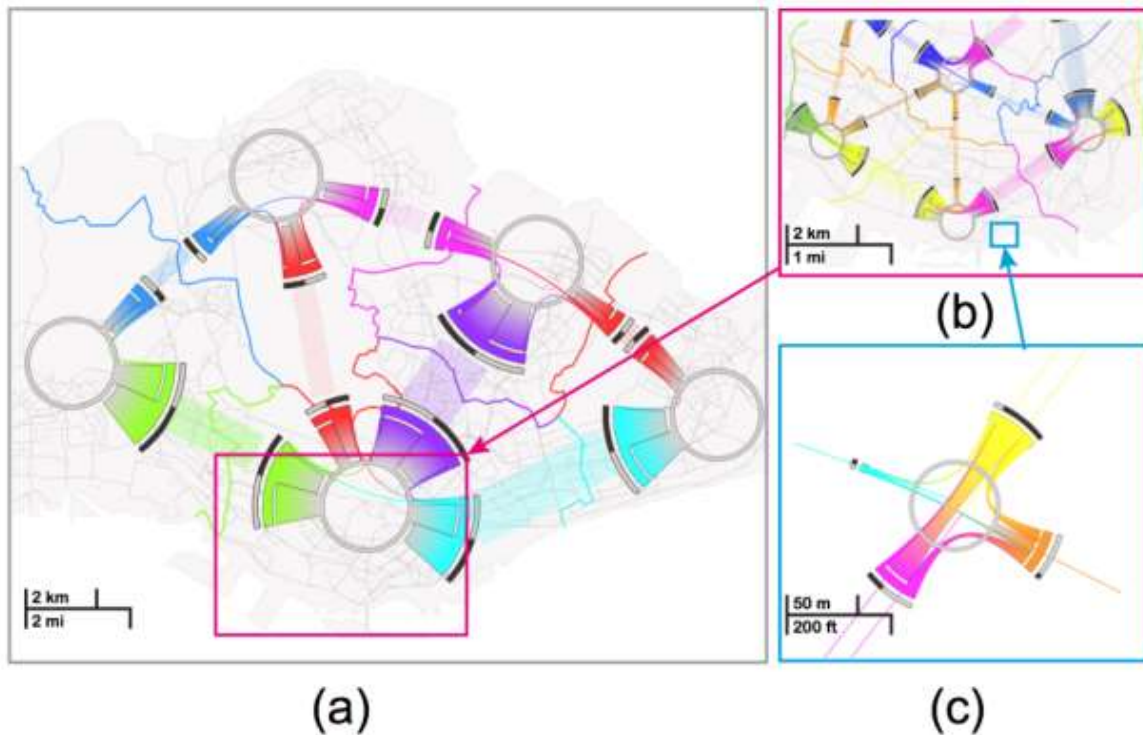


Figura 19. Desplazamiento en distintas escalas⁶²

La segunda imagen muestra los patrones de intercambio del movimiento del transporte público de Singapur a diferentes escalas: (a) la escala de la ciudad, (b) la escala regional y (c) la escala de la red de carreteras. En cualquier escala, muestra en tiempo real cuántas personas entran en el sistema de transporte, cuántas salen de él y cuántas se transfieren de una unidad espacial a la otra.

El Future City Laboratory no solo trabaja en la visualización de Big Data, sino que también creó modelos para ajustarlos y crear un pronóstico muy eficiente a escala de toda la ciudad. Por ejemplo, pueden ver el efecto muy preciso de agregar una nueva línea de autobús y estudiar su impacto en fenómenos como la acumulación de autobuses, la sobrepoblación de vehículos, la

⁶² <http://www.matsim.org>

congestión y el comportamiento del cliente en general⁶³. Gracias a Big Data, esto se hace de una manera muy detallada y proporciona una herramienta crítica para los responsables de la toma de decisiones.

Cabe destacar que el Big Data y el Smart City Program de Singapur no se limitan a la aplicación de transporte, y que este es solo un ejemplo relevante. Big data aparece también, por ejemplo, en el área de Vivienda y Desarrollo, que introdujo un Sistema inteligente de Alerta y Monitoreo de Ancianos, en el cual los sensores del hogar pueden alertar a los cuidadores o vecinos cuando detecta algo fuera de lo común⁶⁴. Desarrollos similares también se evalúan en Smart Government Administration, Smart Education, Smart Medical Care, entre muchos otros. Este desarrollo de Smart City en muchas áreas es una opción estratégica para Singapur.

4.2.3 Plataformas para la gestión de big data: Existen 2 proyectos principales en Singapur a nivel de gestión de datos, la iniciativa LIVE Singapore, y el programa de Big Analytics, un ecosistema de integración de datos para ciudades inteligentes, gestionado por Cloudera⁶⁵.

Cloudera, un proveedor de análisis y gestión de datos se está asociando con la industria y la academia para preparar y analizar la información en Singapur, no solo a nivel de datos, sino también a nivel de recursos humanos, con su programa Big Analytics Skills Enablement (BASE)⁶⁶ que alía a las empresas más grandes de Big Data con Universidades, gestionando cursos de formación específica para estas nuevas tecnologías.

⁶³ <https://vimeo.com/117976373>

⁶⁴ <https://www.imda.gov.sg/infocomm-and-media-news/sg-spotlight/2015/12/keeping-a-soundeye-on-the-elderly>

⁶⁵ <https://www.cloudera.com/>

⁶⁶ <http://www.convergenceasia.com/story/cloudera-announces-big-analytics-skills-enablement-initiative>

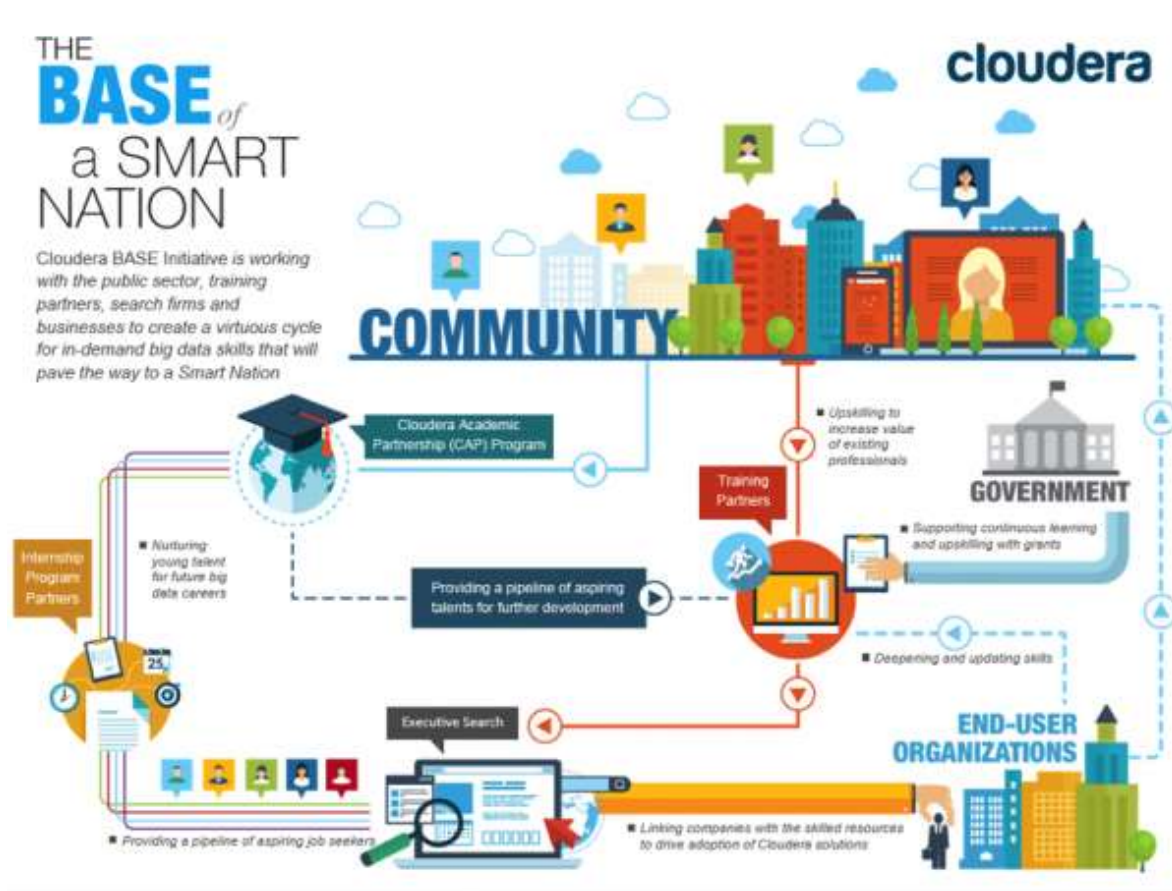


Figura 20. Cloudera - Smart Nation

Cloudera, utiliza como eje central de todo su procesamiento, Apache Hadoop, el cual, unido a otras tecnologías de código abierto, han creado un ecosistema Hadoop completo, brindando la opción de estandarizar datos de una manera mucho más optimizada, en la Strata+Hadoop World Conference 2016 se presentó un marco de arquitectura basado totalmente en aplicativos Hadoop⁶⁷

Inicialmente, se debe definir como se organizará todo a nivel de Arquitectura:

⁶⁷ <https://conferences.oreilly.com/strata/strata-ny-2016/public/schedule/detail/51595>

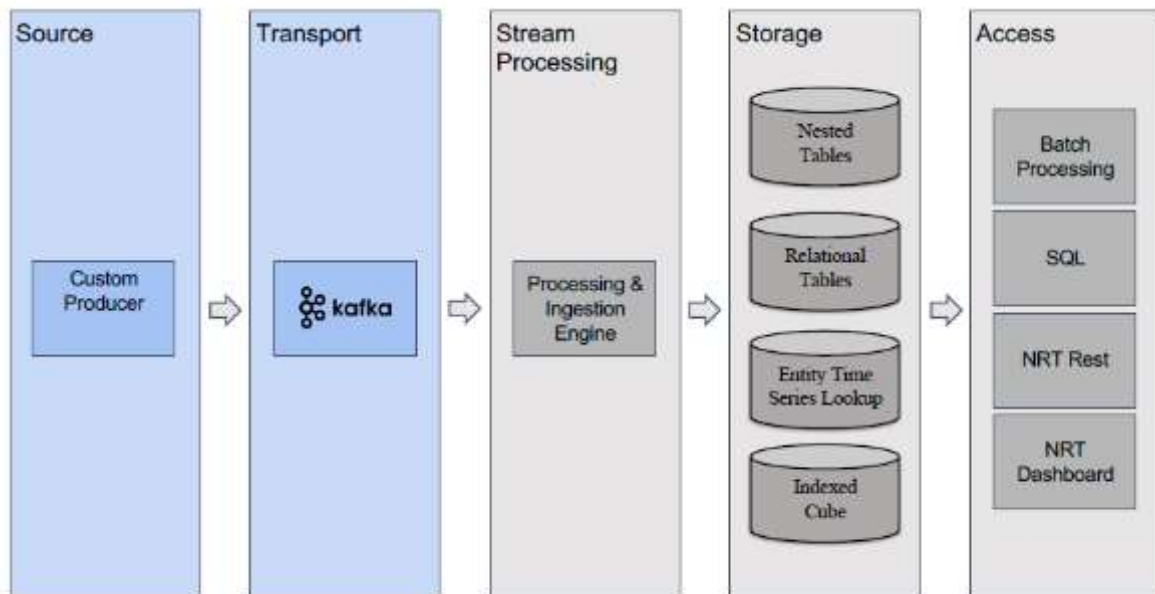


Figura. 21 High Level Architecture - Cloudera

Después, se definen los aplicativos que se van a usar para gestionar cada área (Todos partes del ecosistema Hadoop):

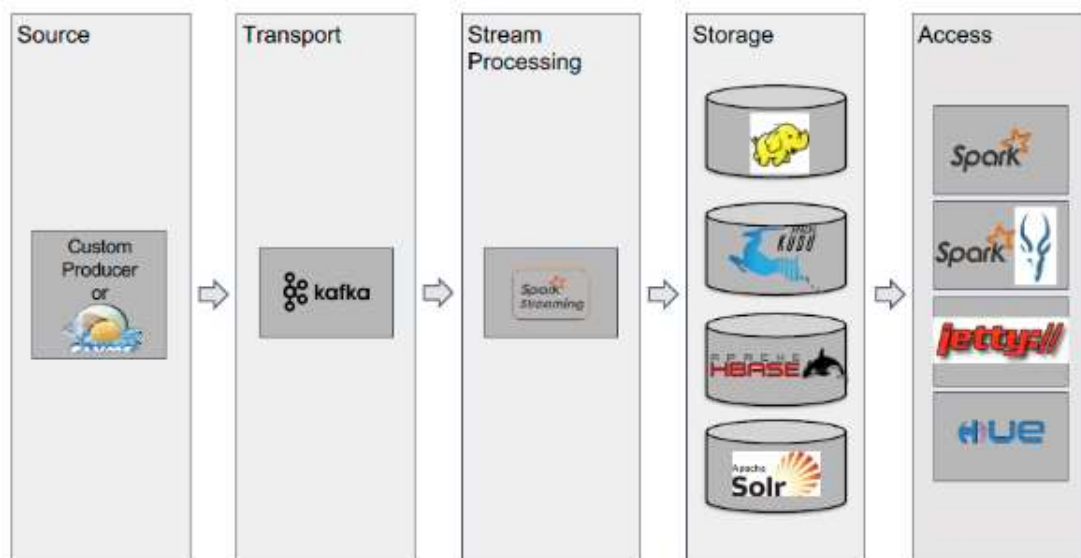


Figura 22. Apps Architecture – Cloudera

Demostración de la funcionalidad de la arquitectura propuesta:

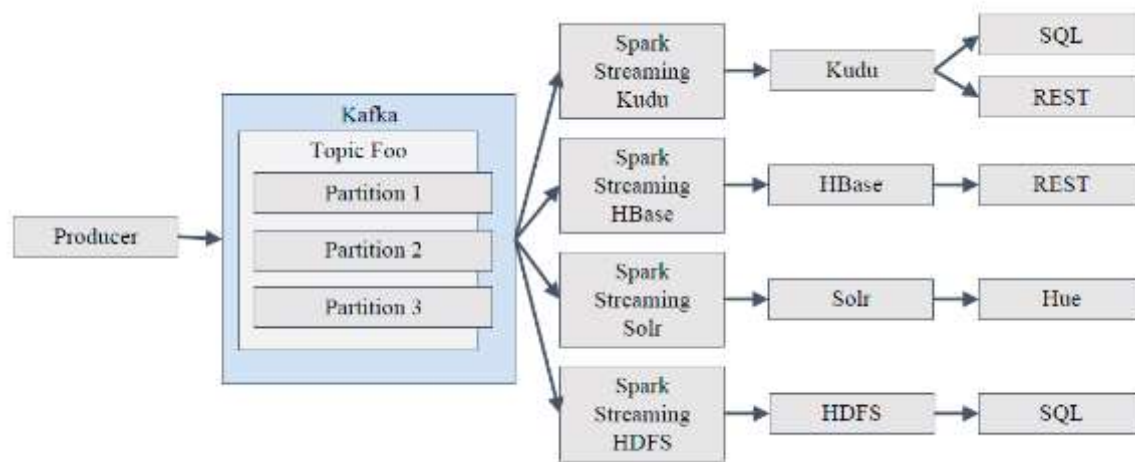


Figura 23. Architecture Demo

Hadoop es un sistema para gestión de Big Data con una amplia experiencia, ya que existe desde el año 2004⁶⁸ y fue uno de los primeros sistemas open source para el manejo de Big Data. Ahora, con su expansión a múltiples áreas del ecosistema, podría ser una opción completa a la hora de implementar nuevas ciudades inteligentes.

4.2.4 Live Singapore...! Live Singapore..! es un proyecto de SENSEable City Lab y parte de la iniciativa de investigación Future Mobility Urban en la Alianza Singapur-MIT para Investigación y Tecnología (SMART), y financiado por la National Research Foundation (NRF) de Singapur, El proyecto esperaba dar a los habitantes de Singapur una nueva conciencia de cómo se comporta su ciudad en respuesta a sus acciones, presentándoles los resultados a través de una serie de visualización de datos. LIVE Singapore brinda a la comunidad en general⁶⁹:

⁶⁸ <https://blogthinkbig.com/hadoop-open-source-big-data>

⁶⁹ <http://senseable.mit.edu/livesingapore/research.html>

4.2.4.1 Plataforma de datos urbanos en tiempo real. Se desarrolló una plataforma que permite recopilar, procesar y distribuir datos en tiempo real que se originen en la ciudad. En lugar de enfocarse en una aplicación específica o número y tipo de flujo de datos limitados, este proyecto explora soluciones que pueden abastecer una gran cantidad de flujos de tipos muy diferentes de datos, enfatizando la posibilidad de combinar creativamente múltiples flujos en el diseño posterior de aplicaciones en la parte superior de la plataforma. Como muchos usuarios utilizarán este sistema simultáneamente, los aspectos clave comprendieron la construcción de una infraestructura escalable y distribuida para distribuir sin problemas cargas entre la plataforma y los proveedores de aplicaciones sin afectar el rendimiento general del sistema.

4.2.4.2 API flexible y accesible. Al desarrollar una plataforma para muchos tipos diferentes de datos en tiempo real, los módulos de conexión son fundamentales. El énfasis era desarrollar una estructura API que creara un equilibrio apropiado entre la estructura requerida de las fuentes de datos y mantener un alto nivel de flexibilidad relacionado con la habilitación de la conexión de las transmisiones con poco esfuerzo en la preparación de datos del lado del proveedor. El desarrollo de la API tiene como objetivo habilitar un mecanismo de consulta de datos que permita a los usuarios con poca experiencia en programación acceder fácilmente al conjunto de datos reunidos en la plataforma.

4.2.4.3 Modelos de interfaz e interacción para una plataforma de datos en tiempo real
Las vistas bidimensionales en capas han sido durante mucho tiempo la forma más común de representar e interactuar con conjuntos de datos georreferenciados. Al desarrollar LIVE Singapore! como una plataforma para un gran número de flujos de datos diversos, se están

explorando nuevos modelos para obtener acceso y aprovechar estas secuencias de datos de flujos de datos basados en el tiempo y la ubicación. Como Singapur es una ciudad vertical, exploramos cómo estructurar flujos de datos en tiempo real usando modelos tridimensionales y cómo acceder visualmente a esta información de manera eficiente.

4.2.4.4 Consulta y búsqueda. En el contexto de la plataforma de datos en tiempo real, un aspecto crítico se refiere a las formas de encontrar de manera eficiente y utilizar estos flujos de una manera significativa. Los usuarios no buscan solo datos estáticos, sino información en tiempo real que puede cambiar rápidamente: "¿dónde está la tienda más cercana con mi producto favorito?" o "¿dónde están los bares más concurridos?". El proyecto aprovecha los hallazgos recientes en tecnologías web semánticas para anotar lugares, datos y dispositivos, de modo que puedan procesarse automáticamente.

4.2.4.5 Herramientas de visualización para datos urbanos En un nivel superior, LIVE Singapore!, investiga técnicas para generar de manera eficiente visualizaciones que ayudan a extrapolar el significado de la vastedad de los datos producidos por una ciudad. En particular, se enfatiza el desarrollo de un marco que permita a los diseñadores integrar, filtrar y recombinar fácilmente flujos de datos y mostrar los resultados en diversas formas (mapas, gráficos, ...).

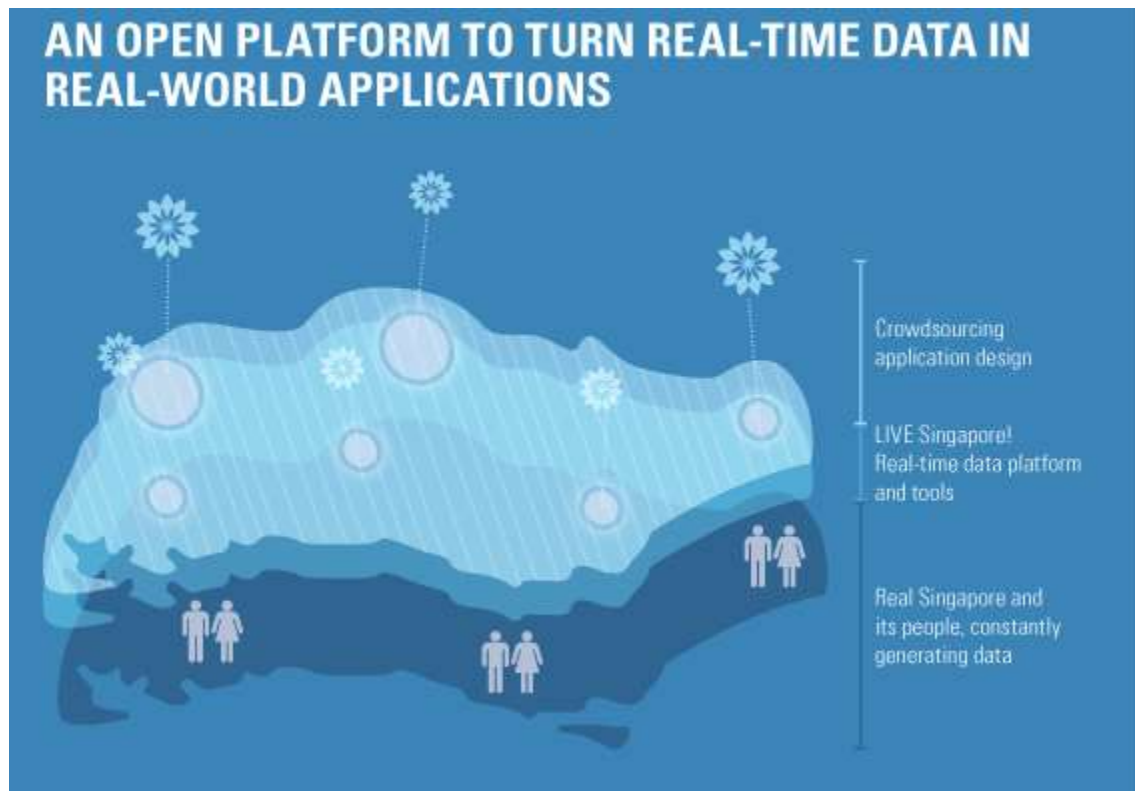


Figura 24. Estructura de LIVE Singapore..!

Inicialmente se centró en el desarrollo de una plataforma que permitiera la recopilación, el procesamiento y la distribución de datos en tiempo real provenientes de la ciudad. El equipo evitó dar prioridad a una aplicación específica o un tipo específico de flujo de datos para enfatizar la posibilidad de combinar múltiples flujos en el diseño posterior de las aplicaciones en la parte superior de la plataforma.

5 Análisis regional

5.1 Colombia

Cerca del 75% de la población colombiana vive en centros urbanos y en los últimos años las ciudades colombianas se han convertido en el motor de nuestra economía. Cerca del 85% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional lo generan actividades en los centros urbanos, por lo que se encuentra una fuerte relación positiva entre el nivel de urbanización y el ingreso per cápita de las regiones colombianas.⁷⁰

Actualmente en Colombia se está generando un gran interés alrededor de los datos, su gestión y accesibilidad. Iniciativas del gobierno como Datos Abiertos Colombia⁷¹ y su alianza con Data Republica⁷² han permitido un acceso más amplio a este tipo de información, sin embargo, son propuestas incipientes, que aún no tienen la solidez necesaria para servir como marco de referencia para un ecosistema de ciudad inteligente.

5.2 Diamante caribe

La Financiera del Desarrollo (Findeter), en pro de establecer territorios inteligentes a través de la planeación de estrategias de desarrollo sostenible, se unió con Microsoft, Fundación Metropoli, Colciencias y DNP para trabajar de manera conjunta en la creación de una región inteligente, orientada al cambio y a los nuevos retos, y se estableció el proceso de

⁷⁰ Sistema de Ciudades: Una aproximación al caso colombiano. Departamento Nacional de Planeación – Banco Mundial. 2012.

⁷¹ <https://www.datos.gov.co/>

⁷² <http://datarepública.org>

descubrimiento del “Diamante del Caribe y los Santanderes de Colombia”.⁷³ Bucaramanga hace parte de las 9 ciudades que la integran y ya recibe los primeros avances sobre los estudios que conforman la primera fase y que permitirán establecer las fortalezas que se potencializarán con esta iniciativa.

El “Diamante Caribe y Santanderes”, articula a las entidades de Gobierno con el sector privado y la ciudadanía para consolidar Territorios Inteligentes que posicionen económicamente la región, mejore los ingresos de la población, contribuya al bienestar de la comunidad y a la sostenibilidad de la ciudad. El Diamante lo componen 10 áreas metropolitanas y 9 departamentos; en donde habitan 13 millones de habitantes, en este territorio reside el 29% de la población colombiana, se genera el 23,1% del PIB, a través de su territorio se canaliza el 90% de las exportaciones del país, abarca el 16,1% de del territorio nacional y tiene una población de 13,3 millones de habitantes.

Diamante Caribe y Santanderes busca estimular el crecimiento empresarial y generar agendas conjuntas de futuro basadas en la identificación de proyectos estratégicos físicos (distritos digitales, plataformas logísticas, ecocomunidades, sistemas de transporte colectivo, etc.) y/o soluciones digitales para el mejoramiento, innovación y funcionalidad del territorio⁷⁴.

Esta Megaregión se configura entorno al eje urbano que forman Cartagena, Barranquilla y Santa Marta y se extiende hasta el Este por Valledupar, Riohacha y la costa de la Guajira; se vinculan con Bucaramanga (cuarto enclave económico más importante de Colombia) y con Cúcuta (quinto conglomerado urbano del país).

⁷³ Findeter – Comunicado de prensa Bucaramanga, 14 de febrero de 2014.

⁷⁴ Libro Blanco del Diamante Caribe y Santanderes

5.3 Bucaramanga

Bucaramanga, fue fundada el 22 de diciembre de 1622 en una meseta de la cordillera Oriental de Colombia. Cuenta con una extensión de 162 km² y una población de 528.575 habitantes⁷⁵ en la ciudad y 1'141.694 en su área metropolitana. En el año 2016, Bucaramanga se destacó como una de las ciudades más competitivas del mundo, según un reporte del banco mundial⁷⁶, y de acuerdo con el informe de pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2016, presentado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane, Bucaramanga tuvo el menor porcentaje de pobreza monetaria con 10,6 %⁷⁷.

Bucaramanga forma parte del proyecto Diamante Caribe, en el cual se le describe: “Bucaramanga es una de las ciudades más industrializadas del Diamante y ésta es una de las fortalezas que debe potenciarse durante los próximos años”⁷⁸ y también es referido con énfasis especial en el plan de desarrollo del departamento de Santander:

El Plan de Desarrollo “Santander Nos Une” 2016-2019, “busca impulsar iniciativas de Desarrollo Sostenible enmarcadas en proyectos como Santander LIFE (lugares para la Innovación y el Fomento Empresarial), BB NEXT (articulación de Bucaramanga, Barrancabermeja, Nueva Economía y Territorio), Distrito Digital Bucaramanga (Clúster de la Economía Digital de Bucaramanga) y Agrópolis de Santander-Magdalena Medio (Áreas de Producción Primarias y Modelos de Parques Agropecuarios)”⁷⁹.

⁷⁵ http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls

⁷⁶ <https://olc.worldbank.org/sites/default/files/Competitive-Cities-for-Jobs-and-Growth.pdf>

⁷⁷ http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2016/Santander_Pobreza_2016.pdf

⁷⁸ Libro Blanco del Diamante Caribe y Santanderes – Pag 96

⁷⁹ Gobernación de Santander – Plan de desarrollo departamental 2016

En dicho plan de desarrollo, se proyecta la situación esperada a nivel de TICs para el 2019 y su relación con el Diamante Caribe:

- **Situación esperada 2019.** Cumpliendo con la ley 1341 de 2009⁸⁰ el PDD “Santander Nos Une” 2016-2019 promoverá la implementación de sistemas de información, aplicaciones y soluciones en general para el Diamante Digital como el espacio que integra usos diversos con alto componente tecnológico, se tiene planeada la instalación y puesta marcha de infraestructuras de hardware y conectividad requeridas para la habilitación de puntos de acceso a Internet de forma inalámbrica y gratuita en las principales ciudades del departamento. La implementación de las TIC en la administración departamental y en los municipios de Santander puede contribuir a la consecución de una gestión pública moderna, eficaz, eficiente y de buen gobierno, mejorando la ética y monitoreo del servicio público en Santander. En otro apartado del PDD, se hace énfasis a un enfoque social, donde se hará uso responsable de las TIC, disminuyendo casos de ciberacoso estudiantil y la disminución de casos de ciber dependencia. Si todo esto se logra, es muy posible que haya un crecimiento en la participación del mercado y un aumento de I+D al interior de las empresas, contribuyendo a un posicionamiento de la industria TIC como soporte vital para los demás sectores productivos de la economía. Como visión Global, el PDD prevé que para el 2019 “El departamento se posicionará como Región TIC y Smart City, existirá un mejoramiento de la calidad de vida de los funcionarios públicos y la comunidad mediante el uso de las TIC, así como funcionarios públicos especializados en Gobierno electrónico.”⁸¹

⁸⁰ <http://repositorio.archivogeneral.gov.co/repositorio/items/show/201>

⁸¹ Gobernación de Santander – Plan de desarrollo departamental 2016

Al momento de la realización de este trabajo, la gobernación reportó el día 21 de Diciembre del 2017, en rendición de cuentas públicas, que se han capacitado a 1.974 personas en las áreas de alfabetización digital y comunicación, y ratificó además, que “Santander es pionero en la complementación de Mediatecas en los municipios de Curití, Zapatoca y Floridablanca, beneficiando a 1.500 santandereanos con una inversión de \$920 millones, y destacó el programa de becas, maestrías y doctorados, donde 69 profesionales se beneficiaron con una inversión de \$9.500 millones. Durante este año también se entregaron 4.895 tabletas, beneficiando a 43.600 estudiantes con una inversión de \$3.731 millones.”⁸²

5.3.1 Distrito digital de Bucaramanga



Figura 25. Corredor Digital Bucaramanga

⁸² <http://www.santander.gov.co/index.php/actualidad/item/1746-positivo-resultado-de-tic-en-rendicion-publica-de-cuentas-2017>

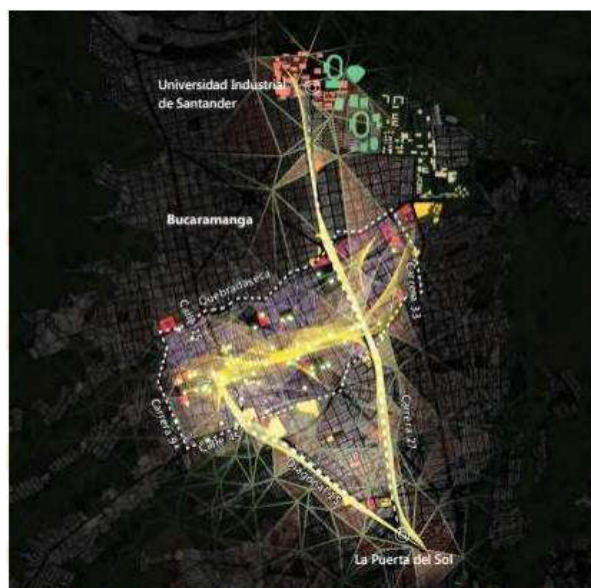


Figura 26. Distrito Digital Bucaramanga

Dentro del marco del proyecto Diamante Caribe, está contemplado un proceso de digitalización gradual de la ciudad, iniciando por el centro de la ciudad, ya que ahí se concentra gran parte de los espacios institucionales, zonas comerciales, elementos de interés patrimonial y parques. Se propone también fortalecer el desarrollo de sectores productivos de alto componente tecnológico, en los que Bucaramanga es líder tanto en la escala del Diamante como en Colombia, y procurar generar un nodo urbano en torno a la Economía Digital que integre aspectos como emprendimiento, educación y creatividad. Un “espacio orientado a la atracción de talento y a la generación de condiciones que favorezcan la interacción y los proyectos colaborativos”⁸³.

Dentro del proyecto Diamante Caribe se incluye para la ciudad de Bucaramanga, una hoja de ruta de los aplicativos a desarrollar:

Transporte

⁸³ Libro blanco Diamante Caribe V8 Web.

- App de ciclorutas
- UBS - Solución de transporte alternativo de bicicletas públicas
- TTMS - Solución de Administración del Tráfico y Transporte
- Solución de mantenimiento de la infraestructura vial

Empresa y sector productivo

- Sistema electrónico de negociación y contratación electrónica de servicios de transporte

de carga

- Sistema de cálculo y optimización de servicios de transporte de carga terrestre
- CGAS - Nube de servicios para Mipymes

Administración pública

- Solución de registro electrónico de SAS

Medio ambiente

- Sistema de información para la gestión y disposición adecuada de residuos sólidos
- Sistema de vigilancia de la calidad del aire
- SAICA - Sistema de alerta de calidad de las aguas

Ocio y Turismo

- Recomendaciones turísticas
- DMS-Sistema de gestión de destinos turísticos
- Planeación de Actividades

Educación

- CES - Nube de servicios para instituciones educativas
- VCSDT - Centro virtual de formación y certificación de desarrolladores de software

Cabe anotar que, hasta el momento de la realización de este trabajo, aún no se encuentran activos, ni en desarrollo ninguno de estos aplicativos⁸⁴, lo cual demuestra que la ciudad aún no tiene un horizonte claro en la forma como se piensan empezar a implementar este tipo de propuestas.

5.3.2 Ecosistema de aplicativos en Bucaramanga Por ahora el único aplicativo vinculado a la movilidad urbana en Bucaramanga es el Aplicativo de Metrolínea. Metrolínea⁸⁵ realizó una alianza estratégica con moovit⁸⁶, una aplicación de transporte público y un servicio de mapeo desarrollado por la compañía de software israelí Moovit Inc, y creo el APP, desde la cual se pueden planear los recorridos, revisar la disponibilidad de las rutas, realizar preguntas, quejas y reclamos, pero, al utilizar la plataforma de moovit para todos sus datos, ninguno de ellos se toma directamente de una base de datos de la ciudad (Moovit funciona bajo la infraestructura IoT de AWS)⁸⁷ y tampoco brindan una retroalimentación efectiva a la hora de analizar el big data generado por los usuarios.

⁸⁴ Entrevista realizada al secretario de TICS de la alcaldía de Bucaramanga – dic. 2017

⁸⁵ <http://www.metrolinea.gov.co/v3.0/>

⁸⁶ <https://www.moovitapp.com/>

⁸⁷ Using IoT To Enable Smart Cities and Smart Infrastructure - AWS Public Sector Summit Singapore 2017

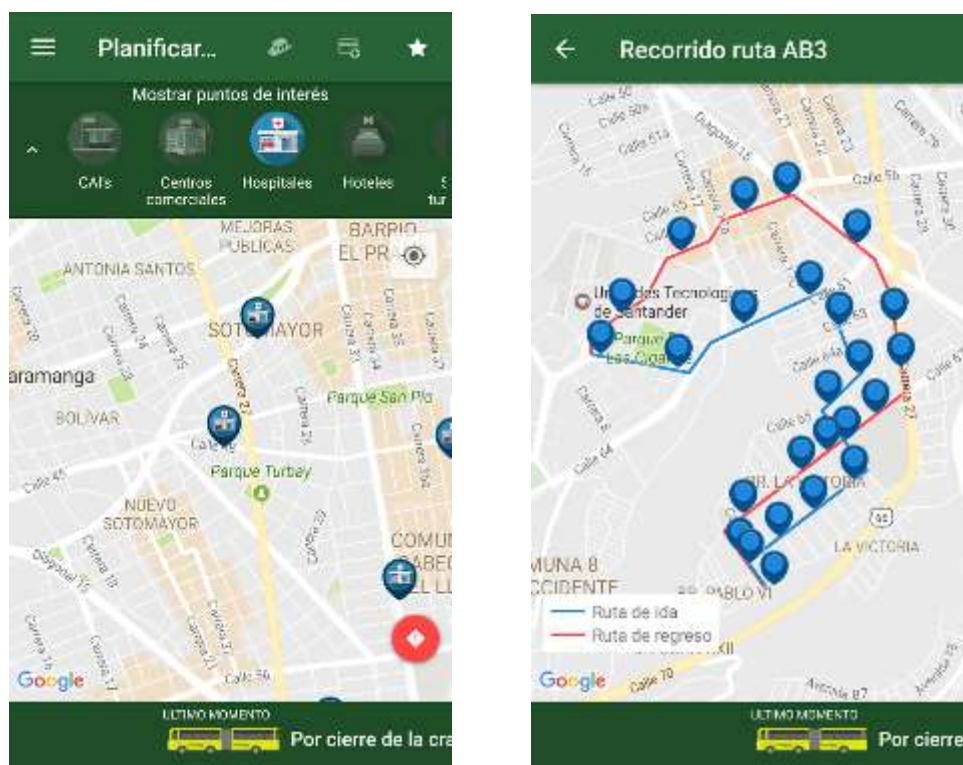


Figura 27. APP Metrolínea (Capturas realizadas del aplicativo)

5.3.3 Etapas activas actualmente en Bucaramanga. La actual administración de Bucaramanga expresó explícitamente: “El Plan de Desarrollo - Gobierno de los Ciudadano, inspirado en el programa de gobierno y en los principios de Lógica, Ética y Estética no tiene como protagonista la construcción infraestructura, pero sí la tiene en cuenta como herramienta fundamental en el propósito de tener una ciudad más incluyente y equitativa.”⁸⁸ Lo cual hace énfasis en el hecho de que al menos por ahora no se piensan realizar inversiones en infraestructura tecnológica o de otra índole.

En este momento en Bucaramanga, la Secretaría de TICS solo tiene aprobación para empezar a implementar cierto grado de Digitalización en la comuna 3 de Bucaramanga, ya que esta

⁸⁸ Plan de desarrollo de Bucaramanga 2016-2019 P. 220

incluye, no solamente tres universidades, sino también sectores marginados de la región, los cuales son la prioridad en esta administración.⁸⁹

Dentro de esta primera fase se encuentran:

- 2.6 Km de Cicloruta, con sensores para la medición de la calidad del aire
- 22 cámaras de seguridad
- 4 zonas WIFI
- 14 kits de cámaras de video vigilancias con analíticas, almacenamiento de video local,

botón de pánico y conectividad.

- 4 colegios con plataforma educativa de gestión educativa integral
- 4 universidades desarrollando soluciones tecnológicas
- 2 puntos Vive Digital

En la Figura 22 se encuentra el mapa de los puntos de digitalización aprobados, tomados de la presentación: Bucaramanga Digital 2018 del actual secretario de TICs de la Alcaldía, el Ing Sergio Cajías, en reunión realizada el día 12 de diciembre del 2017 en la Alcaldía de Bucaramanga.

⁸⁹ Ing. Sergio Cajías, secretario TICS de Bucaramanga, en entrevista realizada el día 12/12/2017



Figura 28. Digitalización Comuna 3. Fuente: PPT: Proyecto Bucaramanga Digital. Aut. Ing Sergio Cajías

Estos intentos iniciales por lograr una digitalización de la ciudad desafortunadamente distan mucho de lo que pueden ser si quiera los cimientos de una ciudad inteligente, ya que se está haciendo énfasis en cubrir necesidades puntuales que desafortunadamente terminan siendo inconexas para el fin último que es el de forjar una ciudad totalmente interconectada.

6 Resultados generales

6.1. Matriz de comparación entre los estándares de datos analizados

En pro de seleccionar el mejor estándar disponible, y tomando como base tanto los requerimientos vistos anteriormente, como características puntuales que pueden brindar una

relevancia importante a cada uno de los estándares analizados, a continuación, se realiza un cuadro comparativo con las principales características necesarias actuales de una ciudad Inteligente.

Tabla 2.

Comparativo entre estándares de datos

Característica	Cloud Council	AWS Greengrass	OpenIoT	CiDAP	BSI	CityOS
Implementada integralmente en una ciudad		X		X	X	X
Respaldo de estándares internacionales reconocidos	X				X	X
Documentación libre y disponible para descarga	X		X		X	X
Basada en políticas de datos abiertos	X		X	X	X	X
API para conectividad directa		X				X
Interoperabilidad	X	X	X	X	X	X
Capacidad de expansión a otras ciudades		X			X	X
Actualización constante		X			X	X

Tal y como lo demuestra este cuadro comparativo, es claro que CityOS es el estándar más completo disponible actualmente, ya que no solo posee las características conjuntas de los demás estándares analizados, y está basado en BSI, que fue desarrollado por una entidad que posee amplia experiencia en el desarrollo de estándares internacionales, sino porque enfocó su desarrollo en la interconexión directa con otras ciudades y Países que cuenten con CityOS, lo cual es vital a la hora de eliminar las limitaciones de expansión, pudiendo proyectar una ciudad inteligente hacia el futuro sin ninguna limitación. Otra de las características que hace que el CityOS sea la opción más completa es el hecho de que BSI posee documentación puntual para la creación de una ciudad inteligente paso a paso, no solo definiendo formatos de datos, sino perfiles de ciudadanos inteligentes, e incluso descripciones de cómo abordar el sector empresarial para motivarlos a que inviertan en el proyecto de ciudad inteligente⁹⁰.

⁹⁰ <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/PD-8101-smart-cities-planning-guidelines/>

6.2. Resultados y recomendaciones

A nivel de implementar un estándar para gestión de datos, análisis el cual fue la base de este trabajo de aplicación, los resultados comparativos son bastantes claros, Barcelona, con su City OS, tiene una amplia ventaja sobre los otros estándares, no solo por el hecho de que este basado en BSI, el cual es un referente internacional en la definición de normas ISO y estándares para diversos sectores tecnológicos⁹¹, sino que su implementación ha sido probada en un entorno real, y se ha venido diseñando teniendo en cuenta la escalabilidad que se prevé en una ciudad inteligente, al expandirse a ser una nación inteligente y al final intentar ser un solo planeta inteligente, totalmente interconectado por un mismo estándar de datos. Aparte de esto, el hecho de que toda la documentación base de este estándar se encuentre abierta públicamente⁹², y que en sus lineamientos se haga un fuerte énfasis en mantener un sistema de datos abiertos, es una gran ventaja para cualquier ciudad que desee iniciar una planeación a gran escala para convertirse en una ciudad inteligente. CityOS lleva muchos años en desarrollo, lo cual ha permitido realizar innumerables pruebas, corregir errores e ir adaptándose a la expansión de la ciudad, por eso, es sin duda alguna la opción más factible a la hora de decantarse por un estándar actual. Bucaramanga en este momento se encuentra en una fase inicial, de hecho, los esfuerzos originales por trazar una hoja de ruta para el proyecto de ciudad inteligente se han diluido al pasar de las actuales administraciones, en pro de esto, es necesario retomar prácticamente desde cero este proyecto, por lo tanto, para empezar a realizar una planeación adecuada, lo más óptimo sería seguir un plan de proyecto probado y documentado en otras ciudades, fases que ya se encuentran plasmadas en los estándares BSI, Bucaramanga no necesita generar

⁹¹ <https://www.iso.org/member/2064.html>

⁹² <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/>

documentaciones, protocolos, ni arquitecturas desde cero, puede perfectamente adoptar el CityOS para todas sus necesidades conforme vayan surgiendo y enfocar sus esfuerzos y recursos en empezar a generar un dialogo transparente entre sus actores para poder ir creando un concepto de ciudad inteligente que le permita a Bucaramanga ser parte de este amplio futuro digital.

7 Grupo focal

Como proceso complementario de este trabajo de aplicación se realizó un Grupo Focal con representantes de los sectores Gubernamentales, académicos, social y tecnológico, con el fin de presentar los hallazgos, debatir y recibir retroalimentación en cada una de las áreas de experticia de los invitados. En pro de optimizar el tamaño de este trabajo de aplicación, la transcripción completa de las respuestas generadas por el Focus group podrá encontrarse en el anexo adjunto, en esta sección se plasmarán las preguntas realizadas y las conclusiones generadas por dichos planteamientos.

7.1 Focus Group:

Fecha: 29 de noviembre del 2017

Lugar: Cra. 27 #42-27 Restaurante La Carreta - Bucaramanga

Actividad: Focus Group (Grupo Focal)

Tema: Bucaramanga Ciudad Inteligente

Nombre del moderador: Laura Milena Aguilera Monroy

7.2 Integrantes:

Phd EDUARDO CARRILLO ZAMBRANO

- *Postdoctorado/Estancia postdoctoral* Universitat De Valencia, miembro del LISSIT (Laboratorio Integrado de Sistemas Inteligentes y Tecnologías de la Información de Trafico)

- *Doctorado Universitat De Valencia* - Tecnología de La Inf Computac y Las Comunicaciones

- *Maestría/Magister* Universidad Industrial de Santander – UIS: Maestria En Informática

Phd HUGO ERNESTO MARTINEZ ARDILA

- Doctorado en Ingeniería (Ing.Eléctrica, Electrónica y Gestión & Desarrollo)
- Maestría/Magister Universidad Industrial de Santander - UIS
- Maestria En Ingenieria Area Electronica

Mg. ERWIN DARIO VALDERRAMA FRANCO

- DIRECTOR CIENTÍFICO SMART CITY UTS - GOBERNACIÓN CONV. 879
- Coordinador Sistema emprendimiento e innovación UTSostenible
- Magister en Gestión Pública y Gobierno UDES
- Especialista en Gerencia de Instituciones de Desarrollo
- Ingeniero Industrial, Universidad Industrial de Santander

Mg. SERGIO ISNARDO MUÑOZ VILLARREAL

- Ingeniero industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS)

- MBA de la Universidad Externado de Colombia
- Magíster en dirección financiera de la ENAE Business School de España.
- Ex director de planeación de Bucaramanga.

El Focus group se inició dando a conocer el trabajo realizado hasta el momento, el análisis de los diferentes estándares, los casos de estudio de Singapur y Barcelona, y los resultados obtenidos en el mismo, debido a que uno de los objetivos principales de este trabajo de aplicación es poder generar recomendaciones concisas para presentar ante los entes regionales, el focus group se realizó con un enfoque puntual sobre los pasos para realizar una implementación real en la ciudad de Bucaramanga, aprovechando la Heterogeneidad de los asistentes, lo cual puede brindar una visión Holística de lo que puede conllevar un proceso de implementación de esta magnitud.

7.3 Preguntas y conclusiones generadas

Las preguntas 4 realizadas enfocadas a cuál debería ser el proceso para lograr la adaptación de este tipo de estándares a la ciudad y cuales se consideran los puntos neurálgicos a tratar al iniciar este tipo de procesos, así como las conclusiones de cada uno de los apartados, se presentan a continuación:

- **¿Cuáles consideran que pueden ser los principales inconvenientes por encontrar al iniciar el proceso de convertir a Bucaramanga en una Ciudad inteligente?**

Alrededor de esta pregunta, se concluyeron inicialmente 4 puntos neurálgicos:

1. No existe una estructura de planeación: Desafortunadamente, no solo a nivel de ciudad, sino incluso a nivel de País, es muy poco probable encontrar un proyecto al cual se le haya realizado la apropiada prospectiva y análisis antes de iniciar, y esto precisamente ha sido causa para que la mayoría de proyectos se conviertan en elefantes blancos, y para evitar que esto ocurra con un proyecto de tanta magnitud como Bucaramanga Smart City, es necesario, antes de definir infraestructuras y hardware, realizar como un primer paso una planeación adecuada del proyecto para definir exactamente cuáles serían las metas últimas a lograr y de ahí en adelante generar la hoja de ruta del mismo.

2. Aún no hay ciudadanos inteligentes: Una ciudad inteligente no puede ser eficaz, así tenga la más avanzada tecnología, si sus ciudadanos no saben cómo o porque interactuar con ella, es necesario incluir dentro del plan a generar, jornadas de capacitación, concientización y cultura ciudadana, en pro de no solo tener una ciudad inteligente, sino también ciudadanos inteligentes.

3. Dentro de las instituciones existen rivalidades: Tanto a nivel de academia, como a nivel gubernamental existen egos y disputas internas que evitan la correcta articulación entre los diferentes actores requeridos para el desarrollo de este tipo de proyectos.

4. El gobierno no ha tenido continuidad con este tipo de proyectos: Desafortunadamente en la ciudad, cada vez que hay un cambio de administración, los proyectos de las anteriores administraciones (debido a disputas internas, desinterés o falta de financiación) son automáticamente dados de baja, lo cual imposibilita el desarrollo de proyectos a largo plazo.

• **¿Cuál sería el proceso más adecuado para iniciar esta digitalización, que sector de Bucaramanga considera que puede ser más proclive a una rápida digitalización?**

En este aspecto se coincidió en que hasta que no exista claridad en que se necesita en la ciudad a nivel social, es decir, ¿cómo se ve el bumangués en un futuro? ¿Hacia dónde se quiere mover la ciudad? Y cuál va a ser la hoja de ruta, no se puede definir cuál sería el área óptima mediante la cual iniciar el proceso de digitalización.

- **Teniendo en cuenta que los estándares de datos abiertos permiten mayor flexibilidad, pero las empresas privadas con datos cerrados pueden encargarse de instalar una gran infraestructura, prácticamente sin costos iniciales, ¿cuál modelo cree que podría tener una mejor adaptación en Bucaramanga?**

En esta pregunta existió unanimidad en el concepto de que adoptar un estándar de datos abierto es clave para no bloquear la capacidad de expansión de la ciudad en etapas futuras, así eso implique generar unos mayores costos iniciales, buscando con ello no quedar ligado a ninguna empresa particular que pueda en un futuro monopolizar y comercializar estos datos. De mismo modo, a nivel internacional los estándares de datos abiertos están teniendo una gran aceptación en la conformación de ciudades inteligentes, ya que permiten una inclusión mucho mayor de todos los actores relacionados, por eso, es preferible apostar por decisiones con mejores consecuencias al largo plazo y no decantarse por soluciones inmediatistas de las cuales se puedan arrepentir más adelante.

- **La gestión y análisis de datos generados por una Smart City puede llegar a ser un gran reto si no hay gente lo suficientemente preparada en ese aspecto, ¿considera ud que las universidades actualmente están previendo esta necesidad futura...? ¿Como podrían hacer para incentivar estas nuevas ramas del conocimiento?**

Si bien actualmente las universidades no están presentando programas de pregrado directamente enfocados en ciudades inteligentes, hay un gran potencial a través de los grupos de investigación y de las maestrías y doctorados de investigación que hay en la ciudad, en este aspecto es necesario que las universidades públicas sean referentes iniciales en la gestación de este tipo de planes, ya que una vez que empiecen a forjarse enfoques más puntuales hacia estos temas, las universidades privadas también iniciaran con la generación de este tipo de programas, del mismo modo, se recomienda la creación de un grupo de interés alrededor del tema de Smart Cities, para que exista un lugar claro donde se puedan realizar análisis y debates sobre todos los temas relacionados.

- **Suponiendo que se ha logrado generar un plan de estandarización acorde con las necesidades de la ciudad, ¿cuál sería el paso siguiente para que no quede en papel y se convierta en algo viable...?**

En este punto, se sigue haciendo énfasis en la necesidad de tener un líder, alguien con el poder suficiente para no solamente unificar los actores relacionados con el proyecto, sino también generar legislaciones específicas para que el proyecto pueda mantener su curso a largo plazo y no desaparezca con la próxima administración, este líder (quien se recomendó que sea el alcalde de la ciudad) es la pieza principal para mantener la coherencia en el proyecto y lograr un desarrollo exitoso.

8 Conclusiones

Bucaramanga posee un potencial gigantesco para poder convertirse en una ciudad inteligente, debido a que no solamente es una de las ciudades con los mejores indicadores sociales de Colombia, sino que su economía viene creciendo a tasas superiores a las de las principales ciudades del país.⁹³ Para junio del 2017, Bucaramanga presentó una tasa de desempleo de 7,6%, la menor del país⁹⁴, y es la capital del departamento con mayor crecimiento turístico en la región⁹⁵ lo cual indica que Bucaramanga está presentando un panorama económico muy sostenible, esto, sumado a los esfuerzos de la cámara de comercio, la cual “se encuentra trabajando en la elaboración de un ecosistema digital para emprendedores, la consolidación de un clúster de información y la sensibilización a las empresas para que involucren tecnología en sus procesos productivos.”⁹⁶ e iniciativas como APPS.CO⁹⁷, el auge del emprendimiento digital en la ciudad se ha mantenido en constante crecimiento los últimos años. Aparte de eso, en la ciudad hay actualmente 10 universidades⁹⁸, las cuales pueden ser actores claves en la conformación de una ciudad inteligente.

Sin embargo, a pesar de todo el potencial tanto digital como económico y educativo, Bucaramanga se encuentra muy rezagada respecto a las propuestas formuladas hace años para

⁹³ http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_180.pdf

⁹⁴ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>

⁹⁵ <http://www.santander.gov.co/index.php/actualidad/item/460-santander-el-departamento-con-mayor-crecimiento-turistico-del-pais>

⁹⁶ <https://www.camaradirecta.com/noticias/noticias/camara-de-comercio-de-bucaramanga-impulsa-el-emprendimiento-digital-en-santander/>

⁹⁷ <https://apps.co/comunicaciones/noticias/excelente-balance-del-kickoff-en-bucaramanga-con-e/>

⁹⁸ https://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-212352_santander.pdf

iniciar el camino hacia una ciudad inteligente, aún no existe una agenda clara, no hay una interacción directa entre los actores principales, ni siquiera existe un grupo de interés interdisciplinario que mantenga la iniciativa viva; de los aplicativos que se habían planeado originalmente, ninguno llegó a desarrollarse y las propuestas presentadas por el gobierno a nivel digital distan mucho de lo que puede ser una proyección real hacia una ciudad inteligente.

Frente a este panorama es obvio que hay un arduo camino por delante, sin embargo, el estándar CityOS, incluye dentro de su documentación, no solo formatos optimizados para manejo de datos, sino protocolos paso a paso para gestionar el cambio de una ciudad común a una ciudad inteligente, los cuales pueden disminuir enormemente el tiempo y los recursos invertidos en este proceso. Esto, unido a las múltiples ventajas encontradas por encima de los demás estándares analizados, hace que CityOS sea la opción más recomendable para la ciudad de Bucaramanga.

No obstante, tal como se ha comprobado en el desarrollo de este trabajo de aplicación, y se reforzó directamente en el focus group, el camino para convertir a Bucaramanga en una ciudad inteligente, no inicia en la definición de estándares, en este trabajo se ha realizado un análisis en ese aspecto y parte de las conclusiones es recomendar efectivamente el mejor estándar disponible, sin embargo, el objetivo de este trabajo también es recomendar las mejores prácticas para lograr que algún día se puedan implementar una correcta estandarización de datos, por eso, a partir de todo lo analizado, se generan las recomendaciones plasmadas en el siguiente capítulo.

9 Recomendaciones

El primer paso, antes de iniciar cualquier tipo de análisis de infraestructura, es generar un punto de referencia en cada una de los actores relacionados, definir cuáles son los objetivos específicos de cada una de las Áreas en las que se piensa desarrollar la ciudad inteligente, en que puede colaborar cada uno, como se puede ir generando una actitud proactiva hacia la adopción de estas nuevas tecnologías, y para esto es necesario generar inicialmente, un grupo de interés, el cual este conformado por representantes de las entidades que tendrán contacto inicial directamente con la digitalización, tales como Acueducto, Electrificadora, Transito, etc., y empezar a hablar un mismo idioma, para llegar a acuerdos iniciales a nivel de la visión que cada uno proyecta, y en algunos casos educar sobre el tema, creando conciencia no solo de la necesidad de convertirse en una ciudad inteligente, sino de las innumerables posibilidades que se pueden generar a partir de una gestión adecuada del big data recaudado, no solo a nivel de productividad, sino a nivel económico y social.

Una vez que estos sectores comprendan claramente las proyecciones a futuro, y que se pongan de acuerdo en cual va a ser el enfoque inicial, se puede empezar a trabajar en el diseño como tal de las estructuras que se van a necesitar, iniciando a nivel gubernamental, y social, de la mano del estándar PD8101 hasta llegar a la planeación de infraestructura y arquitectura de software con el PAS181 y 182 del CityOS (el cual se concluyó anteriormente como el estándar más recomendable para aplicar). Lo clave de estos sectores es que una vez inicien esfuerzos para entrar a formar parte de este proyecto, ellos mismos pueden activar los demás sectores,

generando un ecosistema que puede ir creciendo directamente a su alrededor, lo cual hará que Bucaramanga Ciudad Inteligente obtenga la tracción suficiente para que pueda seguir moviéndose por sí misma.

Sin embargo, uno de los problemas principales en la ciudad, el cual no puede obviarse en ningún momento, es la necesidad de que exista un líder que se convierta en el abanderado de este proyecto, tal y como se comentó en el focus group, ha habido en la ciudad varias iniciativas de proyectos digitales, las cuales nunca se han llevado a buen término, ya que la iniciativa se desvanece tan pronto existe un cambio de gobierno, por eso es vital que exista no solo un líder encargado de aunar esfuerzos, sino también de cerciorarse que el proyecto mantenga continuidad, mediante la generación ya sea de una legislación específica o de crear un empoderamiento lo suficientemente grande para que Bucaramanga Ciudad Inteligente tenga el impulso suficiente para que los actores involucrados reconozcan tanto su necesidad como su utilidad.

En el desarrollo de una Ciudad Inteligente existen 4 actores principales que deben ser considerados si se desea llevar a buen término este proyecto, el estado, el cual, tal como se ha visto es quien debe generar tanto el liderazgo e impulso inicial, como la normatividad asociada para generar un referente bajo el cual trabajar los demás ejes (espectro bajo el cual se encuentra la implementación del estándar analizado en este trabajo de aplicación) ; la universidad, la cual debe, no solamente generar grupos de investigación e interés, sino también debe empezar a formar profesionales específicos en las áreas de análisis de datos, e inteligencia artificial, para lograr utilizar al máximo todo el potencial que puede brindar una ciudad inteligente; la empresa,

quien puede generar el ecosistema de aplicativos alrededor del proyecto, una vez que se comience a comprender el potencial económico que puede tener vincularse directa o indirectamente con la Ciudad, las mismas empresas empezaran a invertir en I+D asociada al proyecto, y como el estándar utilizado permite datos abiertos, todos los nuevos usuarios podrán aprovecharse de los resultados de estas nuevas investigaciones, así como de los aplicativos resultantes, como tal la empresa es la que permite en una etapa intermedia, generar una economía alrededor del proyecto de ciudades inteligentes; y la gente, que es la base misma de cualquier ciudad; ciudades inteligentes también implican ciudadanos inteligentes, no solo a nivel tecnológico, sino a nivel social, actualmente, pensar la ciudad sin la colaboración de sus habitantes ya no es una opción, una ciudad, como toda organización de personas, es un ecosistema al que es necesario adaptarse y con el que se debe experimentar continuamente, y la tecnología, en el caso de ciudades inteligentes es un medio para conseguir un fin, pero no es el fin en sí mismo, esto es algo que debe inculcarse en los ciudadanos, que el buen uso de la tecnología y su correcta aplicación en su entorno social, es lo que realmente permite al final una ciudad no solo más tecnificada, sino más social, y gracias a la misma retroalimentación de su gente, convertirse en una ciudad en constante evolución.

Enlazar estos cuatro actores principales es posible, pero para lograr realizarlo correctamente, se debe planear correctamente, el primer actor involucrado (Estado) debe realizar un análisis del futuro, teniendo en cuenta las necesidades y beneficios para el otro actor clave en este proyecto, (la gente), y con base en eso, postular primero un plan de largo plazo, un plan a 10 años después un plan a 5 y teniendo en cuenta ese plan de 10 y de 5, hacer un plan anual, realizar este ejercicio de prospectiva es vital para generar una línea base sobre el futuro del proyecto, allí se debe

vincular el segundo actor (Universidad) generando mesas y grupos de interés respecto al proyecto, y empezar buscando victorias tempranas, alineando por ejemplo, los planes a largo y mediano plazo con las tesis de doctorado y de maestría en investigación. Para esta etapa, la madurez del proyecto será la suficiente para que el último actor, la empresa, vea el potencial del proyecto y empiece a vincularse con capital privado, el cual, debido a la naturaleza abierta del proyecto, beneficiara a todos los actores de manera general.

Actualmente aún existe un largo camino para convertir a Bucaramanga en una ciudad Inteligente, sin embargo, lo que parecen debilidades pueden ser grandes ventajas, si se aprovechan de manera correcta; muchas ciudades han dedicado innumerables recursos en desarrollar ideas, hacer pruebas de sistemas, metodologías y recursos, sembrado, de esta manera, los cimientos adecuados para evitar que en estos nuevos proyectos se comentan sus mismos errores.

Realizando la planeación adecuada, articulando correctamente los actores involucrados y basándose en CityOS para gestionar la estandarización de datos, Bucaramanga podría disminuir ampliamente el tiempo en el cual se podría implementar este proyecto, minimizando la cantidad de errores y ampliando exponencialmente sus posibilidades de éxito, pudiendo convertirse en una ciudad donde las tecnologías de la información y la comunicación estén totalmente permeadas en el ambiente urbano, ayudando a hacerla más sostenible, agradable y eficiente.

10 Referencias bibliográficas

- Pratt, K. S. (2009). Design Patterns for Research Methods: Iterative Field Research. In AAAI Spring Symposium: Experimental Design for Real-World Systems.
- Cortés, M. E. C., & León, M. I. (2005). Generalidades sobre Metodología de la Investigación.
- J. V. Brocke, A. Simons, B. Niehaves, B. Niehaves, K. Reimer, R. Plattfaut, et al.,
“On the importance of rigour in documenting the literature search process”, In 17th European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, 2009, pp. 2206-2217.
- Mattheis, C. (2012). The system theory of Niklas Luhmann and the constitutionalization of the world society. *Goettingen J. Int'l L.*, 4, 625.
- Easton, D. (1957). An approach to the analysis of political systems. *World politics* 9.
- Universidad Autónoma del Carmen. Murakami, T., & Fujinuma, A. (2000). Ubiquitous networking: Towards a new paradigm. *Nomura Research Institute Papers*, 2.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., Pinch, T., & Douglas, D. G. (2012). The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology. MIT.
- Downey, A. S., & Olson, S. (Eds.). (2013). *Sharing clinical research data: workshop summary*. National Academies Press.
- Cretu, L. G. (2012). Smart cities design using event-driven paradigm and semantic web. *Informatica Economica*, 16(4), 57.
- Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1), 25.

Anttiroiko, A. V., Valkama, P., & Bailey, S. J. (2014). Smart cities in the new service economy: building platforms for smart services. *AI & society*, 29(3), 323-334.

The economic role of the cities, Tech. rep, UN habitat (2011)

C. Matteins, The systems theory of niklas luhmann and the constitutionalization of the world society, *Goettingen Journal of international Law* 4 (2012) 625-647

D. Easton, An approach to the analysis of political systems, *World Politics* 9 (3) (1957) 383-400

Pooja, political system: Meaning and characteristics of a political system, *Political Science notes*

T.P.H. Wiebe E. Bijker, T. Pinch, *The social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of the Technology*, MIT Press, 1989

<https://www.esmartcity.es/comunicaciones/tecnologia-servicio-smart-cities-plataformas-ciudad>

Albino, Vito & Berardi, Umberto & Dangelico, Rosa. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*. 22. 2015. 10.1080/10630732.2014.942092.

Maestre Góngora, Gina Paola, & Nieto Bernal, Wilson. (2015). Factores Clave en la Gestión de Tecnología de Información para Sistemas de Gobierno Inteligente. *Journal of technology management & innovation*, 10(4), 109-117.

Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N., & Nelson, L. E. (2009). Helping CIOs understand “smart city” initiatives. *Growth*, 17(2), 1-17.

Robertas Jucevičius, Irena Patašienė, Martynas Patašius, *Digital Dimension of Smart City: Critical Analysis*, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 156, 2014, Pages 146-150, ISSN 1877-0428

Hall, Robert. (2000). *The Vision of a Smart City*. Proc. of the 2nd International Life Extension Technology Workshop. Paris.

- Harrison, C.; Eckman, B.; Hamilton, R.; Hartswick, P.; Kalagnanam, J.; Paraszczak, J. and Williams, P. (2010). Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54, 4 1–16
- Lombardi, P.; Giordano, S. Farouh, H. and Yousef, W. (2012). Modelling the Smart City Performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 137–149.
- Coetzee, L., & Eksteen, J. (2011, May). The Internet of Things-promise for the future? An introduction. In *IST-Africa Conference Proceedings*, 2011 (pp. 1-9). IEEE.
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelfflé, S. (2010). Vision and challenges for realising the Internet of Things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things*, European Commision, 3(3), 34-36.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32.
- Demchenko, Y., De Laat, C., & Membrey, P. (2014, May). Defining architecture components of the Big Data Ecosystem. In *Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 2014 International Conference on (pp. 104-112). IEEE.
- Polato, I., Ré, R., Goldman, A., & Kon, F. (2014). A comprehensive view of Hadoop research A systematic literature review. *Journal of Network and Computer Applications*, 46, 1-25.
- Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1), 25.

- Aazam, M., Khan, I., Alsaffar, A. A., & Huh, E. N. (2014, January). Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved. In *Applied Sciences and Technology (IBCAST), 2014 11th International Bhurban Conference on* (pp. 414-419). IEEE.
- Tei, K., & Gurgun, L. (2014, March). ClouT: Cloud of things for empowering the citizen clout in smart cities. In *Internet of Things (WF-IoT), 2014 IEEE World Forum on* (pp. 369-370). IEEE.
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Context aware computing for the internet of things: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 414-454.
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions.
- K. A. Paskaleva, "The smart city: A nexus for open innovation?", *Intelligent Buildings International*, vol. 3, pp. 153-171, 2011/07/01 2011.
- C. Harrison and I. A. Donnelly, "A theory of smart cities", in *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS-2011*, Hull, UK, 2011.
- M. Naphade, G. Banavar, C. Harrison, J. Paraszczak, and R. Morris, "Smarter cities and their innovation challenges", *Computer*, vol. 44, pp. 32-39, 2011.
- BID. (2015). Programa de ciudades emergentes y sostenibles. Available: <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/iniciativa-ciudades-emergentes-y-sostenibles,6656.html>

Cheng, B., Longo, S., Cirillo, F., Bauer, M., & Kovacs, E. (2015). Building a Big Data Platform for Smart Cities: Experience and Lessons from Santander. Proceedings - 2015 IEEE International Congress on Big Data

BSI Group, Smart City Standards (2014) Available:

www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/PAS-180-smart-cities-terminology/

Handte, M., Iqbal, M. U., Wagner, S., Apolinarski, W., Marrón, P. J., Navarro, E. M. M., ... & Fernández, M. G. (2014, March). Crowd Density Estimation for Public Transport Vehicles. In EDBT/ICDT Workshops (pp. 315-322).

Wu, X., Zhu, X., Wu, G. Q., & Ding, W. (2014). Data mining with big data. IEEE transactions on knowledge and data engineering, 26(1), 97-107.

Hernández-Muñoz, J. M., Vercher, J. B., Muñoz, L., Galache, J. A., Presser, M., Gómez, L. A. H., & Pettersson, J. (2011, May). Smart cities at the forefront of the future internet. In The Future Internet Assembly (pp. 447-462). Springer, Berlin, Heidelberg.

Girtelschmid, S., Steinbauer, M., Kumar, V., Fensel, A., & Kotsis, G. (2013, December). Big data in large scale intelligent smart city installations. In Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (p. 428). ACM.

Issarny, V., Georgantas, N., Hachem, S., Zarras, A., Vassiliadist, P., Autili, M., ... & Hamida, A. B. (2011). Service-oriented middleware for the future internet: state of the art and research directions. Journal of Internet Services and Applications, 2(1), 23-45.

Piro, G., Cianci, I., Grieco, L. A., Boggia, G., & Camarda, P. (2014). Information centric services in smart cities. Journal of Systems and Software, 88, 169-188.

Leite, L., Moreira, C. E., Cordeiro, D., Gerosa, M. A., & Kon, F. (2014, August). Deploying large-scale service compositions on the cloud with the CHOReOS Enactment Engine. In *Network Computing and Applications (NCA)*, 2014 IEEE 13th International Symposium on (pp. 121- 128). IEEE.

Petrolo, R., Loscri, V., & Mitton, N. (2014, August). Towards a smart city based on cloud of things. In *Proceedings of the 2014 ACM international workshop on Wireless and mobile technologies for smart cities* (pp. 61-66). ACM.

Elmangoush, A., Al-Hezmi, A., & Magedanz, T. (2013, December). Towards standard M2M APIs for cloud-based telco service platforms. In *Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia* (p. 143). ACM.

Cheng, J., & Masser, I. (2003). Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China. *Landscape and urban planning*, 62(4), 199-217.

Bravo, J. L. R. (2017). Datos Gubernamentales Abiertos. Evolución y estado de desarrollo en América Latina. *Perspectiva Socioeconómica*, (5), 60-84.

Bain, M. (2014). Sentilo—sensor and actuator platform for smart cities. Retrieved February, 20, 2015.

R. S. Cardoso and V. Issarny, "Architecting Pervasive Computing Systems for Privacy: A Survey," 2007 Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA'07), Mumbai, 2007, pp. 26-26.

Virvilis, N., Mylonas, A., Tsalis, N., & Gritzalis, D. (2015). Security Busters: Web browser security vs. rogue sites. *Computers & Security*, 52, 90-105.

<http://open.dataforcities.org/>

<http://www.moreno-web.net/cityos-platform-soon-operational-barcelona/>

A. M. de Barcelona, serie histórica, disponible en:

<http://www.amb.cat/es/web/area-metropolitana/dades-estadistiques/demografia/serie-historica>

Barcelona data Sheet, Tech. Rep, Barcelona City Council. (2015)

L. Laursen, Barcelona's Smart city ecosystem, MIT review (November 2014)

Keon, S., Heeseo, L., Kwon, R., Cho, H., Kim, J., & Lee, D. (2016). International Case Studies of Smart Cities: Singapore. Inter-American Development Bank, (June).
<https://doi.org/10.18235/0000407>

Giffinger, R., & Gudrun, H. (2010). Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities? ACE: Architecture, City and Environment.

M. Bauells, Story of cities 13: Barcelona's unloved planner invents science of 'urbanization', The Guardian (2016)

Sistema de Ciudades: Una aproximación al caso colombiano. Departamento Nacional de Planeación – Banco Mundial. 2012.

Using IoT To Enable Smart Cities and Smart Infrastructure - AWS Public Sector Summit Singapore 2017

Banco de la Republica, Documentos de trabajo sobre economía regional, 2013,
http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_180.pdf