



Campus Ciudad de México  
Escuela de Ingeniería y Ciencias  
Departamento de Mecatrónica



# Car to Car (C2C)

Alumnos

Ángel Ortiz Jiménez A01338658 ITS  
César Alejandro Hidalgo Noriega A00512928 ITS  
Alec Gracia Barba A01022495 ITS  
Aldo Antonio Chávez Gallardo A01339989 ITS



Asesores

Dr. Martín Rogelio Bustamante Bello, Ing. Javier Izquierdo Reyes, Ing. Luis Alberto Curiel

15 de noviembre de 2018

## Objetivo general

Poner a prueba dos protocolos de comunicación diferentes (Zigbee y 802.11p), en un escenario real y simulado, para determinar la viabilidad y eficiencia de cada uno en la comunicación Vehicle to Vehicle (V2V) y Vehicle to Infrastructure (V2X).

## Objetivos específicos

1. Implementar transmisión y recepción de paquetes en ambos protocolos.
2. Lograr la comunicación V2V y/o V2X de forma física y por simulación.
3. Analizar el funcionamiento de ambos protocolos en entornos similares.
4. Definir un escenario físico y de simulación para realizar pruebas de comunicación.

## Desarrollo

El protocolo Zigbee se probó en escenarios reales, mientras que el protocolo 802.11p se probó de forma simulada utilizando el software *Omnet*. Para probar ambos, se propuso una ruta específica para analizar el comportamiento de las señales y funcionalidad de cada protocolo para la aplicación V2V y V2X.

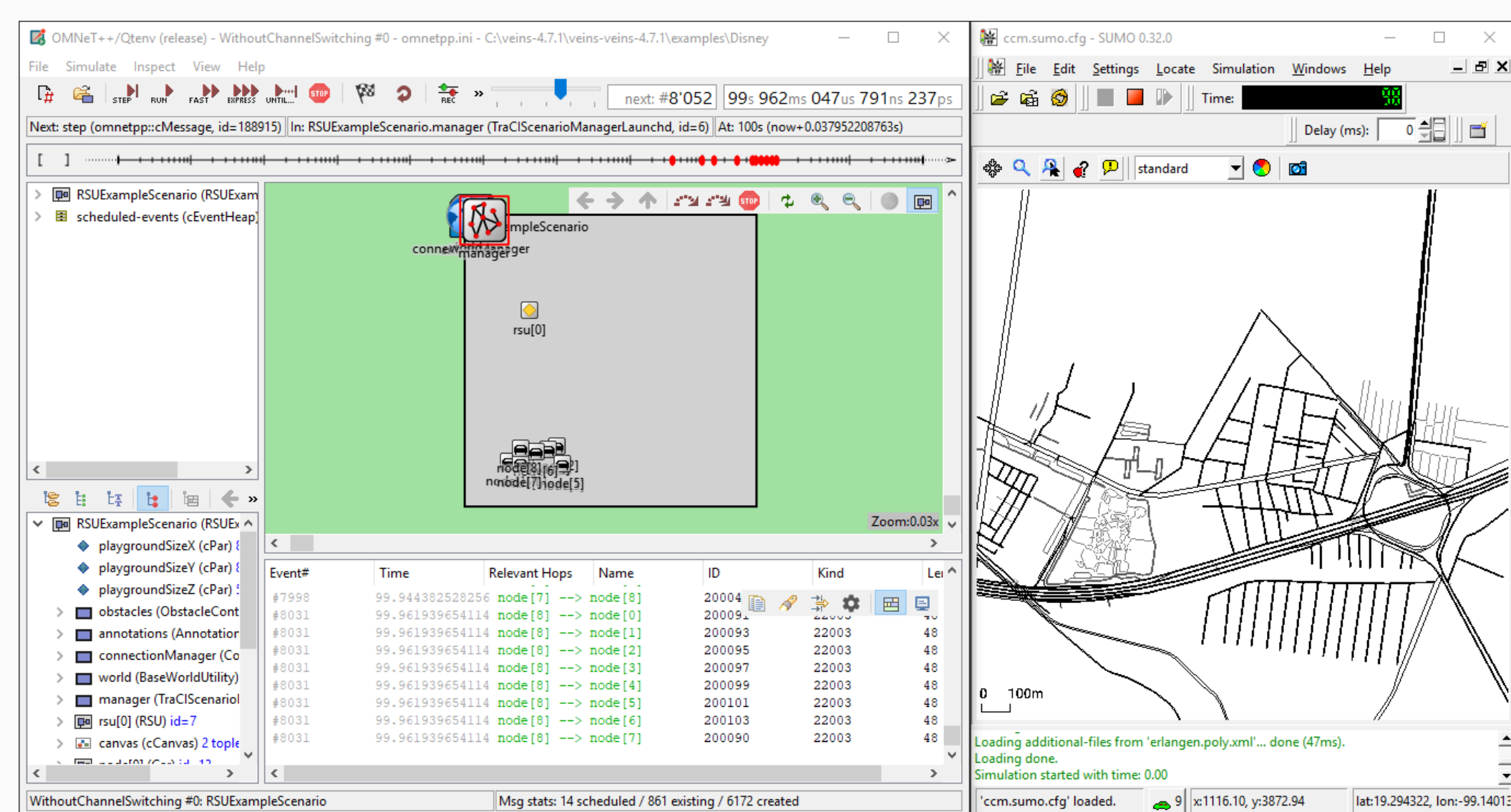
### Hardware (escenario real)

Para las pruebas reales se utilizaron tres dispositivos *Xbee 900 S3B*, dos vehículos, dos computadoras y dos celulares con GPS. Se instaló un Xbee 900 S3B en la parte trasera del toldo de cada vehículo, conectado por cable a la computadora para poder registrar los datos. Además, el Xbee restante se colocó de manera estratégica en la parte más alta del edificio CEDETEC en un lugar donde tuviera la mayor línea de vista hacia la avenida Anillo Periférico. Una vez instalados los dispositivos se hicieron 9 pruebas por la ruta mostrada a continuación. Esta prueba se hizo para probar la comunicación V2V y V2X.



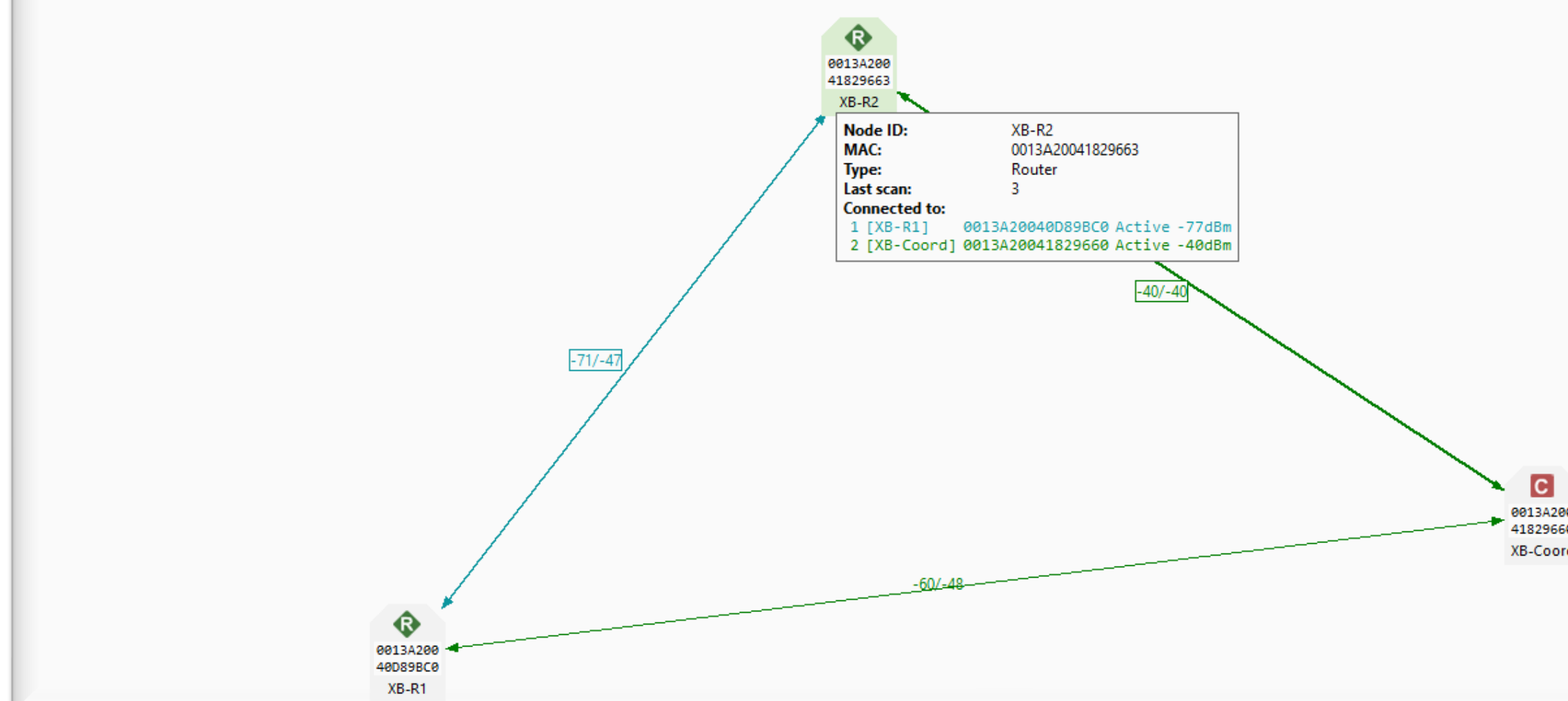
### Software (escenario simulado)

En la simulación del protocolo 802.11p se establecieron parámetros similares a los de la prueba con hardware para poder tener la menor distorsión posible, y de igual manera se realizaron 10 pruebas simuladas por la misma ruta, mostrada a continuación.



## Red utilizada

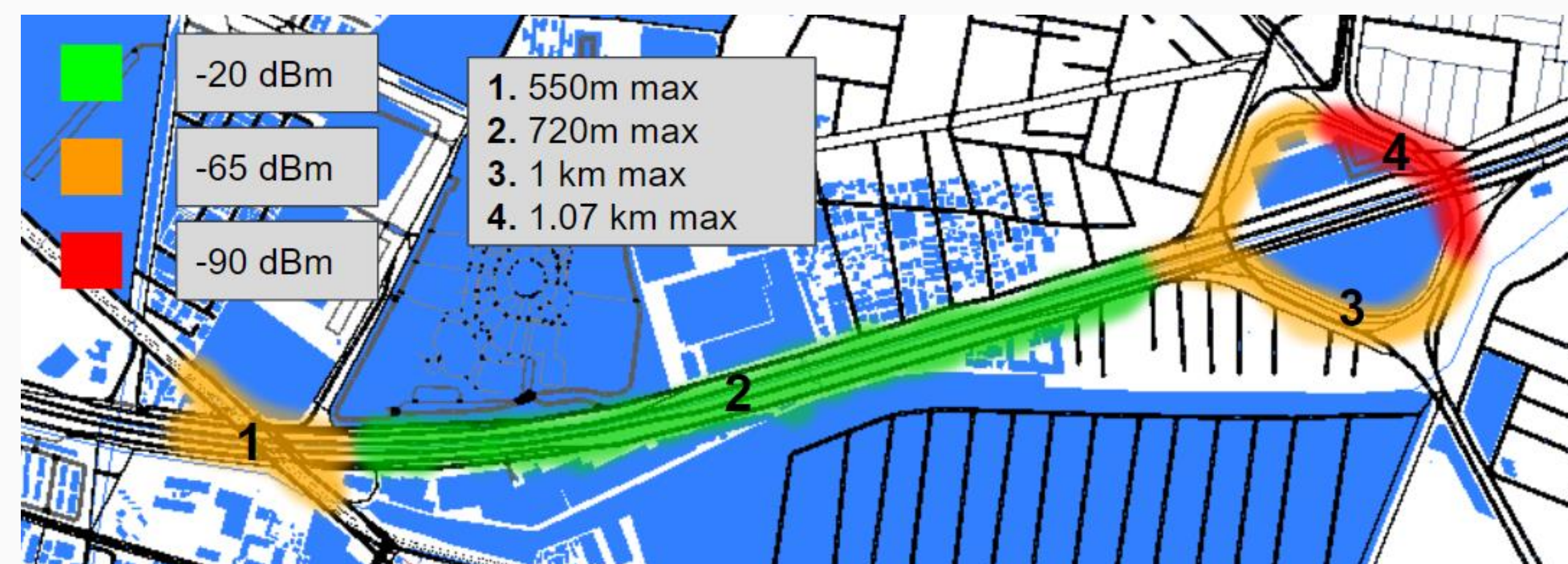
A continuación se muestra el diagrama de conexión de red que se utilizó en hardware para poder realizar las pruebas mencionadas anteriormente. Los dispositivos se conectaron en topología *mesh*, lo que permite que todos los dispositivos utilizados se comuniquen entre sí.



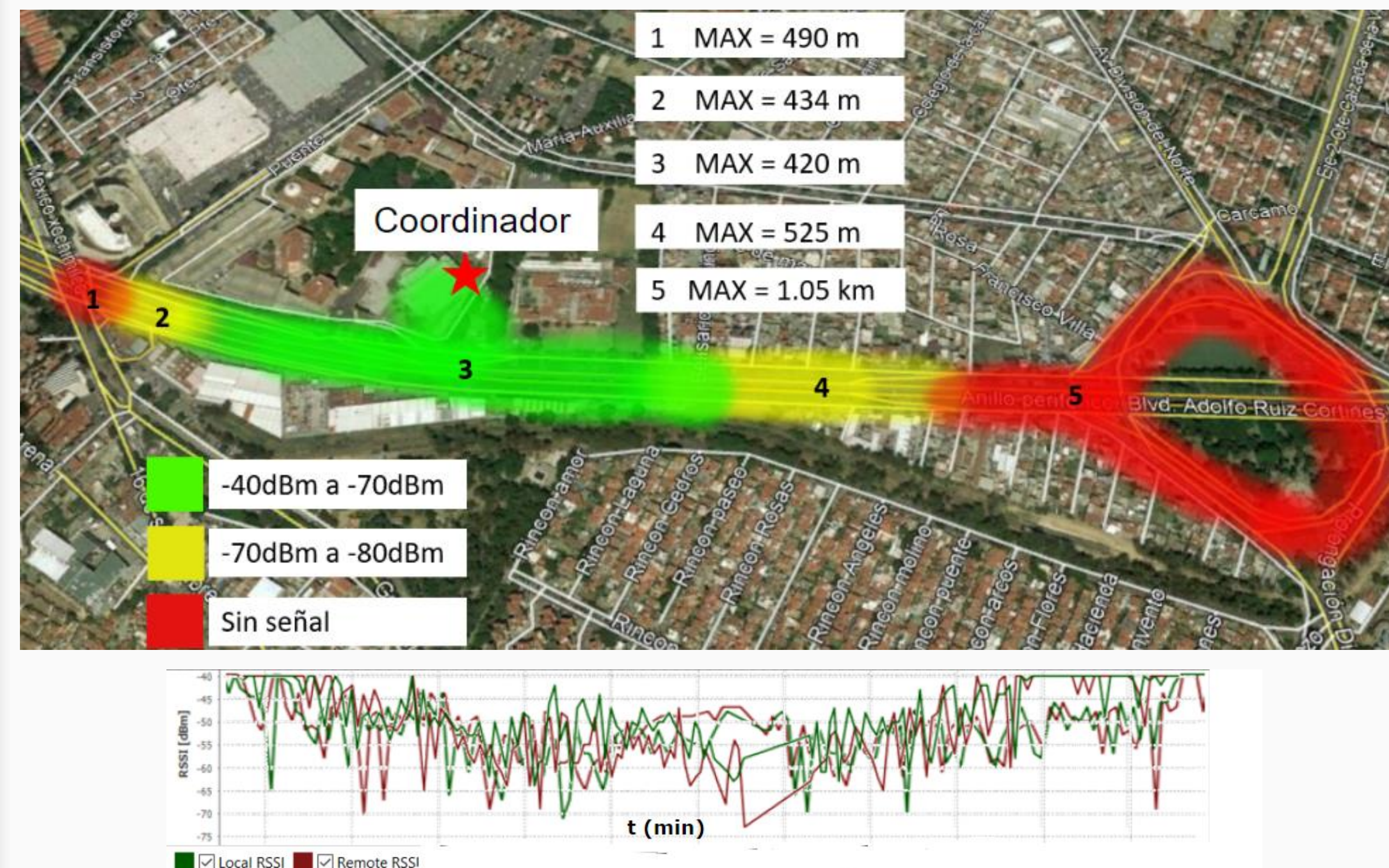
## Resultados

En ambos casos se logró la comunicación exitosa, pudiendo transmitir y recibir paquetes de manera satisfactoria. A continuación se muestran los resultados de ambos protocolos en forma de mapa de calor, en el cual se puede apreciar mejor los rangos de distancia adecuados y no adecuados para una buena calidad en la transmisión y recepción de paquetes.

### Pruebas simuladas

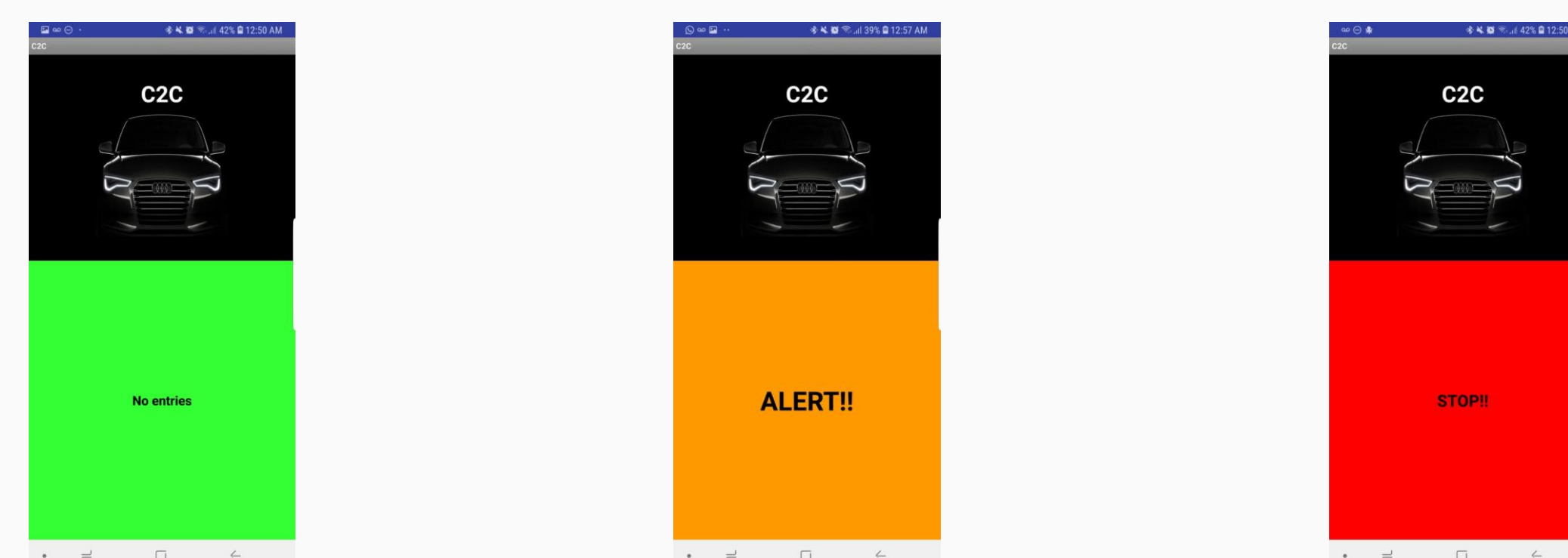


### Pruebas en hardware



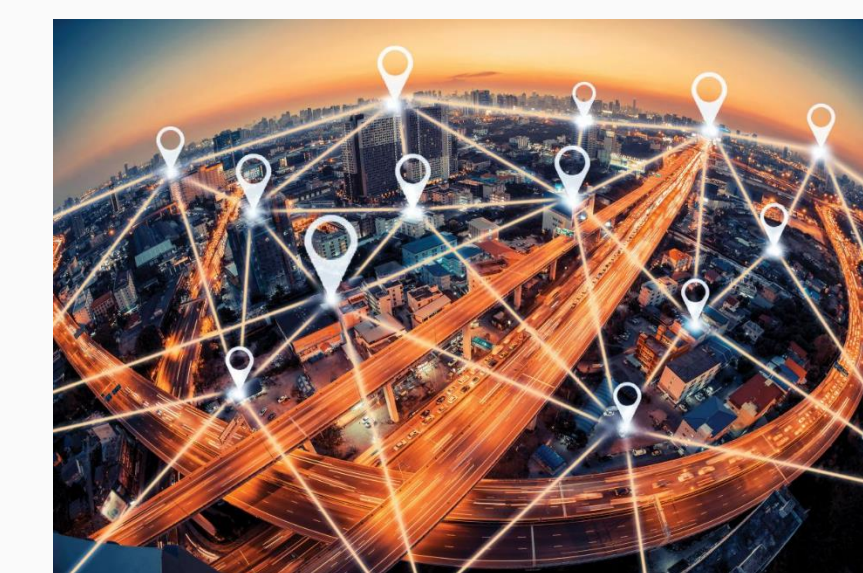
## Trabajo futuro

Mejora en el desarrollo de la aplicación móvil para recibir alertas a partir de los mensajes enviados por los dispositivos que emplean el protocolo 802.11p o Zigbee



## Dilema ético

Violación de la privacidad por acceso a la ubicación de los usuarios durante todo el tiempo que el vehículo esté encendido. Es por ello que ya se han realizado diversos métodos de protección para asegurar al máximo la comunicación para las aplicaciones V2V y V2X



## Conclusiones

- Se logró implementar la conexión V2V y V2X utilizando los protocolos ZigBee y 802.11p en sus respectivos entornos (Simulado y Físico)
- Se logró definir un espacio para diferentes tipos de pruebas
- Se determinó el rango real de los dispositivos ZigBee
- Se analizó el comportamiento de cada protocolo (Tx y Rx de paquetes)
- 802.11p está diseñado para la comunicación V2V y V2X
- Zigbee está enfocado a aplicaciones de alto alcance pero de forma fija.
- Zigbee es un protocolo de múltiples aplicaciones, mientras que 802.11p es de propósito específico