

# Intelligent Parking Control Using Wireless Sensor Networks

Abigail González Nuñez, Computer Science Technician, Héctor Hugo Mazzeo, Electronics Engineer,  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Argentina, [abigailgonzalez@alu.frlp.utn.edu.ar](mailto:abigailgonzalez@alu.frlp.utn.edu.ar),  
[hugo.maz@frlp.utn.edu.ar](mailto:hugo.maz@frlp.utn.edu.ar)

*Abstract- The proper management of parking spaces is a very important issue that contributes to the constant development of the city, and it is also one of the projects related to the development of a Smart City. Therefore, this paper describes a system for the efficient management of parking spaces. This system is based on Wireless networks and sensors that detect the entry of vehicles, thus allowing to calculate the occupancy levels of a parking lot. This information is then communicated to drivers to indicate a free parking space.*

*Keywords- parking, intelligent, networks, sensors, wireless.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Control Inteligente de Estacionamiento usando Redes de Sensores Inalámbricos

Abigail González Nuñez, Técnica en Informática, Héctor Hugo Mazzeo, Ingeniero en Electrónica, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Argentina, [abigailgonzalez@alu.frlp.utn.edu.ar](mailto:abigailgonzalez@alu.frlp.utn.edu.ar), [hugo.maz@frlp.utn.edu.ar](mailto:hugo.maz@frlp.utn.edu.ar)

*Resumen– El manejo apropiado de los espacios para estacionar vehículos es un tema muy importante que colabora con el desarrollo constante de la urbe, además de que se encuentra dentro de los proyectos relacionados con el desarrollo de una Smart City. Por eso en este trabajo se describe un sistema para la gestión eficiente de espacios de estacionamiento. Este sistema se basa en redes inalámbricas y sensores que detectan el ingreso de vehículos, permitiendo así calcular los niveles de ocupación de un estacionamiento. Luego, esta información se comunica a los conductores para indicar un lugar libre para estacionar.*

*Palabras Clave– estacionamiento, inteligente, redes, sensores, inalámbricos.*

## I. INTRODUCCIÓN

El sistema propuesto permitirá ahorrar a los conductores tiempo de estacionamiento, a los dueños del lugar a optimizar el uso de los espacios, y además permitirá reducir la huella de carbono por cada vehículo. Disminuye el mal gasto de energía o consumo de combustible y los gases que despiden los automóviles al estar circulando, buscando un lugar donde estacionar. Además, los autos que están circulando, generan bloqueos y posibles accidentes.

Una gran cantidad de vehículos circulando genera mucha contaminación y favorece la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Con el sistema propuesto se pretende ayudar a reducir el tiempo de búsqueda de un lugar para estacionar, proteger al medioambiente y disminuir el consumo de energía.

El primer componente de cualquier aplicación de ciudad inteligente es la conectividad inalámbrica confiable y omnipresente. Si bien no existe una solución única, las tecnologías de red de área amplia de baja potencia (LPWAN) en evolución son idóneas para la mayoría de las aplicaciones de ciudades inteligentes por su rentabilidad y ubicuidad.

Mediante el desarrollo presentado se ha logrado satisfactoriamente el objetivo principal del proyecto, que fue poder determinar si un espacio dentro de un estacionamiento se encuentra libre u ocupado y poder comunicar esta información a quienes ingresen al lugar. Hemos logrado los resultados esperados y se ha podido demostrar que con componentes simples y un poco de ingenio se puede lograr solucionar problemáticas que se nos presentan día a día como lo es el buscar un lugar donde estacionar nuestro auto sin tener que perder tanto tiempo ni favorecer a la contaminación a través de los gases expulsados por nuestro vehículo. Existen diversas maneras de resolver esta problemática, pero en este trabajo desarrollamos 3 de las muchas soluciones existentes.

Actualmente seguimos trabajando en la puesta a punto del sistema, realizando pruebas de campo y desarrollando la app móvil para adaptarla a las necesidades de los usuarios.

## II. ESTACIONAMIENTO INTELIGENTE

### A. Conceptos principales

El estacionamiento inteligente es un término que se utiliza cada vez más para referirse a las numerosas innovaciones diseñadas para ofrecer experiencias de estacionamiento más consistentes, centradas en el usuario y económicas para los conductores.

Aproximadamente el 40% de los conductores pasan entre 10 y 30 minutos buscando un lugar para estacionar. También se observó que cuando no hay espacio disponible, alrededor del 34% de los conductores muestran un comportamiento negativo, como estacionarse en lugares no autorizados o la cancelación de la actividad planificada [1].

Para que tanto la gestión como la experiencia de estacionamiento de los conductores sea libre de estrés e inteligente, la tecnología utilizada para el estacionamiento tanto en la calle como fuera de ella debe ser sensible a los factores de espacio, uso y tiempo, y esta información debe comunicarse fácilmente a los usuarios finales. La tecnología involucrada en este proceso incluye datos digitales.

### B. Redes de Sensores Inalámbricos

Las redes de sensores inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Network), se basan en dispositivos de bajo coste y consumo (nodos) que son capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación. Los nodos actúan como elementos de la infraestructura de comunicaciones al reenviar los mensajes transmitidos por nodos más lejanos hacia al centro de coordinación. La red de sensores inalámbricos está formada por numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores para controlar diversas condiciones en distintos puntos [2].

Los dispositivos son unidades autónomas que constan de un microcontrolador, una fuente de energía (casi siempre una batería), un radiotransceptor y un elemento sensor.

Se utilizará una WSN instalada en el espacio de estacionamiento para capturar información (lugares libres y/o ocupados) a través de los sensores (nodos). Dicha información será enviada luego a un nodo central para su posterior procesamiento y comunicación a los usuarios [3].

El uso de sensores de estacionamiento brinda a los operadores de estacionamiento una comprensión detallada de la ocupación y el comportamiento del consumidor en áreas grandes. Esto puede ayudar a lograr tasas de ocupación en la vía pública de hasta 60–80%.

### C. Estado del arte

Existen diversas implementaciones de estacionamientos inteligentes en el mundo y el tema se encuentra en constante investigación y desarrollo [1]. El estudio principal está basado en la mejora de los dispositivos de detección de cocheras libres. Dentro de las áreas de estudio está el interés por la optimización y subida a la nube de los datos de los espacios ocupados y procesamiento de Big Data producido por los mismos y por el tráfico de la ciudad medido con sensores, minimización de cruces de vehículos en el estacionamiento, optimizaciones para reducir las emisiones de gases que generan el efecto invernadero incluyendo mejoras en la disposición de los vehículos eléctricos para optimizar la carga de estos.

### D. Requisitos y funcionalidades

El sistema planteado utilizará sensores ubicados adecuadamente que, cuando detecten que el lugar donde están ubicados está ocupado, enviarán una señal a un sensor receptor. Una App Móvil recogerá los datos del sensor receptor y los mostrará por pantalla en el smartphone de cada usuario. Cada vez que un automovilista ingresa al estacionamiento, podrá visualizar esta información en su celular y así podrá saber qué espacios se encuentran ocupados y cuales están disponibles.

Cada cochera o espacio de estacionamiento contará con una serie de sensores adecuadamente ubicados para la detección de vehículos estacionados. Los dispositivos transmitirán dicha información a través del protocolo LR-WPAN (IEEE 802.15.4) [IEEE Standards Association, 2011] hacia un concentrador o gateway ya sea cuando un vehículo entra al lugar de estacionamiento o cuando sale del mismo [4].

### E. Solución planteada

El sistema planteado tendrá un sensor a la entrada del estacionamiento y otro a la salida, que nos permitirán conocer la cantidad de autos dentro del estacionamiento, de esta manera podremos conocer cuántos espacios disponibles hay. El conductor al ingresar podrá ver en una pantalla un número que le indicará la cantidad de lugares disponibles. Además, contará con sensores ubicados en cada lugar de estacionamiento, que permitirán conocer qué lugares están ocupados y cuáles se encuentran libres.

Para simular el escenario de pruebas utilizamos CupCarbon 5.0 que nos permite replicar el funcionamiento de diferentes tipos de nodos sensores (fijo, móvil, etc.), dos protocolos (LoRa e IEEE 802.15.4 Zigbee) en el entorno de una ciudad o de una ubicación geográfica específica [5].

En la simulación se observa que los sensores envían información cuando un automóvil (sensor móvil en Cup

Carbon) se ubica dentro del radio de uno de ellos, cambiando de color a amarillo y enviando una señal a uno de los sensores de entrada o salida del estacionamiento (Figs. 1 y 2).

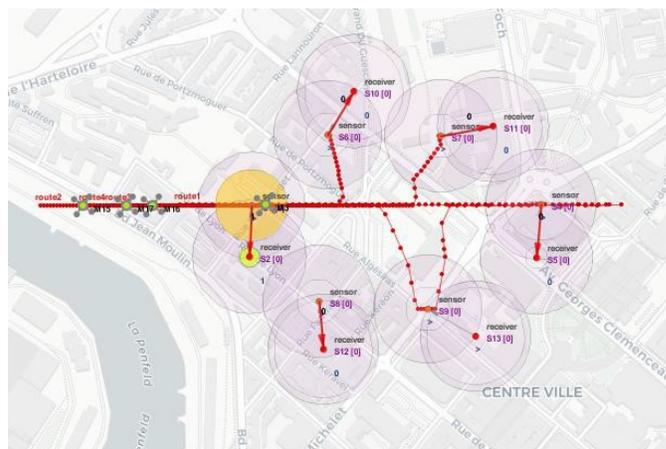


Fig. 1. Un automóvil pasa por el sensor de entrada al estacionamiento

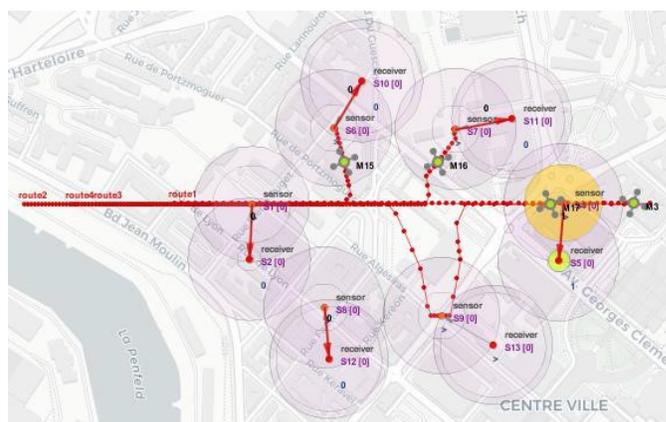


Fig. 2. Un automóvil pasa por el sensor de salida del estacionamiento

## III. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Se implementaron diferentes alternativas para resolver la misma problemática. El desarrollo del prototipo final se realizará en el Centro de Codiseño Aplicado (CODAPLI).

### A. Primera solución

Con esta primera solución lo que buscamos es que cuando el sensor detecte un objeto (vehículo) a una corta distancia, apague un led que simula que el espacio está ocupado y, cuando el vehículo se retire del lugar, el led se encienda mostrando que ese espacio se encuentra libre. En nuestro caso, la distancia que utilizamos como límite para que se encienda el led es de 80cm.

Conectamos a la computadora una placa Arduino Uno con un sensor ultrasónico en una de sus entradas simulando un medidor de distancia a un objeto. Con este primer intento pudimos medir de manera correcta desde el sensor a un objeto y encender una luz cuando el objeto (vehículo) se encuentra a

una cierta distancia (esto simularía que el automóvil dejó un lugar libre en el estacionamiento).

Luego a esta solución se le agregó un segundo sensor ultrasónico para simular otro espacio de estacionamiento, ambos sensores miden bien la distancia y el primer prototipo funciona correctamente.

Para el armado del prototipo se utilizaron los siguientes componentes [6]:

- Placa Arduino UNO (Fig. 3).

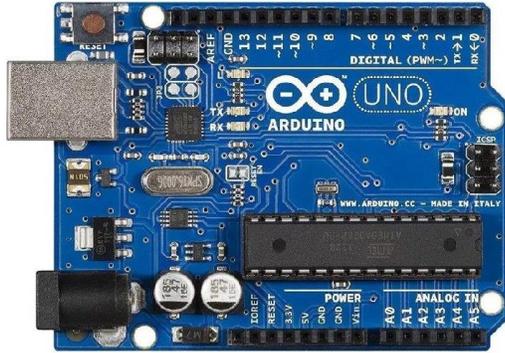


Fig. 3. Placa Arduino UNO

- Módulo ESP8266-MOD (Fig. 4).

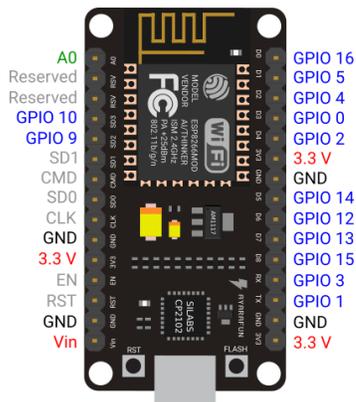


Fig. 4. Módulo ESP8266-MOD

- Sensor ultrasónico HC-SR04: (Fig. 5)

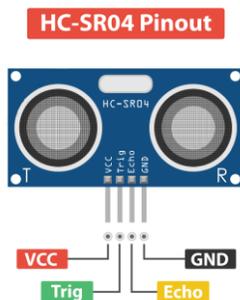


Fig. 5. Sensor ultrasónico HC-SR04

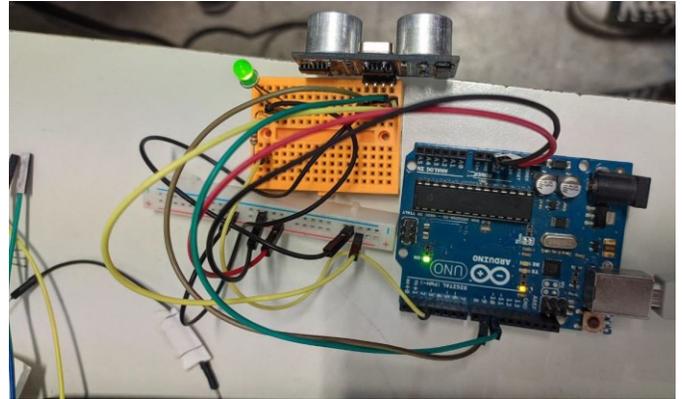


Fig. 6. Conexiones entre Arduino UNO y sensor HC-SR04

### B. Segunda solución

Esta segunda solución tiene como objetivo demostrar que se puede resolver el problema utilizando distintos componentes, en este caso se reemplazó el microcontrolador Arduino UNO por un ESP 8266MOD (Fig. 7). Nuestro sensor HC-SR04 se encargará de realizar las mediciones y la placa ESP8266MOD, al ser inalámbrica, recibe los datos a través de una red wifi para luego ser procesados.

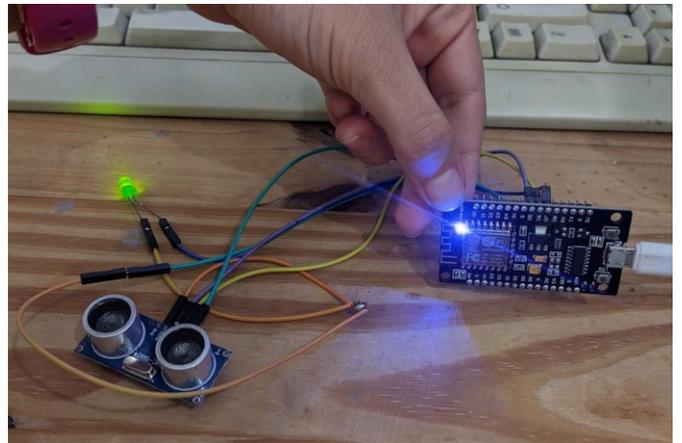


Fig. 7. Conexiones entre ESP 8266MOD y sensores HC-SR04

El prototipo funciona adecuadamente y mide la distancia de manera correcta, por lo que podemos detectar cuando un espacio se encuentra ocupado o libre. Por el momento estamos trabajando con un único sensor ultrasónico HC-SR04.

La primera solución nos muestra los resultados de la medición en el monitor serie del IDE de Arduino, al igual que esta segunda solución [7].

### C. Tercera solución

La tercera solución propuesta utiliza los mismos componentes que la segunda. Lo que la diferencia es que, en primer lugar, estamos utilizando una placa inalámbrica, por lo tanto, debemos conectarnos a una red wifi para recibir los datos, en este caso, nos conectaremos a la red de la facultad, y,

en segundo lugar, que los resultados de la medición realizada por el sensor HC-SR04, los mostramos a través de una página web utilizando HTML (Fig. 8). La página refrescará su contenido cada cierto intervalo de tiempo para que podamos visualizar la medición de la distancia en tiempo real. Para probar el sistema se llevaron a cabo varios experimentos. El experimento se lleva a cabo colocando un objeto a una determinada distancia del sensor ultrasónico. Los datos serán procesados y podremos visualizarlos en la pantalla de nuestra computadora, de acuerdo con la distancia a la que el objeto se encuentre del sensor, un led se encenderá o se apagará. Cuando un objeto se encuentra a una distancia mayor a 80cm con respecto al sensor, el led se encenderá indicando que el lugar está libre, caso contrario, el led permanecerá apagado indicando que el lugar se encuentra ocupado.

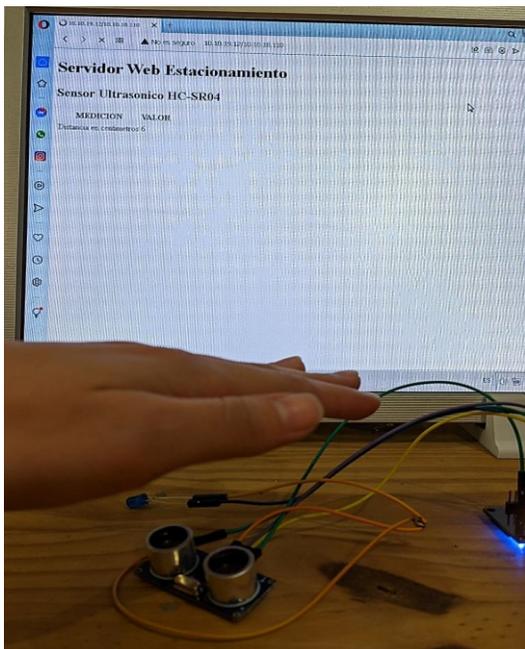


Fig. 8. Pantalla de acceso al servidor Web

En esta solución hacemos uso de un servidor remoto (dispositivo virtual que le brinda espacio y estructura a los sitios web para que almacenen sus datos y manejen sus páginas) para controlar el ESP8266MOD, y poder procesar los datos necesarios para posteriormente mostrarlos por pantalla [8]. En la Fig. 9 se puede observar un extracto del código para la conexión al servidor Web. Para esta solución utilizamos la librería NewPing.

```
#include <NewPing.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <SoftwareSerial.h>
const int trigPin = 12;
const int echoPin = 14;
const int led = 13 ;
const char* ssid = "WifiUTN";
const char* password = "";
//define sound velocity in cm/uS
#define SOUND_SPEED 0.034 long duracion;
int distanciaCm;
WiFiServer server(80);
void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
  pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input
  pinMode(led, OUTPUT);
  Serial.begin(9600); // Starts the serial communication
  delay(10);
  //Configuración del GPIO2 pinMode (2,OUTPUT);
  digitalWrite (2,LOW);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Conectandose a red : ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password); //Conexión a la red
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi conectado");
  server.begin(); //Iniciamos el servidor
  Serial.println("Servidor Iniciado");
  Serial.println("Ingrese desde un navegador web usando la siguiente IP:");
  Serial.println(WiFi.localIP()); //Obtenemos la IP
```

Fig. 9. Extracto del código utilizado para la conexión al servidor Web

#### D. Aplicación móvil MOCKUPS

En esta última parte mostraremos algunas pantallas de lo que será la futura App móvil que podrán utilizar los usuarios a la hora de ingresar a un estacionamiento privado.

La App nos permitirá registrar a los usuarios en el sistema para que puedan hacer uso de ella, además como sugerencia proponemos que en el futuro no sólo se pueda saber cuáles lugares están ocupados y cuáles no, sino que también se pueda controlar el tiempo que el vehículo se encuentra en el estacionamiento y poder cobrarle el monto correspondiente.

A continuación, podemos ver algunas de las pantallas (Fig. 10).



Fig. 10. Pantalla de Inicio y vistas de estacionamientos libres y ocupados

El usuario al descargar la App en su teléfono móvil e ingresar podrá ver esta pantalla donde tiene la opción de ingresar al sistema o registrarse por primera vez.

La App mostrará los lugares libres y ocupados dentro de la cochera seleccionada.

#### IV. CONCLUSIÓN

El trabajo presentado, fue la implementación de un sensor ultrasónico con el objetivo de medir distancias mediante el uso de un microcontrolador para determinar si un lugar dentro de un estacionamiento se encuentra libre u ocupado, transmitiendo esa información en forma inalámbrica a un servidor web. El sistema fue diseñado pensando en la selección de componentes de bajo costo y de fácil adquisición en Argentina [5] [6]. Todo esto, con la finalidad de que el sistema de medición, con ayuda de un sensor ultrasónico, pueda ser replicado de manera sencilla.

Como trabajo futuro, la idea es extenderlo para implementar la red de sensores inalámbricos de forma tal de poder extender el sistema a un área relativamente amplia y que sea utilizable para disminuir los tiempos de búsqueda de lugares de estacionamiento como fue comentado al principio de este artículo.

#### REFERENCIAS

- [1] “Estacionamiento Inteligente Transformando la experiencia del aparcamiento” <https://www.revistaequipar.com/noticia/estacionamiento-inteligente>
- [2] “Sistema de comunicación para la implementación de redes inalámbricas de sensores”, WICC 2018, pág. 982. Archivo digital: descarga y online ISBN 978-987-3619-27-4
- [3] “Sincronización de semáforos vehiculares mediante protocolo LoRaWAN”, IEEE Bienal Congress of Argentina 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9505500>
- [4] Blog: “Medium” (<https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-cap%C3%ADtulo-1-qu%C3%A9-es-lora-y-lorawan-8c08d44208e8>)
- [5] Semtech -Proveedor líder de semiconductores analógicos y de señales mixtas de alto rendimiento y algoritmos avanzados-. (<https://www.semtech.com/lora/ecosystem/lora-alliance>)
- [6] Digi-Key -Distribuidor de componentes electrónicos (<https://www.digikey.es/es/articles/techzone/2017/jun/develop-lora-for-low-rate-long-range-iot-applications>)
- [7] Aprendiendo Arduino (<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/sigfox/>)
- [8] Blog: “Alltime IOT”-Redes de Conectividad inalámbrica IoT- (<http://iot.alltimetech.com.co>)