



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

# Car to Car (C2C)

Alumnos

Alec García Barba A01022495 ITS  
Aldo Antonio Chávez Gallardo A01339989 ITS  
Erick Velázquez Lara A01650273 ITS

Asesores

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

2 de abril de 2019



## Objetivo general

- Implementar un entorno de simulación de comunicación V2V aplicado a un escenario real en la Ciudad de México, integrando herramientas de software de comunicación inalámbrica a través de dos tecnologías diferentes, para poder obtener la mejor alternativa en cuanto a comunicación efectiva.

## Objetivos específicos

- Modelación en SUMO y simulación en 3D en "Webots" de una ruta vehicular desde campus CCM a campus CSF
- Tener un software capaz de simular comunicaciones vehiculares tanto con el protocolo 802.11p como con tecnología celular sobre vehículos en SUMO y Omnet++ y contar con una versión exportable de los simuladores de tráfico y red en una máquina virtual.
- Generar comparativas entre protocolos con respecto a capa 1 y 2 del modelo de OSI sobre el escenario planteado.

## Desarrollo

El proyecto tuvo tres etapas diferentes de desarrollo, y una integración con los proyectos realizados durante el semestre pasado para contar con dos herramientas finales, una de visualización, y otra de comunicaciones y tráfico.

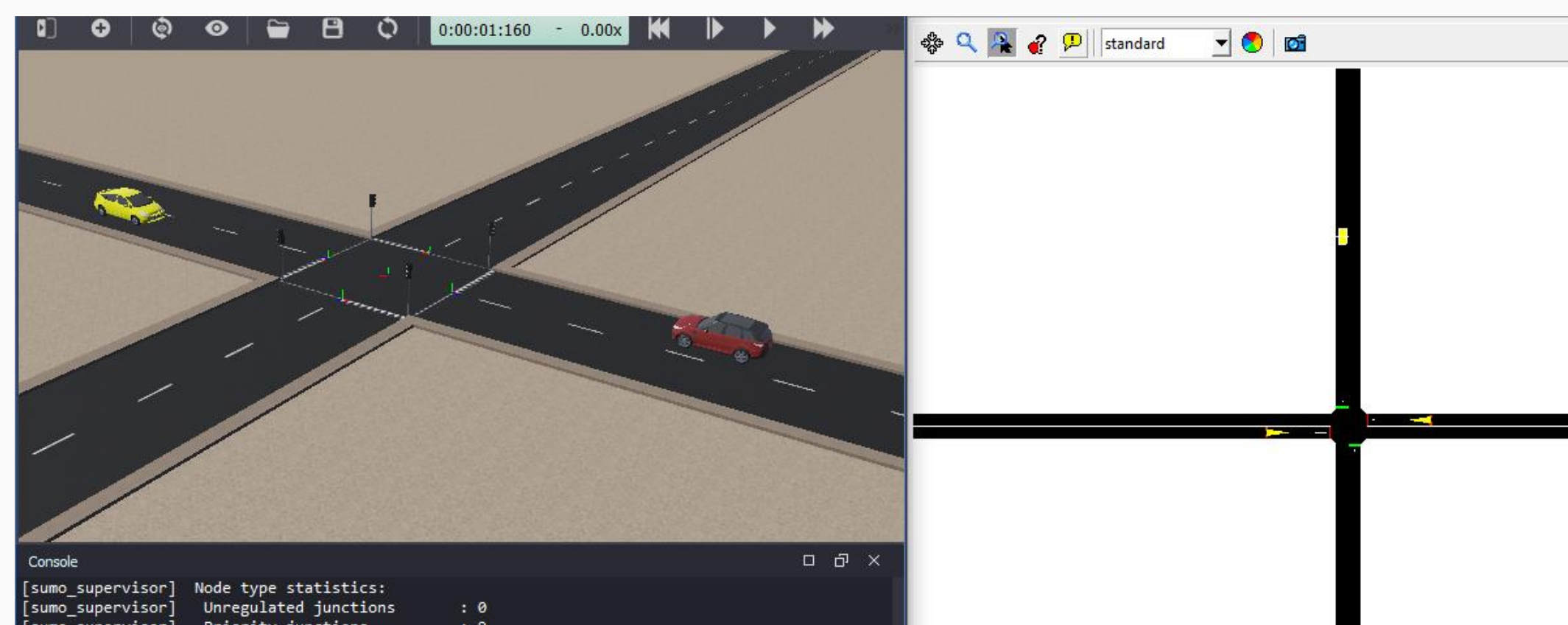
### Tráfico

Aprovechando dos herramientas *open-source*, SUMO y OpenStreetMaps, se construyó a partir de información recabada por usuarios de internet un mapa que abarca gran parte de la ciudad de México, desde el Campus Santa Fe, hasta Campus Ciudad de México. En un recorrido de 24.1 kilómetros, se construyeron edificios, cuerpos de agua, y una herramienta capaz de generar vehículos virtuales que transiten sobre cualquier de los puntos posibles en nuestro mapa.



### Simulación 3D

Utilizando otra herramienta *Open-source* llamada *Webots* se construyó un escenario en 3D para poder visualizar los recorridos de los vehículos mientras se comunican de manera inalámbrica con cualquiera de los dos protocolos utilizados.



### Red de Comunicaciones Vehiculares

Integrando la primer parte de desarrollo, se generó una computadora virtual a través de X herramientas gratuitas para poder simular comunicaciones inalámbricas a través de 2 protocolos distintos: 802.11p y un híbrido entre las características de 4G LTE y una red 5G. Las herramientas utilizadas fueron:



- Ubuntu
- SUMO
- Omnet++
- Veins Framework
- Inet Framework
- SimuLTE Framework
- Libfox



**SUMO**  
SIMULATION OF URBAN MOBILITY

## Resultados

El desarrollo fue exitoso en las tres etapas del proyecto. Se generó un mapa con la ruta CCM-CSF en SUMO, se generó un mapa virtual 3D de todo el campus ciudad de México donde es posible apreciar un recorrido vehicular completo, y se generó una herramienta que comparó a ambos protocolos de comunicación en un ambiente controlado.

### Simulación 3D

Entorno de simulación completo. Se logró generar una vista 3D del Campus Ciudad de México, donde es posible visualizar todo el trayecto, a través de una ruta dada.

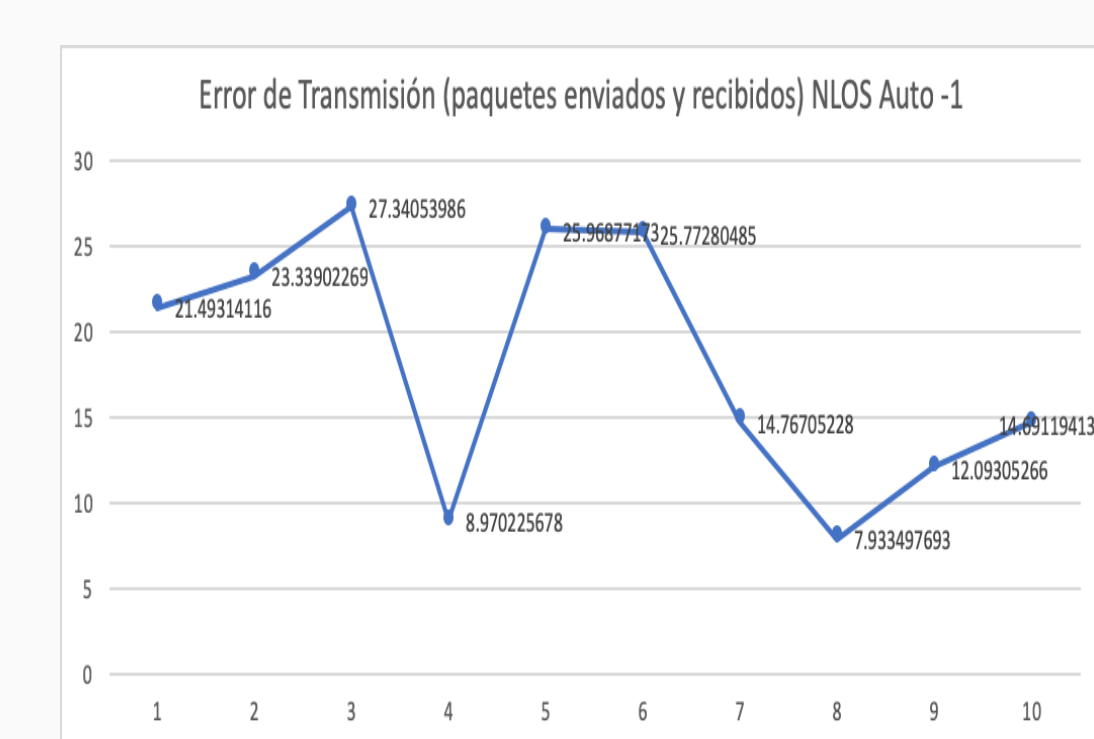
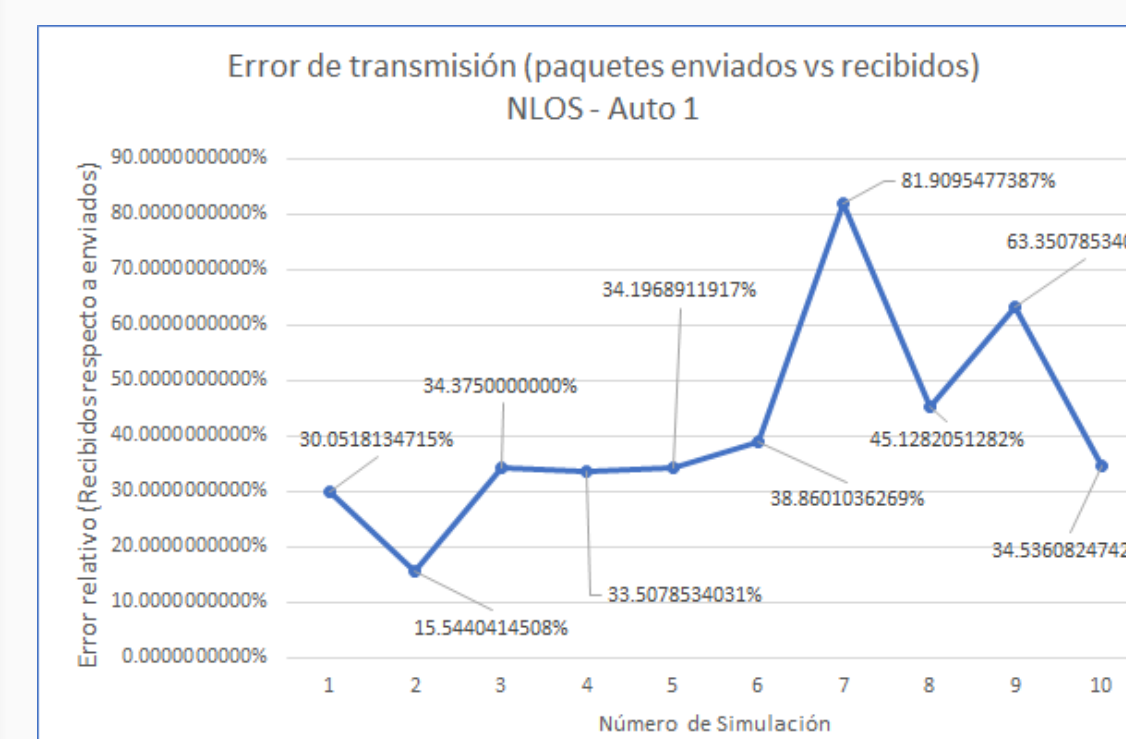
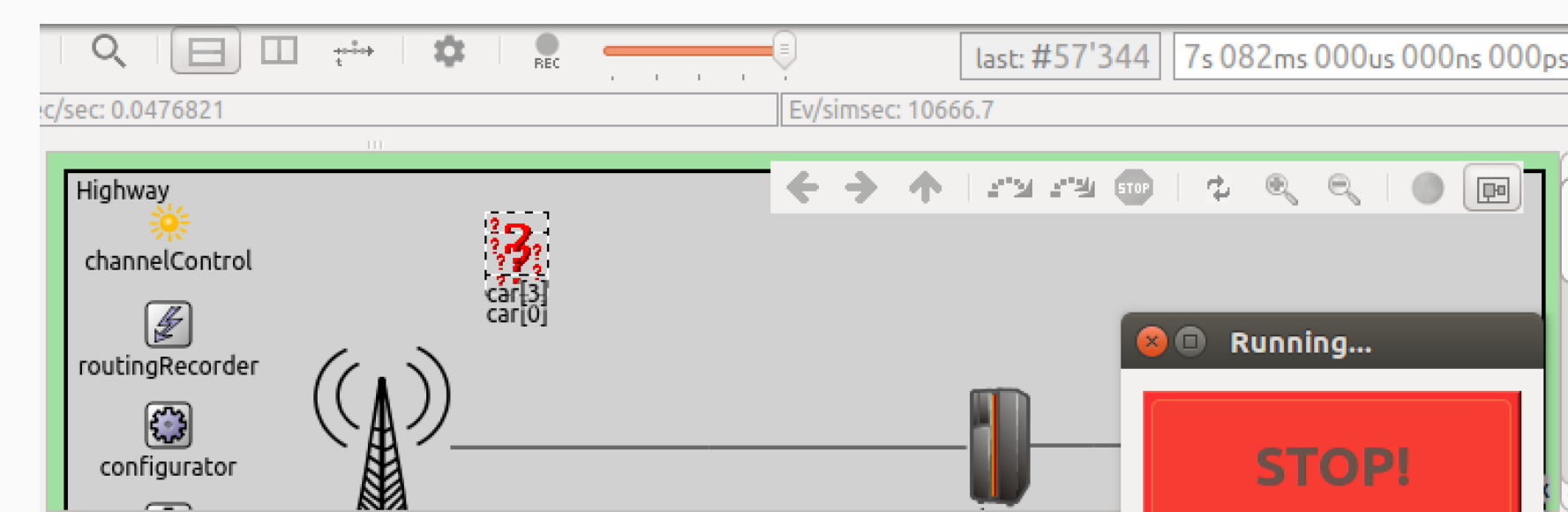


### Simulación redes Vehiculares

Se logró realizar la herramienta, en un solo workspace se cuenta con la opción de simulación en red celular o en red vehicular.

Se compararon los protocolos 802.11p con celular, en un escenario más pequeño, tomando en cuenta presencia de edificios y efectos de shadowing.

Se midió la comunicación durante el trayecto CCM-CSF con un total de 50 eNodeBs interactuando con un vehículo.

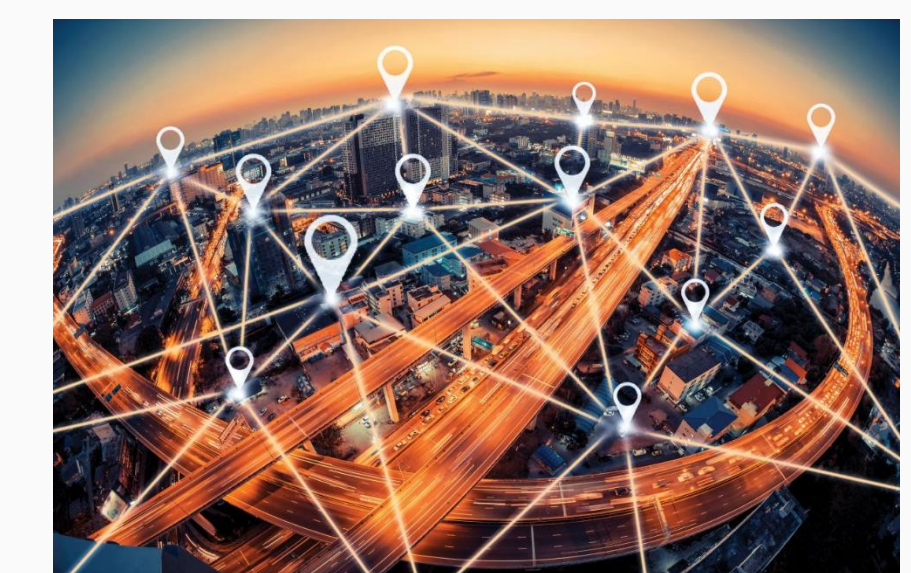


## Trabajo futuro

- Mejorar el diseño del protocolo LTE híbrido para migrar por completo al protocolo 5G.
- Unificar software para que todo sea hecho en una sola máquina virtual exportable a cualquier computadora.
- Realizar escenarios de simulación con mayor complejidad, involucrando más factores ambientales, a un nivel de capa mayor, etc..

## 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 crear un mapa con la ruta entre los dos Campus
- Se generó un escenario 3D para visualizar correctamente las trayectorias de los vehículos
- Se creó un herramienta virtual para comparar los dos protocolos de comunicaciones vehiculares