

# Soluciones inteligentes para el desarrollo urbano sostenible

Villagra A.<sup>1</sup>, Errecalde M.<sup>1,2</sup>, Molina D.<sup>1</sup>, Varas V.<sup>1</sup>, Orozco S.<sup>1</sup>, Valdéz J.<sup>1</sup>, Rasjido J.<sup>1</sup>, Mercado V.<sup>1</sup>, Montenegro C.<sup>1</sup>, Carballo L.<sup>1</sup>, Pandolfi D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM)  
Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) - Unidad Académica Caleta Olivia  
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

<sup>2</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)  
Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis

[avillagra@uaco.unpa.edu.ar](mailto:avillagra@uaco.unpa.edu.ar), [merreca@unsl.edu.ar](mailto:merreca@unsl.edu.ar), {dmolina, vvaras, sorozco, jcvldez, jrasjido, vmercado, cmontenegro, [icarballo.dpandolfi@uaco.unpa.edu.ar](mailto:icarballo.dpandolfi@uaco.unpa.edu.ar)}

## RESUMEN

Una ciudad inteligente es una ciudad innovadora que utiliza Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la toma de decisiones, así como la eficiencia de las operaciones, los servicios urbanos y su competitividad, a la vez que se garantiza la atención a las necesidades de las generaciones actuales y futuras en relación con los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Una ciudad Inteligente integra sus diferentes áreas utilizando redes de comunicación de banda ancha, computación en nube, dispositivos inteligentes móviles, programas de análisis y sensores, permitiendo construir y aplicar el conocimiento para apoyar la toma de decisiones y ofrecer mayor calidad de vida y beneficios a sus ciudadanos.

En esta línea la hipótesis de trabajo es que se puede resolver varios problemas diferentes analizando sus características cuantitativas y cualitativas subyacentes,

así como proporcionando algoritmos avanzados que pueden buscar, optimizar y aprender por sí mismos en aquellas situaciones donde el conocimiento del problema es muy limitado. En particular, en este proyecto se propone identificar, resolver y realizar prototipos de aplicaciones y servicios en dos ejes movilidad y medio ambiente.

**Palabras clave:** Ciudades Inteligentes, Metaheurísticas, Big Data, Redes de sensores inalámbricos.

## CONTEXTO

La línea de trabajo se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM), Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) de la Unidad Académica Caleta Olivia Universidad Nacional de la Patagonia Austral, en el marco del Proyecto de Investigación 29/B255 “Soluciones inteligentes para el desarrollo urbano sostenible”.

## 1. INTRODUCCIÓN

Vivimos en la convergencia de dos fenómenos importantes en la historia de la humanidad: la aceleración de la urbanización a nivel mundial y la revolución digital. Se prevé que, en 2050, el 70 por ciento de la población mundial vivirá en ciudades [FP+12]. Uno de los grandes retos que prácticamente todos los países van a enfrentar en este siglo es la planificación, administración y gobernanza de las ciudades de forma sostenible, maximizando las oportunidades económicas y minimizando los daños medioambientales. Es necesario utilizar mejor los recursos públicos y explotar los activos naturales de forma consciente y responsable. Transformar “ciudades tradicionales” en Ciudades Inteligentes, o *Smart Cities* es una demanda cada vez más importante.

A medida que el paradigma de Internet de las cosas (en inglés *Internet of Things - IoT*) se va extendiendo, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tienen un cometido fundamental que desempeñar para incrementar la eficiencia en todos los sectores industriales y permitir innovaciones tales como los sistemas de transporte inteligentes y la gestión "inteligente" del agua, de la energía y de los residuos, entre otros.

En un futuro cercano con IoT los objetos de la vida cotidiana estarán equipados con microcontroladores, transreceptores para comunicaciones digitales y varios protocolos adecuados que les permita comunicarse unos con otros y con los usuarios, convirtiéndose en una parte integral de la Internet [AIM10]. El concepto IoT, por lo tanto, tiene como objetivo hacer que Internet sea aún más inmersivo y omnipresente. Además, al permitir un fácil acceso y la interacción con una amplia variedad de dispositivos

tales como, electrodomésticos, cámaras de vigilancia, sensores, actuadores, pantallas, vehículos, etc., la IoT fomenta el desarrollo de una serie de aplicaciones que hacen uso de la cantidad potencialmente enorme y variedad de datos generados por tales objetos para proporcionar nuevos servicios a los ciudadanos, empresas y a las organizaciones con aplicación en diferentes ámbitos ([BC+13],[ SD+16],[GS+17] y [Kun14]).

Una red de sensores inalámbricos (en inglés, *Wireless Sensor Network, WSN*) es un conjunto de nodos sensores y actuadores desplegados sobre la región de actuación. Cada nodo sensor consiste de una o varias capacidades de procesamiento, memoria, transceptor de comunicación, una fuente de energía, y funciones específicas de sensado o actuación. Los sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) se aplican a la administración de la recolección de información de los procesos de controles industriales, tales como las redes eléctricas, redes de distribución de agua, transporte, fabricación, etc.).

Los sensores son dispositivos económicos, de bajo consumo de energía con recursos limitados [AS+02]. Una WSN se compone de un gran número de nodos de sensores con capacidad limitada de computación, almacenamiento y comunicación. Las WSN, representan una de las áreas de investigación más prometedoras debido al completísimo campo de aplicación y el desarrollado de nuevas tecnologías de controladores electrónicos o electromecánicos, y los avances en la tecnología de comunicación inalámbrica [Cal04]. El diseño de una WSN debe hacer frente a la ocurrencia de defectos de alguna o múltiples

componentes en la red y por lo tanto es necesario la aplicación de técnicas robustas que puedan tolerar los fallos, sin resentir el buen funcionamiento de la red. Los problemas y las necesidades de mecanismos de mejora de la fiabilidad dependen de los recursos y aplicaciones disponibles para el que se aplica la WSN [VSS13].

La expansión de *Big Data* y la evolución de las tecnologías de IoT juegan un rol importante en la factibilidad de las iniciativas para ciudades inteligentes. *Big Data* ofrece potencial para que las ciudades obtengan conocimiento de valor de grandes cantidades de información colectada de varias fuentes y la IoT permite la integración de sensores, identificación de radiofrecuencias, y *bluetooth* en el entorno del mundo real utilizando servicios en red. La combinación del IoT y Big Data es un área de investigación poco explorada que ha traído nuevos e interesantes retos para alcanzar el objetivo de futuras ciudades inteligentes [RA+16], [ZL+15], [BD+16], [JJ+15].

El aumento significativo de dispositivos y sensores conectados han hecho factible la visión de vivir en un entorno inteligente. Se ha cambiado del ámbito de la computación de escritorio tradicional a una computación cada vez más sofisticada [GB+13]. Recientemente se han introducido varias aplicaciones de un entorno inteligente, incluidas las casas inteligentes [CDN11], las redes inteligentes [CS+09], el transporte inteligente [AJ09], el cuidado de la salud inteligente [Dem13], y las ciudades inteligentes [CND11], [CN+12], debido al crecimiento de la población urbana y la rápida urbanización.

El fenómeno de Big Data desde hace tiempo se ha caracterizado por el volumen, la velocidad y una variedad de tipos de datos que se incrementa día a día. Big Data ofrece el potencial para que la ciudad obtenga información valiosa de una cantidad considerable de datos recogidos a través de diversas fuentes. Ciertamente, las particularidades de estos datos incluyen características no estructuradas en comparación con grandes datos recogidos por otros medios [CML14]. Por ejemplo, identificar y obtener información valiosa de grandes cantidades de datos meteorológicos puede ser extremadamente beneficioso en términos de desarrollo agrícola. Además, el análisis de los datos meteorológicos puede ayudar a informar a la gente con antelación sobre las posibles condiciones peligrosas (información sobre inundaciones, clima extremadamente caluroso, sequía, etc.).

Los gobiernos han comenzado a adoptar ideas inteligentes para mejorar el nivel de vida de sus ciudadanos e implementar grandes aplicaciones de datos. La ciudad inteligente aprovecha las tecnologías emergentes, como las redes de sensores inalámbricos (WSN), para reducir el costo y el consumo de recursos. Sin embargo, la aplicación del análisis de grandes datos en el entorno inteligente se mantiene aún en las etapas iniciales

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En esta sección se describe la línea de investigación que se lleva a cabo en el proyecto.

Se puede decir que una ciudad inteligente es la que realiza actividades en al menos una de las seis áreas de acción inteligente: Economía inteligente, Sociedad inteligente, Gobernanza

inteligente, Movilidad inteligente, Medioambiente inteligente, Modo de vida inteligente.

Algunas aplicaciones que se pueden definir en estas áreas y que son de interés en este trabajo de investigación son: (a) Movilidad: rutas dinámicas personalizadas; seguridad urbana y (b) Medioambiente: gestión inteligente de la basura; energía inteligente.

Movilidad inteligente: La movilidad es otro gran reto que deben afrontar las grandes ciudades por el importante crecimiento en la cantidad de vehículos. Esos vehículos circulan por las vías públicas y contribuyen al aumento de los congestionamientos, los accidentes graves, las emisiones de gases contaminantes y también de los gases de efecto invernadero.

Por otro lado, la gestión adecuada de los residuos urbanos es otro tema de creciente preocupación para los agentes públicos, con impactos directos sobre la salud, el medio ambiente y la calidad de vida de la población. Las ciudades son grandes emisores de gas metano (CH<sub>4</sub>), con un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el gas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Según un estudio de la ONU, la actual generación de basura en el mundo maneja alrededor de 1.300 millones de toneladas/año, y se prevé que para 2025 llegará a 2.200 millones de toneladas/año. Los costos financieros y ambientales de administrar un volumen tan significativo de residuos son enormes. Además, los servicios de recolección de residuos trabajan en condiciones de incertidumbre, es decir, la cantidad de residuos que generarán los ciudadanos y cuándo se desecharán es desconocida, pero ciertamente muestran algunos patrones. Entonces, la recolección de información sobre la capacidad real de

llenado de los contenedores en tiempo real es muy importante.

Para abordar estas áreas se deberá usar información existente (datos abiertos), datos del presente (sensores) y predicciones. Los desafíos son varios e involucran la combinación de técnicas de optimización, aprendizaje de máquina y análisis de datos para obtener soluciones usables y perdurables en ciudades inteligentes y sostenibles.

### **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS**

La solución de problemas a través de los dos ejes de desarrollo en ciudades inteligentes permitirá hacer prototipos reales, aprender más y producir un mayor impacto en Ciencia e Industria. Una ciudad inteligente es un nuevo dominio, la visión holística es obligatoria. El impacto será mayor al considerar: ciencia e industria. El desafío a las técnicas inteligentes será más alto, así como también el conocimiento que se construya. Dada la amplia visión se espera generar oportunidades para nuevos proyectos y socios.

Además, se espera realizar la publicación de los resultados del proyecto en revistas de alto impacto y conferencias de los ámbitos multidisciplinarios.

Finalmente, se pretende colaborar con los gobiernos locales para la implementación de políticas y acciones inteligentes y sostenibles que impacten en la calidad de vida de los ciudadanos.

### **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

Este proyecto de investigación proporcionará un marco propicio para la iniciación y/o finalización de estudios de

posgrado de los integrantes docentes. De igual forma, será un ámbito adecuado para la realización de tesis de grado. Actualmente dos integrantes están desarrollando sus tesis de Maestría y dos sus tesis de Doctorado. Además, se cuenta con un becario de grado y un becario de posgrado.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [AJ09] Adeli, H., & Jiang, X. (2009). Intelligent infrastructure: neural networks, wavelets, and chaos theory for intelligent transportation systems and smart structures. Crc Press.
- [AS+02] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). A survey on sensor networks. *IEEE Communications magazine*, 40(8), 102-114.
- [BC+13] Bellavista, P., Cardone, G., Corradi, A., & Foschini, L. (2013). Convergence of MANET and WSN in IoT urban scenarios. *IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3558-3567.
- [BD+16] Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684-700.
- [Cal04] Callaway Jr, E. H. (2003). *Wireless sensor networks: architectures and protocols*. CRC press.
- [CDN11] Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82.
- [CML14] Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171-209.
- [CN+12] Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., ... & Scholl, H. J. (2012, January). Understanding smart cities: An integrative framework. In *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on* (pp. 2289-2297). IEEE.
- [CS+09] Chen, S. Y., Song, S. F., Li, L. X., & Shen, J. (2009). Survey on smart grid technology [J]. *Power System Technology*, 8, 1-7.
- [Dem13] Demirkan, H. (2013). A smart healthcare systems framework. *It Professional*, 15(5), 38-45.
- [FP+12] Fazio, M., Paone, M., Puliafito, A., & Villari, M. (2012, July). Heterogeneous sensors become homogeneous things in smart cities.
- [GB+13] 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.
- [GS+17] Gharaibeh, A., Salahuddin, M. A., Hussini, S. J., Khreishah, A., Khalil, I., Guizani, M., & Al-Fuqaha, A. (2017). Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 775-780). IEEE.
- [JJ+15] Jaradat, M., Jarrah, M., Bousselham, A., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2015). The internet of energy: Smart sensor networks and big data management for smart grid. *Procedia Computer Science*, 56, 592-597.
- [Kun14] Kunzmann, K. R. (2014). Smart cities: a new paradigm of urban development. *Crios*, 4(1), 9-20.
- [SD+16] Sarasola, B., Doerner, K. F., Schmid, V., & Alba, E. (2016). Variable neighborhood search for the stochastic and dynamic vehicle routing problem. *Annals of Operations Research*, 236(2), 425-461.
- [RA+16] Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. *Computer Networks*, 101, 63-80.

[VSS13] Venkatesan, L., Shanmugavel, S., & Subramaniam, C. (2013). A survey on modeling and enhancing reliability of wireless sensor network. *Wireless Sensor Network*, 5(03), 41.

[ZL+15] Zhu, C., Leung, V. C., Shu, L., & Ngai, E. C. H. (2015). Green Internet of Things for smart world. *IEEE Access*, 3, 2151-2162.