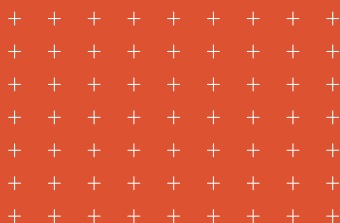


CUADERNOS ACADÉMICOS

PROPUESTA DE **SISTEMA DE GESTIÓN PARA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS URBANOS DE CIUDADES INTELIGENTES**

Dr. Diego Godoy*



UNIVERSIDAD
Gastón Dachary

E
UGD
EDITORIAL



***Coautores**

Eduardo Sosa

Juan Benítez

Hernán Bareiro

Fabián Favret

Edgardo Belloni

Introducción

“La ciudad ha sido convertida por el capital en el lugar donde se aglomera la producción, se congestiona el consumo, se hacina la población y se degrada la energía. Los procesos urbanos se alimentan de la sobreexplotación de los recursos naturales, la desestructuración del entorno ecológico, el desecamiento de los mantos freáticos, el succionamiento de los recursos hídricos, la saturación del aire y la acumulación de basura” (Leff, 2000).



Del hecho urbano como generador de necesidades (estilos de vida urbana) se ha pasado a un proceso acumulador de irracionalidades. Latinoamérica alberga cerca de 650 millones de personas, alrededor de 1 de cada 10 habitantes del planeta, que hoy cuenta con 7 mil millones de habitantes. Se espera que para dentro de una generación seamos 9 mil millones. Estos altos niveles de población sin embargo, son muy recientes ya que hasta hace menos de trescientos años la población total de la Tierra era de apenas mil millones de personas, de los cuales sólo 10 millones vivían en nuestra región.

La ciudad está destinada a convertirse en el entorno en el que el papel de la tecnología y la innovación se hará más patente en favor de la calidad de vida, la gestión eficiente de recursos y, por ende, la sustentabilidad. Las nuevas ciudades mejorarán sus actividades más comunes, a la vez que aparecerán nuevos servicios cada vez más centrados en el ciudadano.

Una ciudad inteligente es aquella que hace el mejor uso de la información y de las herramientas tecnológicas existentes para maximizar el bienestar de sus habitantes y visitantes, abordando de forma integral sus principales retos de gestión a la vez que optimiza el uso de los recursos disponibles. Con el uso inteligente de la tecnología y la innovación se puede incrementar la eficacia, competitividad y atractividad de la ciudad y mejorar su sostenibilidad medioambiental. Por tanto, las iniciativas smart no sólo mejoran la calidad de vida de los ciudadanos de hoy, sino también de los ciudadanos de las próximas generaciones.

El rápido desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs), el abaratamiento de equipos y servicios de telecomunicaciones, y su disponibilidad, hace pensar que la aplicación de las mismas han de proveer beneficios cada vez mayores a los espacios urbanos. Es por ello que se han renombrado a las Redes de Sensores Inalámbricos (WSN) como Internet de las Cosas (IoT), que consiste en la integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas (Bankinter, 2011).

Además, ha cobrado auge el término de “Ciudad inteligente como la visión holística de una ciudad que aplica las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la mejora de la calidad de vida y accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible económico, social y ambiental en mejora permanente” (Grupo Normalización 178 – Asociación Española de Normalización, 2016).

En Argentina, no existe un proyecto integrador de las experiencias sobre el tema, como lo es el ejemplo español con la Red Española de Ciudades Inteligentes (Red Española de Ciudades Inteligentes, 2017), donde los alcaldes de las diferentes ciudades españolas han convenido en aunar esfuerzos en la ruta hacia un objetivo común.

Sin embargo, en este trabajo se presenta una propuesta para la gestión de uno de los servicios públicos indispensables en toda ciudad inteligente como lo es la recolección de residuos, cuya esencia es retirar los residuos generados por la comunidad y gestionarlos de manera adecuada para evitar perjuicios a la salud y el ambiente.

Posadas, Misiones, posee actualmente una población de 324.756 habitantes (Indec, 2010) por tanto puede ser considerada una ciudad con una población importante, que genera una gran cantidad de residuos urbanos.

Para llevar a cabo la recolección de residuos, la municipalidad de esta ciudad, cuenta con camiones acondicionados, contenedores de distintos tipos y capacidades, y personal calificado para realizar la tarea.

Las rutas de recolección preestablecidas cubren la totalidad de las zonas de la ciudad. Dichas rutas poseen distintas frecuencias de recolección. En zonas céntricas por ejemplo la frecuencia es de dos veces por día, en zonas cercanas al centro la recolección se realiza una vez al día, mientras que en las zonas más alejadas se realiza tres veces por semana.

En el trayecto mencionado, los recolectores pueden encontrarse con contenedores de niveles variables de desechos, sin embargo, deben revisar cada uno de los mismos, produciendo pérdida de tiempo y desgaste físico. Por otro lado, si en una ruta, los primeros contenedores que se recolectan están al nivel máximo de llenado, la capacidad del camión se completará antes de finalizar el recorrido, provocando mayor cantidad de viajes, mayor gasto en combustible y por lo tanto mayores emisiones de CO₂. Siendo este último un elemento considerado causante directo del efecto invernadero. (Schmidt, 2012)

Tanto la capacidad de los camiones, las distancias del recorrido, el crecimiento industrial y urbano, sumado a un posible mal diseño de rutas, generan un servicio ineficiente de recolección de residuos.

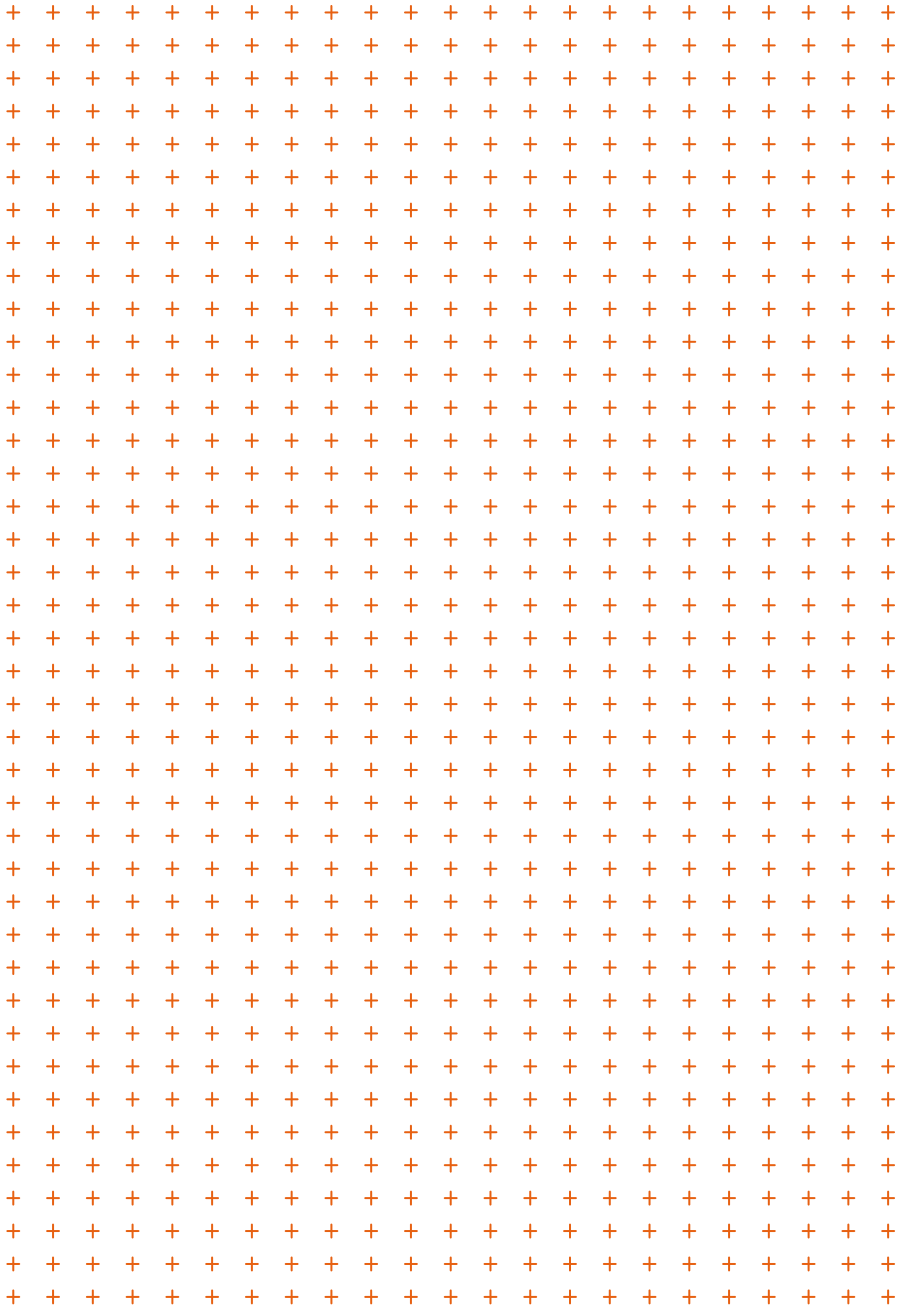
Ante esta situación, es sumamente interesante contar con un sistema basado en un nuevo paradigma que consiste en utilizar Redes de Sensores Inalámbricos para la detección de los contenedores de residuos que merecen ser recogidos y calcular la ruta óptima para llegar a cada uno de ellos, lo cual podría maximizar el rendimiento laboral, energético y ecológico

En (Hannan, 2015) se presenta una revisión crítica de las tecnologías existentes y su uso en los sistemas de manejo de residuos sólidos estudiando sus problemas y desafíos. Propone dividir a las tecnologías en cuatro categorías: a) espaciales, b) de identificación, c) de adquisición de datos y d) de comunicación de datos. El presente trabajo se basa en las primeras tres categorías, mientras que la cuarta es normalmente utilizada por casi todos los sistemas.

Borozdukhin propone una solución al problema de optimización de eliminación de basura en las grandes ciudades (A. Borozdukhin, 2016). El autor describe una arquitectura para encontrar una ruta dinámica de tiempo óptimo para camiones de basura dentro del proyecto "Smart Clean City". Propone, asimismo, un modelo matemático formal para generar una ruta óptima dinámica y el criterio de optimización para la recolección óptima en el tiempo de todos los contenedores de basura.

Vu et al. presenta un novedoso método de gestión inteligente de basura de manera limpia y a un costo razonable (D. D. Vu and G. Kaddoum, 2017). En este enfoque, los sensores detectan, miden y transmiten datos de volumen de llenado. Con ésta información, incluida la geolocalización del contenedor y el número de serie, se procesan mediante regresión, clasificación y teoría de grafos. A partir de allí, se proponen un nuevo método para administrar de forma dinámica y eficiente la recolección de basura al predecir el estado de los desechos, clasificar la ubicación y monitorear la cantidad de los mismos. Con estos datos procesados, se realiza la recomendación de la ruta para gestionar el recorrido del camión de basura de manera eficiente.

Nuestro trabajo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se hará una breve descripción de la metodología y en la sección 3 se darán los detalles de construcción de la solución, dispositivos de hardware y herramientas de software utilizadas. Seguidamente en la sección 4, se mostrarán las pruebas en laboratorio, pruebas en campo y los resultados obtenidos. Para finalizar se presentarán las conclusiones y trabajos futuros respectivamente.



2

Metodología

Se realizó una entrevista al Encargado de la Dirección de Servicios Públicos de la Municipalidad de la ciudad de Posadas. En la misma se analizaron diferentes temas relacionados al servicio de recolección de residuos urbanos, como ser:

- *Recursos utilizados para llevar a cabo este servicio (camiones y contenedores de distintos tipos y capacidades).*
- *Frecuencia de recolección en zonas céntricas de la ciudad, las más cercanas al centro y las más alejadas.*
- *Problemática de la recolección de residuos, en donde se destacó el costo (en dinero y tiempo) que significa realizar el recorrido de todos los contenedores de la ciudad, tengan o no residuos.*

Esta entrevista permitió obtener un conocimiento sobre el funcionamiento actual del servicio de recolección de residuos urbanos y en base a esto se propuso un prototipo de software que permita realizar la monitorización del estado de contenedores de residuos urbanos, a través de una Red de Sensores Inalámbricos.

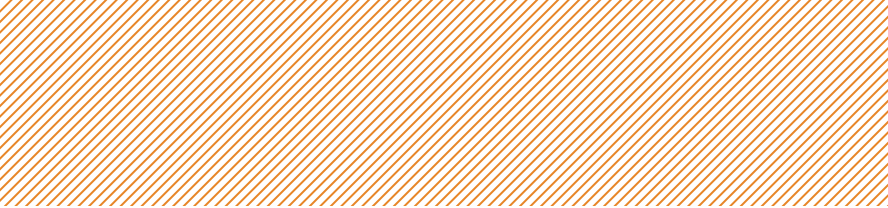




Figura 1. Arquitectura del sistema propuesto

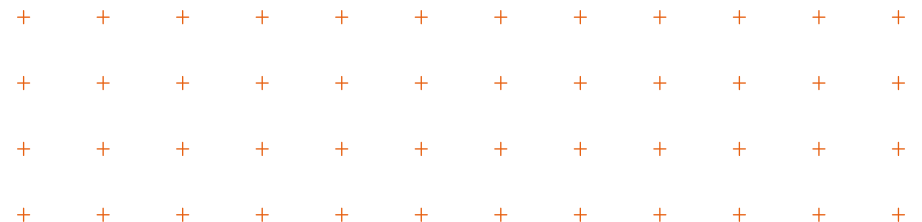
3

Arquitectura de la solución propuesta

El desarrollo tecnológico propuesto utilizará sensores de movimiento y sensores de luz para determinar el nivel de llenado de los contenedores. Luego se transmitirá la información generada por éstos hacia una estación central, por medio de la infraestructura provista por la red de sensores inalámbrica.

En la estación base se evaluará la información recibida y se actualizarán los datos de llenado de los contenedores (cantidad de movimientos e iluminancia). Posteriormente se realizará el cálculo de ruta óptima, seleccionando aquellos contenedores que ameritan ser recogidos.

Por último, se visualizará en un mapa la ruta óptima, tomando como referencia la posición geo-referencial de los contenedores (latitud-longitud), indicando el punto de inicio, los contenedores a recoger y el fin del recorrido. En la Figura 1 se puede apreciar la arquitectura del sistema.



El detalle de la funcionalidad de cada capa se describe a continuación:

La capa de infraestructura se compone de una serie de nodos sensores ubicados dentro de los contenedores de residuos urbanos y de un nodo gateway.

En esta capa, se encuentra los siguientes Subsistemas:

- *Subsistema de detección de movimientos del nodo PIR: Los nodos con sensores PIR, de aquí en adelante: nodo sensor pir, capturan los movimientos que ocurren en el interior de los contenedores (causados por la introducción de objetos). Luego se generan tramas de datos en las que incluyen, la dirección MAC del nodo y el valor actual del contador de movimientos.*
- *Subsistema de detección de luz del nodo iluminancia: Los nodos con sensores de luz, de aquí en adelante: nodo sensor iluminancia, capturan el valor de iluminancia en el interior del contenedor. Posteriormente se generan tramas de datos en la que se envía, la dirección MAC del nodo y el valor de iluminancia detectado. Las tramas generadas son enviadas hacia el nodo gateway inalámbricamente vía radio.*
- *Subsistema sumidero de datos: El nodo gateway, recibe las tramas provenientes de los nodos que se encuentran dentro del radio de cobertura, y posteriormente las envía a la estación base. La comunicación entre el nodo gateway y la estación base se realiza mediante un puerto serie. Para esta arquitectura, se ha utilizado un puerto USB.*



3.1 Capa de infraestructura

La capa de infraestructura se compone de una serie de nodos sensores ubicados dentro de los contenedores de residuos urbanos y de un nodo gateway.

En esta capa, se encuentra los siguientes Subsistemas:

- *Subsistema de detección de movimientos del nodo PIR: Los nodos con sensores PIR, de aquí en adelante: nodo sensor pir, capturan los movimientos que ocurren en el interior de los contenedores (causados por la introducción de objetos). Luego se generan tramas de datos en las que incluyen, la dirección MAC del nodo y el valor actual del contador de movimientos.*
- *Subsistema de detección de luz del nodo iluminancia: Los nodos con sensores de luz, de aquí en adelante: nodo sensor iluminancia, capturan el valor de iluminancia en el interior del contenedor. Posteriormente se generan tramas de datos en la que se envía, la dirección MAC del nodo y el valor de iluminancia detectado. Las tramas generadas son enviadas hacia el nodo gateway inalámbricamente vía radio.*
- *Subsistema sumidero de datos: El nodo gateway, recibe las tramas provenientes de los nodos que se encuentran dentro del radio de cobertura, y posteriormente las envía a la estación base. La comunicación entre el nodo gateway y la estación base se realiza mediante un puerto serie. Para esta arquitectura, se ha utilizado un puerto USB.*



3.2 Capa de procesamiento

La capa de procesamiento, se compone de una notebook que actúa como estación base.

En esta capa se encuentran los siguientes Subsistemas:

• *El Subsistema de captura y almacenamiento de datos de la estación base, analiza la trama recibida para determinar si es válida. Si esto se cumple, se examina la sección de datos (payload). Si la trama proviene de un nodo sensor pir, se extrae de la trama la dirección MAC y el contador actual. Luego se actualiza el contador asociado al contenedor y se almacena la trama leída en la base de datos. Si la trama proviene de un nodo sensor iluminancia, se extrae de la trama la dirección MAC y el valor de iluminancia recibida. Posteriormente se actualiza en la base de datos, el valor de iluminancia del contenedor asociado.*

• *Subsistema de cálculo de ruta óptima: En ésta capa también se realiza el cálculo de ruta óptima, seleccionando de la base de datos, aquellos contenedores cuyo contador y valor de iluminancia superan un valor predeterminado. El cálculo de la ruta óptima se realiza utilizando un algoritmo bien conocido de búsqueda heurística en arboles denominado A* (A estrella) (P. E. Hart, 1968) para determinar el orden en que se recogerán los contenedores. El algoritmo es una combinación entre búsquedas del tipo primero en anchura con primero en profundidad. De este modo, se cambia de camino de búsqueda cada vez que existen nodos más prometedores.*

+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +

3.3 Capa de visualización

La última capa de la arquitectura es la de visualización, la cual utiliza una interfaz Web para brindar información a los usuarios, sobre la ubicación de los contenedores a recoger.

En esta capa se encuentra el Subsistema de visualización de ruta.

3.4 Componentes de hardware utilizados

Los nodos sensores utilizados en la capa de infraestructura son de la marca iSense, y están fabricados por la empresa Coalesenses (GmbH, 2015).

Se decidió utilizar el módulo de seguridad y el módulo ambiental, al considerar que son los que mejor se adaptan para resolver la problemática planteada. El módulo de seguridad dispone de un sensor pasivo infrarrojo (PIR) y un acelerómetro, mientras que el módulo ambiental dispone de un sensor de luz y un sensor de temperatura.

El hardware de la plataforma iSense presenta un esquema modular.

El “nodo sensor PIR”, está formado por el módulo principal (core module), el módulo de seguridad, y el módulo de energía (Figura 2).



Figura 2. Nodo sensor PIR.

El “nodo sensor iluminancia”, está formado por el módulo principal (core module), el módulo ambiental y el módulo de energía.

3.4 Herramientas de software utilizadas

El hardware iSense utilizado en la capa de infraestructura, proporciona un conjunto de herramientas de software que incluyen: Sistema operativo, bibliotecas y códigos fuentes desarrollados en lenguaje C++.

Este conjunto de herramientas provee un variado número de servicios y protocolos listos para usar, lo cual permite el desarrollo rápido de aplicaciones pequeñas pero complejas.

Entre las herramientas de software utilizadas se encuentran: herramientas de compilación (make, cmake, g++), compilador ba-elf (para micro controladores Jennic), plataforma de desarrollo Eclipse, firmware iSense (Biblioteca para desarrollo iSense), iShell (herramienta para análisis, programación y operación sobre nodos).

4

Resultados y análisis

En esta sección se describen las pruebas realizadas en laboratorio y en campo.

4.1

Prueba de laboratorio

Para evaluar el nivel de llenado, se llevó a cabo una prueba de laboratorio, en la que se utilizó una caja de cartón cuyas dimensiones fueron: paredes laterales de 44 cm de ancho, paredes frontal y trasera de 47 cm de ancho y profundidad o alto de 35 cm. En la Figura 3 se puede ver una imagen de la caja y componentes utilizados, y en la Figura 4 una imagen del interior de la caja con el nodo dentro.



Figura 3. Nodo sensor PIR, nodo gateway, estación base y caja para pruebas.

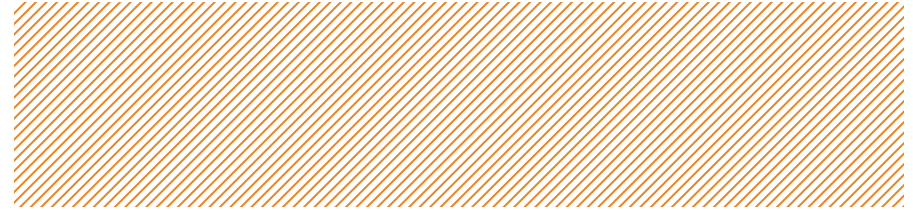
Antes de iniciar las pruebas, se ubicó el nodo en la parte superior de una de las paredes laterales de la caja y con el sensor pir apuntando hacia el fondo, a 45° de la pared lateral, para que el área de detección cubra la mayor superficie posible.

Una vez ubicado el nodo sensor, se encendió el mismo y se esperó un minuto para que se inicialice y reconozca la temperatura ambiente. Luego se inició la aplicación de “captura y almacenamiento” en la estación base y se comenzaron a introducir objetos en la caja para verificar si el sensor los detectaba.



Por cada trama recibida, se verificó que la misma sea válida. Esta validación se llevó a cabo, evaluando la longitud de la trama recibida y verificando si los caracteres de inicio y fin de trama coincidían con los definidos en la capa de infraestructura. Se considera válida una trama si inicia con los caracteres 1002 y si termina con los caracteres 1003 y si la longitud es de 16 caracteres.

+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +



Finalizadas las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se recibieron algunas tramas incompletas o defectuosas que no pasaron la validación.
- No se detectaron todos los objetos que pasaron delante del sensor. Esto pudo ocurrir por dos motivos:
 - El objeto pasó delante del sensor fuera del lapso de monitoreo.
 - El objeto que se introdujo no irradió el calor suficiente para que el sensor lo detecte.
- Se comprobó que el sensor no detecta ningún movimiento si se encuentra obstruido por algún objeto

+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +
+ + + + + + + + + + + +

4.2 Prueba de campo

Las pruebas de campo se realizaron en el barrio Villa Sarita de Posadas. Se eligió este barrio por estar cercano al centro y por utilizar los mismos contenedores de residuos del centro de la ciudad.

Se consideró una ruta constituida por 23 contenedores, de los cuales se seleccionaron cuatro que se encontraban próximos entre sí, tal como se indica en la Figura 5.

Para cada uno de los contenedores de la ruta, se ingresó en el software que se ejecuta en la capa de procesamiento, las direcciones de latitud y longitud.



Figura 5. Ubicación en el mapa de los contenedores.

Los contenedores utilizados en las pruebas (Figura 6), fabricados de polietileno de alta densidad de formulación especial, con una densidad de 0,95 gr./cm³.



Figura 6. Contenedor de residuos utilizado en las pruebas de campo.

Los contenedores utilizados en las pruebas (Figura 6), fabricados de polietileno de alta densidad de formulación especial, con una densidad de 0,95 gr./cm³.

Los elementos utilizados en estas pruebas fueron: un nodo sensor PIR, un nodo gateway y una notebook que funcionó como estación base. Las pruebas se realizaron de un contenedor por vez. Antes de iniciar las mismas se realizaron los siguientes pasos:

- Se verificó que el contenedor esté vacío.
- Se ubicó el nodo sensor PIR en uno de los extremos del contenedor, con el sensor apuntando hacia abajo, para que el mismo no detecte movimientos que ocurran en el exterior del contenedor.
- En el software del nodo sensor PIR, se estableció un intervalo de silencio de 2 segundos y un temporizador para informar el valor del contador cada 20 segundos.

Finalizado los pasos anteriores, se encendió el nodo sensor pir y se esperó un minuto para que el mismo reconozca la temperatura del interior del contenedor. Durante este tiempo, no se realizó ningún movimiento delante del sensor. Luego se ejecutó la aplicación de captura y almacenamiento en la estación base.

Posteriormente, se comenzaron a introducir bolsas de residuos en distintos extremos del contenedor (Figura 7), para verificar si el sensor los detectaba, controlando cada 20 segundos la interfaz a fin de constatar que el contador se incremente.

Después de introducir varias bolsas de se constató lo siguiente:

Se recibieron algunas tramas incompletas o defectuosas que no pasaron la validación.

El contador asociado al contenedor tenía un valor superior a la cantidad de objetos introducidos. Esto se produjo porque el nodo sensor PIR captó movimientos ajenos al interior del contenedor.



Figura 7. Inserción de residuos en el contenedor.

Esta secuencia de pruebas se repitió en los tres contenedores restantes. Para simular distintos nodos, se asignó al nodo sensor PIR, diferentes direcciones MAC (d1, d2, d3, d4). En la Figura 8 se puede visualizar la pantalla de captura de tramas al finalizar las pruebas sobre los cuatro contenedores.

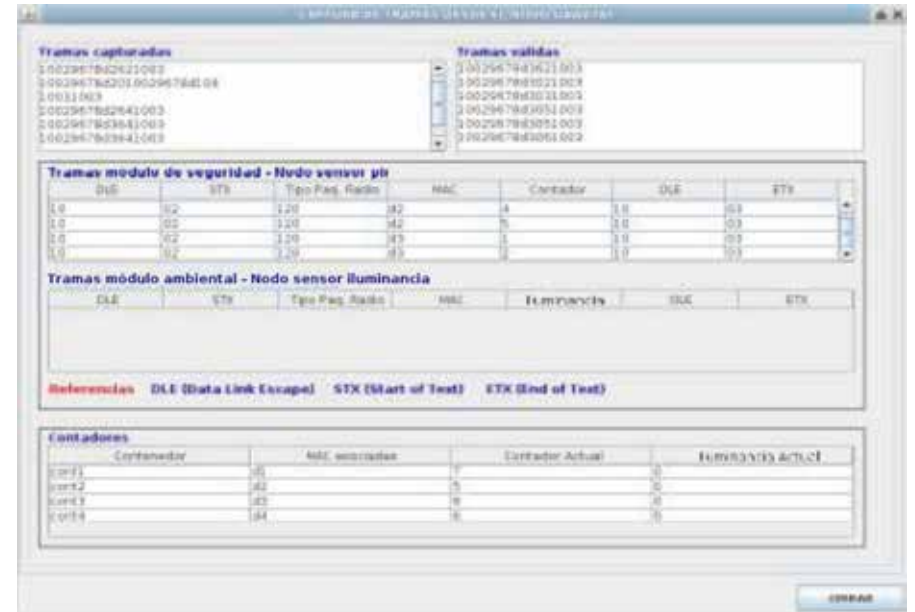
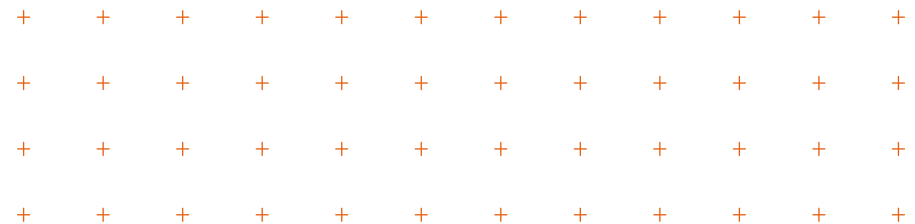


Figura 8. Captura de tramas recibidas inicialmente.



4.3 Resultados de la prueba

Al concluir las pruebas de detección de objetos, se constató que el gateway recibía tramas de datos (válidas e inválidas), únicamente cuando tenía una visión directa con el nodo sensor PIR a unos 70 metros de distancia aproximadamente. En la Tabla 1 se resumen las tramas recibidas en las pruebas realizadas a cada contenedor.

| Contenedor | Objetos introducidos en el contenedor | Tramas Válidas | Tramas Inválidas | | | Distancia objeto-sensor | Distancia gateway | % Fallos |
|------------|---------------------------------------|----------------|------------------|-------------|--------------|-------------------------|-------------------|----------|
| | | | Defectuosas | Incompletas | No detectada | | | |
| 1 | 15 | 12 | 1 | 2 | 0 | <=126 cm | 30 m | 20% |
| 2 | 20 | 14 | 2 | 3 | 1 | <=126 cm | 40 m | 30% |
| 3 | 18 | 10 | 4 | 2 | 2 | <=126 cm | 60 m | 44% |
| 4 | 15 | 4 | 4 | 6 | 1 | <=126 cm | 70 m | 73% |

Por este motivo el nodo gateway se ubicó en la intersección de las calles Nicomedes Castro y Moritán como se puede ver en la Figura 9.



Figura 9. Ubicación en el mapa del gateway.

Por último, se ejecutó el módulo de cálculo de ruta, se verificó el resultado del algoritmo A* en base a las distancias indicadas en la grilla de contenedores a recorrer y se visualizó la ruta óptima en la interfaz Web.

En la Figura 10 se visualiza el mapa con la ruta completa y en la Figura 11 se puede ver la porción del mapa (con un nivel de acercamiento superior), donde se indican los contenedores a recorrer. El punto A corresponde al origen del recorrido (Dirección de Servicios Públicos). Los puntos B, C, D y E corresponden a los contenedores 1, 2, 3 y 4. El punto F corresponde al final del recorrido.

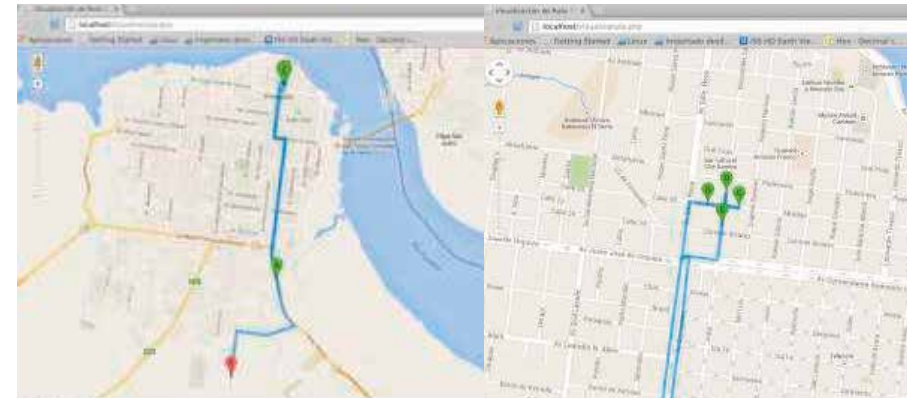
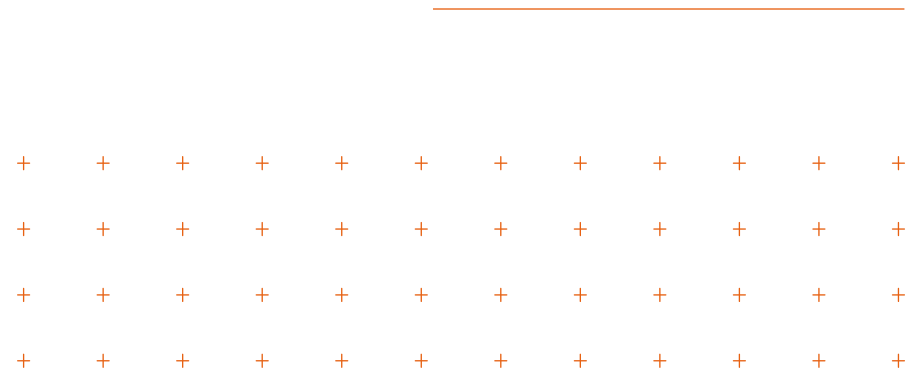
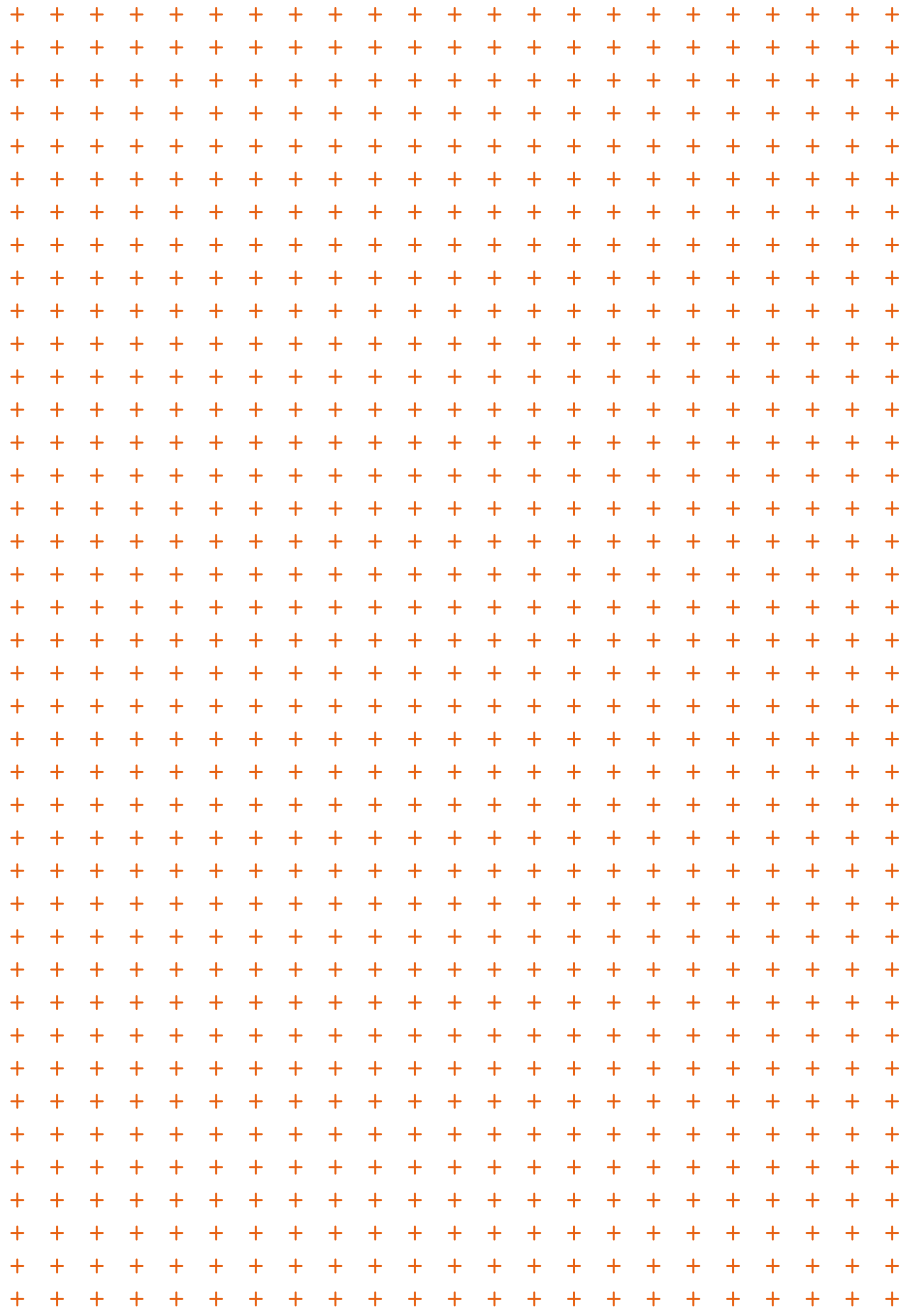


Figura 10. Visualización de ruta óptima. Figura 11. Contenedores a recoger.





Conclusión

Se logró probar bajo las condiciones de campo experimentales que es posible la comunicación entre un nodo sensor y un nodo gateway, utilizando el estándar IEEE 802.15.4.

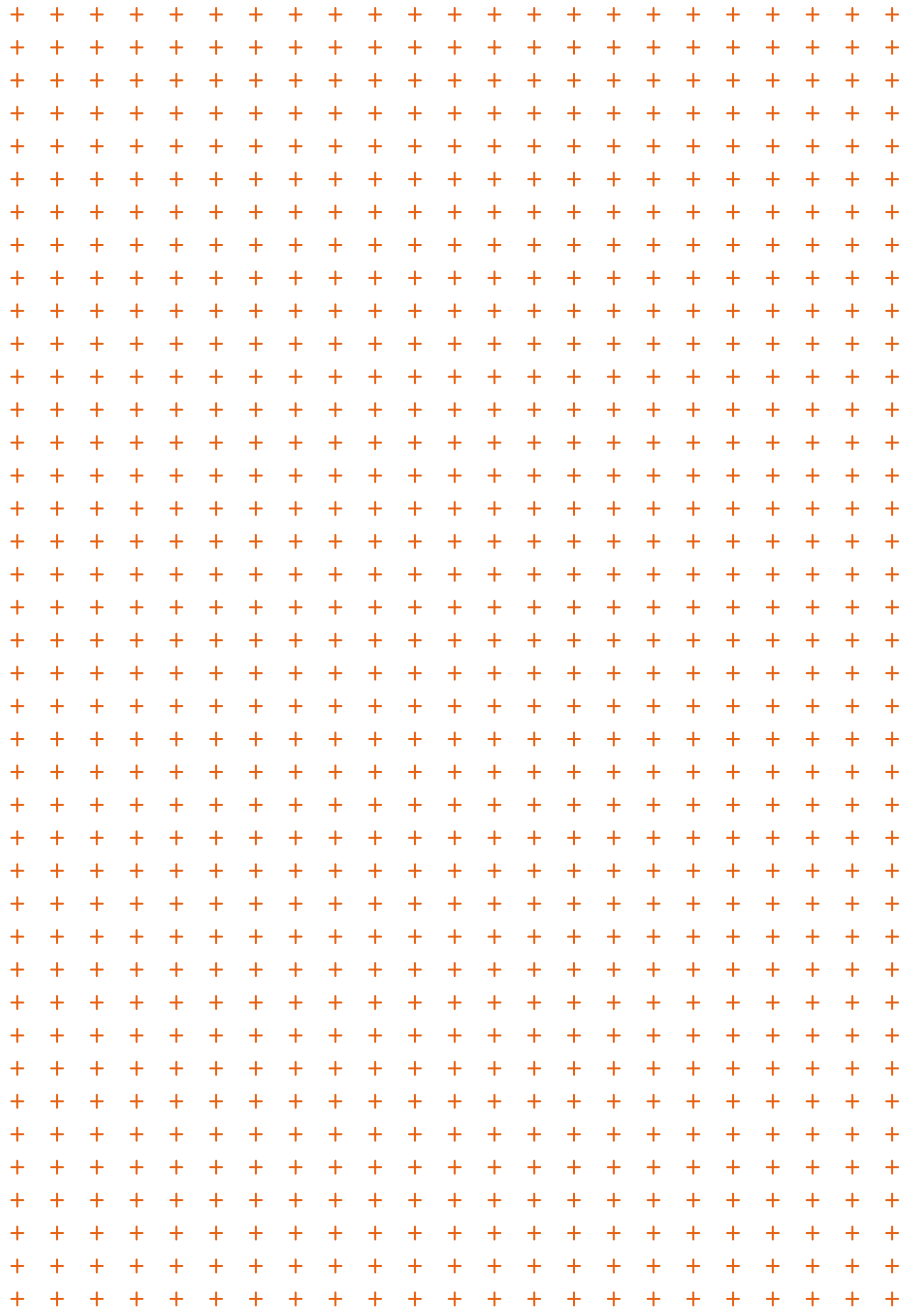
Además, se concluyó que si bien el nodo sensor PIR permite detectar los objetos que ingresan al contenedor, no sirve para determinar un nivel de llenado por sus características de fábrica.

Por último, se observó que al trabajar en un entorno inalámbrico se pierden muchas tramas debido a interferencias y ruidos presentes en el ambiente. Por esta razón, se considera fundamental que un sistema que basa su comunicación principalmente en una infraestructura de red de sensores inalámbricos, valide las tramas recibidas, a fin de trabajar con datos correctos.

Como trabajos futuros se plantea adicionar otro tipo de sensores a fin de mejorar la estimación de esta medida, necesaria para llevar a cabo el trabajo. Se prevé también realizar las interfaces Web necesarias para registrar contenedores y utilizar otros algoritmos de búsqueda más eficientes para mejorar la estimación del camino óptimo de recolección de contenedores.

Se prevé también la realización de simulaciones en espacios geográficos más amplios involucrando a más sensores.

Cabe destacar que el caso de estudio analizado pertenece a una ciudad que no cuenta actualmente con una infraestructura de red, por lo que sería prometedor integrar nuestra propuesta con otras plataformas para IoT como LORA, LoRaWAN (LoRa Alliance, 2018), Sigfox (Sigfox, 2018) o UBIDots (UBIDots, 2018)



Bibliografía

A. Borozdukhin, O. D. (2016). Approach to the garbage collection in the “Smart Clean City” project. 2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CiSt). Tangier: IEEEExplorer.

Ariel. (2011). Smart Cities: Un primer paso hacia la Internet de las cosas. Barcelona: Fundación Telefónica.

Bankinter, F. d. (2011). El internet de las cosas. En un mundo conectado de objetos inteligentes.

D. D. Vu and G. Kaddoum. (2017). A waste city management system for smart cities applications. Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO). Riga: IEEEExplore.

GmbH, C. (2015). Retrieved from Bridging the gap between virtuality and reality: <http://www.coalesenses.com>

Grupo Normalización 178 – Asociación Española de Normalización. (2016). Ciudades Inteligentes. Madrid.

Hannan, M. A. (2015). A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges. Waste management. (New York, N.Y.).

Indec. (2010). Retrieved from Censo 2010: <http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010/>

Leff, E. (2000). Pensar la complejidad ambiental. México: Siglo Veintiuno Editores/UNAM/UNEP.

LoRa Alliance. (2018). LoRa Alliance. Retrieved from <http://lora-alliance.org/>

Mark Weiser. (1999). Retrieved from *The Computer for the 21st Century*:

http://wiki.daimi.au.dk/pca/_files/weiser-orig.pdf

P. E. Hart, N. J. (1968). A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths,". *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, vol. 4, no. 2, pp. 100-107.

Red Española de Ciudades Inteligentes. (2017). Retrieved from *Red Española de Ciudades Inteligentes*: <http://www.redciudadesinteligentes.es/>

Schmidt, G. A. (2012). Attribution of the present day total greenhouse effect. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*.

Sigfox. (2018, sep 04). Sigfox - The Global Communications Service Provider for the IoT. Retrieved from <https://www.sigfox.com/en>

UBIDots. (2018). UBIDots. Retrieved from <https://ubidots.com/>



Dr. Diego Godoy

Director del Centro de Investigación en
Tecnologías de la Información y Comunicaciones

Doctor en en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
(Universidad de Vigo, España)

Magíster en Ingeniería de Software (Universidad Nacional de La Plata)
Ingeniero en Informática (Universidad Gastón Dachary)



Departamento de
Ingeniería y Ciencias de la Producción

