

GRUPO 4  
EM-TST

# SEMAFORIZACION INTELIGENTE

-----

## Integrantes:

- Daniella Mazzini
- Ivan Exequiel Gomez
- Alfredo Palacios
- Matias Lujan
- Máximo Santillan
- Miguel Angel Segnana



ISPC Córdoba

Proyecto  
IMPOSIBLE

## INDICE

- Introducción.
- Sistema Inteligente de Semaforización(SIS):
  - Tipos de sistemas (tecnologías).
  - Sistemas comerciales.
  - Diagrama en bloques.
  - Herramientas de Simulación.
- Prototipo (MVP):
  - Fundamentación del proyecto.
  - Circuito propuesto.
  - Protoboard.
  - Maquetación.
  - Mejoras al prototipo.
- Aplicaciones.
- Conclusión.



## Introducción:

El funcionamiento de los semáforos tradicionales no es muy eficiente. Detienen el tráfico independientemente de cuál sea la situación y carga del mismo. Aunque circulen 30 vehículos de una dirección y ninguno de la otra, los 30 vehículos tendrán que parar a esperar a que se ponga en verde.

Esto, en cambio, podría modificarse mediante la Inteligencia artificial que se pueda dotar a los sistemas de semaforización. No es algo lejano, ya se están implementando en algunas ciudades del mundo.

Se trata de los semáforos inteligentes, provistos de sensores (cámaras, sensores ultrasónicos, etc.) y de algoritmos capaz de detectar la afluencia tanto de vehículos como de peatones. Si detecta, por ejemplo, que un grupo de peatones quiere cruzar por un paso peatonal, pondrá en rojo el semáforo de los coches y en verde el de los peatones. Los semáforos estarán en rojo el tiempo estrictamente necesario y los tiempos de espera se reducirán considerablemente.

Literalmente los estados de verde/rojo cambiarán en función de la demanda medida en ese momento, tanto de peatones como de vehículos, para que el tráfico de ambas partes sea constantemente fluido.





El algoritmo empleado para dotar de “inteligencia” a los semáforos pueden ir de lo mas sencillo a complejo, en este ultimo caso utilizando teoría de lógica difusa.



El empleo de sensores ultrasónicos, cámaras, infrarrojos, radares, laser, etc. son métodos **NO Intrusivos** mediante el cual el sistema se vuelve “inteligente” y permite que el flujo del trafico sea fluido.



## **Tipos de sistemas:**

### **Semáforo Inteligente con RFID**

La idea principal es tener un control inteligente del tráfico, haciendo variar los tiempos de espera en los puntos de intersección de acuerdo a la congestión vehicular. El sistema consta de 4 partes principales: La tarjeta RFID, punto de acceso, ubicación de servidor de redes, WAN, como así también cuenta con una base centralizada que almacena los datos y a partir de ellos escoge una alternativa

Un problema con este tipo de tecnología es que cada vehículo debe contar con su propia etiqueta RFID.

### **Semáforo Inteligente usando Redes de Sensores Inalámbricos**

En primer lugar se cuenta con un sistema semaforico inteligente, capaz de controlar el tráfico y manipular en forma dinámica los tiempos de espera. Maneja, básicamente la misma idea que los semáforos que utilizan RFID. Este sistema cuenta con 2 partes principales:

- La red de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Network o WSN)
- La estación base (Base Station o BS), que se encarga de ejecutar los algoritmos de control.



La red de sensores inalámbricos, consiste en un grupo de sensores diseñados para proporcionar la infraestructura de comunicación de tráfico y facilitar el flujo del tránsito. Cada sensor se encarga de generar los datos de tráfico como el número de vehículos, los procesos de salida, velocidad de cada vehículo, su longitud. Los datos recopilados se envían en tiempo real a la base. Se utiliza TDMA para la comunicación, aprovechando en forma eficiente la energía, ya que permite a los nodos de la red entrar en estados inactivos hasta que sus espacios de tiempo sean asignados

### **Semáforo Inteligente mediante Procesamiento de Imágenes**

Mediante el control del tráfico utilizando procesamiento de imágenes, es posible medir la densidad del mismo y de acuerdo a los datos obtenidos modificar los tiempos de los mismos. La idea es básicamente lo siguiente:

- Adquisición de imágenes. Se captura la carretera vacía y la imagen con el tráfico actual. La imagen de carretera vacía se guarda como una imagen de referencia.
- Se convierte ambas imágenes RGB a la escala grises.
- Mejora de la imagen.
- Verificar coincidencia entre la imagen de referencia y la imagen con el tráfico actual. Se utiliza el método de detección de borde morfológica porque requiere menos cálculo computacional y también es capaz de extraer los bordes independientemente de su dirección. Además de los bordes que causados por los vehículos también hay bordes extras, que son causados por factores no deseados como la carretera dañada o marcas blancas en la superficie del camino, la sombra de los árboles y edificios, entre otros.





Después de un procedimiento de detección de bordes de ambas imágenes, los semáforos se pueden controlar basándose en el porcentaje de coincidencia de acuerdo al algoritmo establecido.

Este sistema trae problemas en cuanto a su costo muy elevado.

La gran ventaja es que estas cámaras también pueden ser utilizadas para monitoreo de seguridad.

### **Semáforo Inteligente basado en Inteligencia Artificial**

Existen diferentes enfoques en cuanto a este tema, pero fundamentalmente podríamos detallar dos principales algoritmos en los cuales se basan:

- Lógica difusa
- Refuerzo de aprendizaje



## Lógica Difusa:

Para el sistema de semáforo inteligente, la técnica más común es el uso del controlador de lógica difusa. La tecnología de lógica difusa permite la aplicación de las reglas de la vida real similar a la manera en la que los seres humanos podrían pensar. Por ejemplo, los seres humanos podrían pensar de la siguiente manera para controlar la situación del tráfico en un cruce seguro: si el tráfico es más pesado en el norte o el sur de los carriles y el tráfico en el carril este u oeste es menor, entonces el semáforo debería permanecer verde más tiempo en los carriles norte y el sur.

Lo que se desea lograr es:

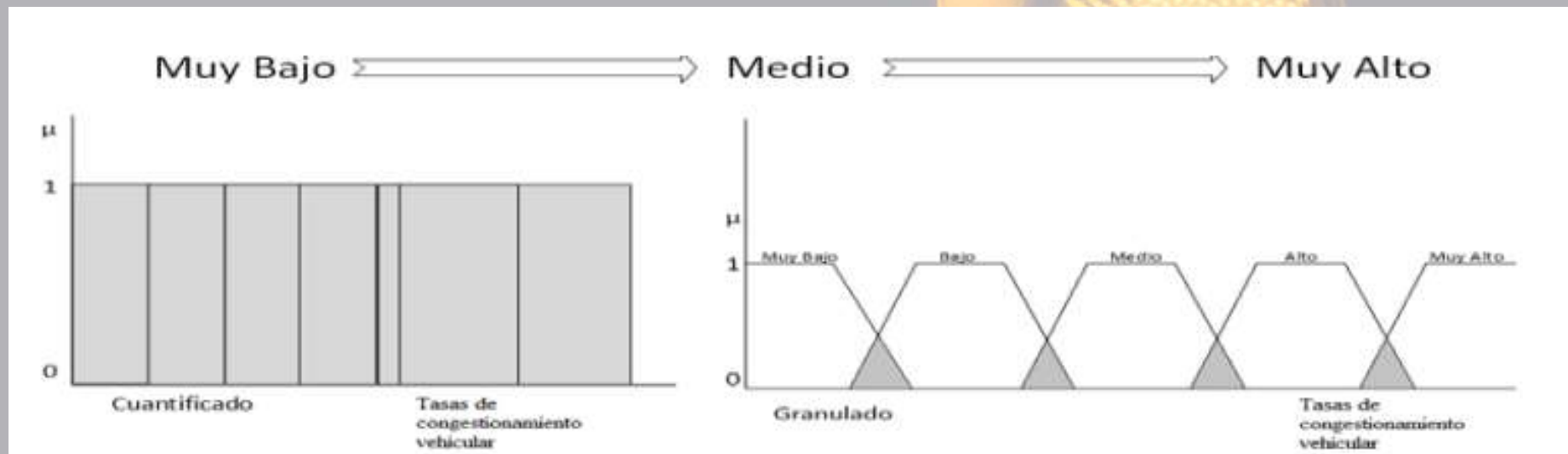
- Determinar la presencia y ausencia de vehículos con imágenes de las rutas.
- Mantener la luz verde por más tiempo en caso de mayor flujo de vehículos.
- Si un carril está vacío, buscar un carril con vehículos y colocar dicho carril en verde.

La idea es contar con dos sensores electromagnéticos, colocados en el pavimento, de tal forma que el primero cuente la cantidad de vehículos que cruzan el semáforo y el otro sensor cuente la cantidad de vehículos que lleguen a la intersección. Esto proporciona al controlador las densidades de tráfico en los carriles y permite una mejor evaluación de cambios en los patrones de tráfico. Como las distribuciones de tráfico fluctúan, el controlador difuso puede cambiar el semáforo en consecuencia





El controlador de lógica difusa está diseñado para una intersección cualquiera. En el semáforo controla dos parámetros: la cantidad de tráfico en el lado de llegada (llegada) y la cantidad de tráfico en el lado de cola (espera). Si el norte y el lado sur es verde, entonces este sería el lado de llegada mientras que el oeste y el lado este se considera como el lado de espera y viceversa. La variable de salida difusa sería la extensión necesaria de la luz verde de acuerdo al flujo en el tráfico de llegada. Así, sobre la base de las condiciones de tráfico actuales, las reglas difusas se pueden formular de modo que la salida del controlador difuso extenderá o no luz verde actual. Si no hay ninguna extensión de la luz verde actual, el estado del semáforo cambiará inmediatamente, permitiendo que el tráfico procedente a la fase alternativa



Graduación y granulación de las tasas de congestionamiento vehicular.



## **Refuerzo de Aprendizaje**

La idea es la siguiente. Suponga que hay un número de coches parados en cierta dirección esperando el cambio de la señal del semáforo. Todos los coches comunican al semáforo su lugar específico en la fila así como su dirección. El semáforo debe ser capaz de tomar la decisión óptima para minimizar el tiempo promedio de espera de cada vehículo.

Los controladores de tráfico inteligente deben solucionar este problema mediante la estimación de cuánto tiempo le tomaría a un vehículo llegar a su destino (siendo que cruza varios semáforos) cuando la luz se puso en verde, y cuanto tiempo le tomaría si la luz se pone en rojo. La diferencia de tiempos de espera de cada estado es la ganancia para el vehículo. Los controladores deben ser capaces de maximizar la ganancia promedio.

La estimación de los tiempos de espera se realiza mediante el refuerzo de aprendizaje que realiza un seguimiento de los tiempos de espera de los automóviles y utiliza de forma inteligente para calcular los promedios a largo plazo en los tiempos de espera utilizando algoritmos de programación dinámica.

Este algoritmo permite que el coche nunca este parado por tanto tiempo.



## Sistemas comerciales:

**LYZUN** [<http://www.lyzunsistemas.com.ar/microsite/transito.php>]:

Es un sistema desarrollado de Software Inteligente que se basa en diversas teorías, entre la que se puede destacar la Teoría de Colas. Este software está conectado a sensores ubicados en el pavimento, y se mide la cantidad de vehículos que pasan por cada carril. En función de la información de este sensor, se calculan demoras de los vehículos en acceder a la intersección, la relación entre la demanda y la capacidad del acceso, longitud media de las colas, la probabilidad de detención. etc. Estos parámetros son tomados por el Software para decidir de forma inteligente que hacer para manejar el tránsito de forma optimizada, para ello puede extender la duración de la "Onda Verde", desviar el tránsito a otras calles para descongestionar la carga y facilitar la circulación vehicular disminuyendo también la contaminación del medio ambiente.

Está diseñado en un nuevo concepto de semaforización denominado Semáforos IP, con lo cual permite programar y controlar la sincronización de semáforos de manera rápida e inteligente mediante el uso de un navegador WEB. Estos semáforos pueden ser conectados a la red de datos WIFI, de Fibra Óptica, o cableada que tenga el municipio en la actualidad para centralizar su manejo desde un centro de comandos. Permitiendo manejar el tránsito adecuadamente ya que se interconectan con cámaras.





**TrafiRadar** [<https://www.flir.com.mx/products/trafiradar/>]:

Es una nueva tecnología creada que decide que tanto tiempo debe permanecer el color ámbar (amarillo), hasta que el coche haya cruzado la intersección, en otras palabras determina si un vehículo necesita más tiempo para pasar una intersección antes de que la luz amarilla se vuelva roja y mantiene al resto del tráfico detenido hasta que el coche haya pasado.

**Scats** [<https://www.digicon.com.br/produtos/software-scats/>]:

Utiliza el abordaje adaptativo de tráfico en tiempo real para controlarlo, midiendo las condiciones de tráfico actual y al instante hace los ajustes necesarios del Ciclo Lenght (ciclo semafórico completo), Splits (duración del tiempo de los verdes) y O Set (para garantizar un sincronismo entre los semáforos, la conocida “onda verde”).

Su respuesta en tiempo real garantiza las condiciones más apropiadas y seguras a las fases de la señal de transito en los cruces.



## Diagrama en Bloques:

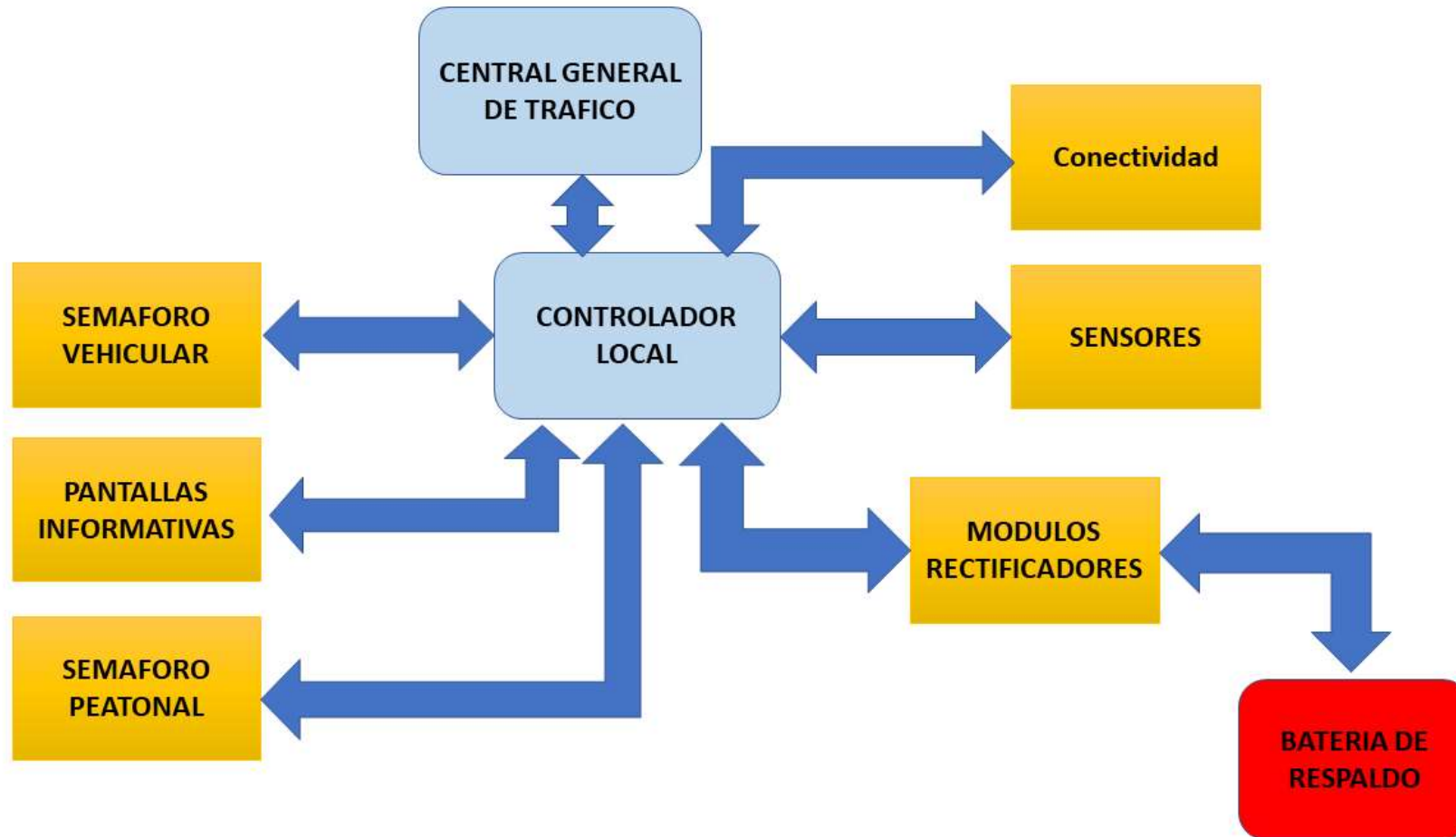


Diagrama en bloques: Semaforo inteligente

Diagrama en bloques.



## Diagrama en Bloques:

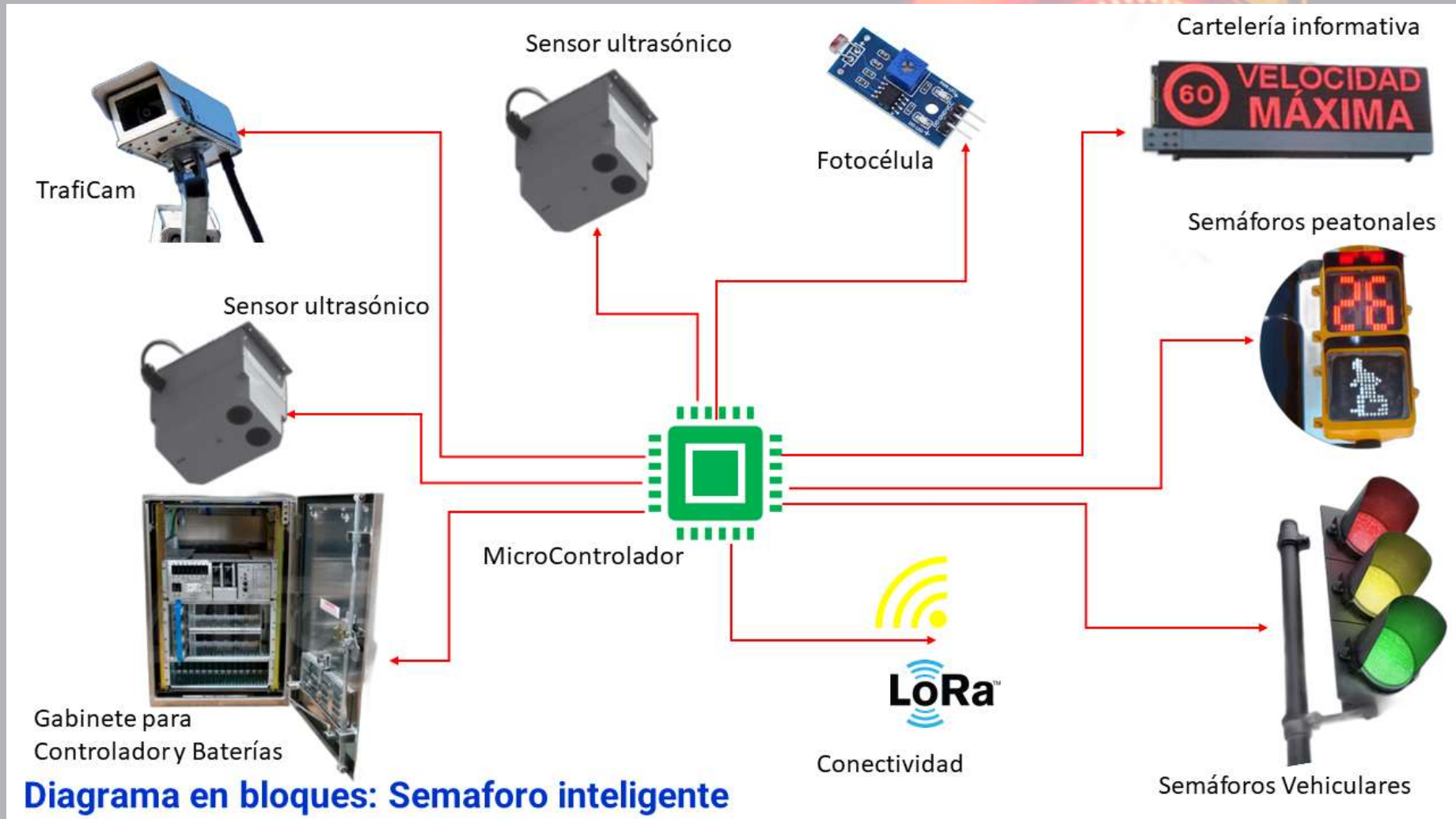


Diagrama en Bloques.





## Simulación:

Existen programas específicos para simulación de tráfico, los cuales permiten probar en un entorno controlado tanto el diseño de las calles, viaductos, autopistas, intersecciones, etc. como el sistema de semaforización, con lo cual se obtienen parámetros valiosos a la hora de un diseño real o de prototipo.

Estos sistemas cuentan con la posibilidad de simular el tráfico tanto a nivel Microscópico como Macroscópico, los cuales permiten diseñar soluciones reales en poco tiempo.

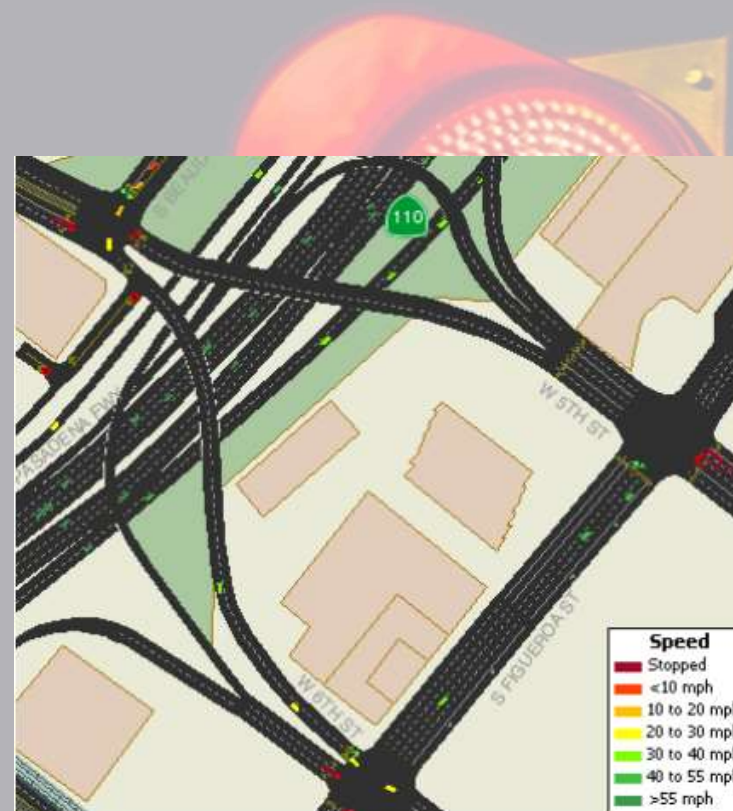
Programas de simulación:

- Synchro (<https://www.bentley.com/>)
- PTV Vissim (<https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/>)
- PTV Vissum (<https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/>)
- TransModeler (<https://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>)
- Aimsun (<https://www.aimsun.com/>)



Dataview1 - Segments

Link	Lanes_AB	Lanes_BA	Fidelity	Flow_AB	Flow_BA	Density_AB	Density_BA	Speed_AB	Speed_BA
1042	3	-	Micro	769	-	11.37	-	67.67	-
1172	3	-	Micro	520	-	7.49	-	69.39	-
1174	2	-	Micro	0	-	12.86	-	0.00	-
36572	1	-	Micro	0	-	0.00	-	45.00	-
1570	2	2	Micro	0	0	260.44	0.00	0.00	45.00
1571	3	2	Micro	299	1772	15.95	71.79	18.77	24.68
1571	2	3	Micro	466	0	25.45	0.00	18.30	45.00
1572	2	2	Micro	0	117	0.00	19.18	45.00	6.13
36569	1	-	Micro	562	-	11.74	-	47.84	-





## Prototipo (MVP):

El proyecto se contextualiza por ejemplo en la ciudad de Córdoba, en dónde encontramos más de 1.4 millones de autos circulantes, lo que significa estar posicionada como la segunda provincia que más flota posee después de Buenos Aires y C.A.B.A según la AFAC en su informe “Flota circulante en Argentina” del 2021.

Encontramos más de 20 cámaras de monitoreo de tráfico que actualmente nos entregan información casi en vivo del porcentaje de tráfico en intersecciones importantes, catalogando como fluido o intenso su estado.





Podríamos seleccionar la intersección Av. Olmos y Av. Maipú debido a su importancia estratégica y por ser un nodo que naturalmente se encuentra con un flujo intenso la mayor parte del día para aplicar el concepto.

La idea es plantear la instalación de un sistema inteligente que “gestione” el flujo del tránsito en forma adaptativa a este.

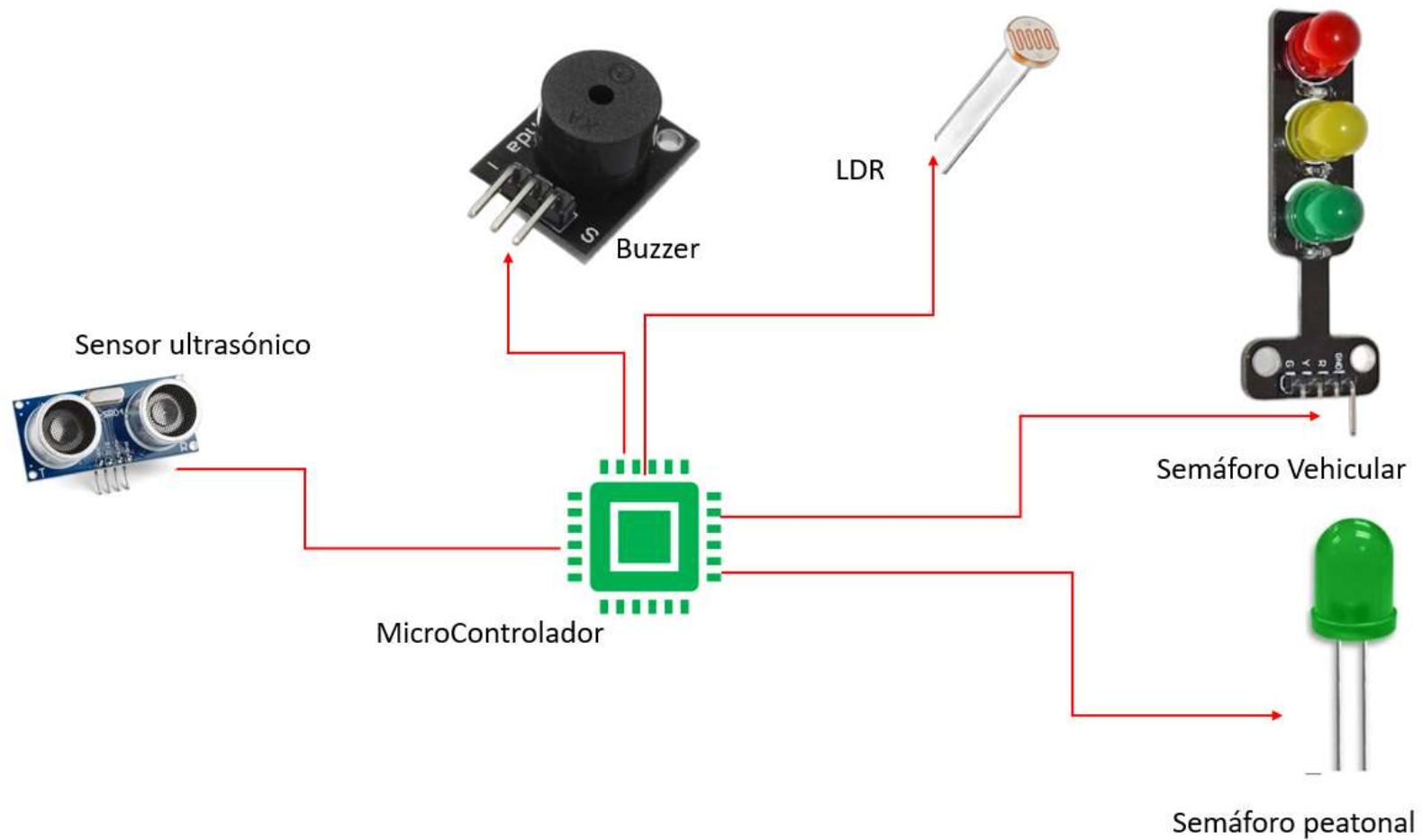
El prototipo propuesto tiene por misión principal modificar el tiempo de la “onda verde” en función de la presencia de un flujo de vehículos y permitir que circulen la mayor cantidad posible por un tiempo mayor. Además posee un buzzer que durante el día emite un sonido junto a la habilitación del semáforo peatonal, esto para ayudar a las personas con discapacidad visual. Durante la noche, esta funcionalidad se deshabilita mediante el sensado de la luz existente por medio de un LDR.

El prototipo está compuesto de la siguiente manera:

- Placa base: ESP32 (1)
- Sensor ultrasónico (1)
- Buzzer (1)
- LDR (1)
- 4 LED: verde(2), amarillo(1), rojo(1)
- Protoboard (1)
- Jumper de conexión



## Diagrama en Bloques



**Diagrama en bloques: Prototipo - Semaforo inteligente**



El principio de funcionamiento es sencillo pero eficiente:

**Condiciones normales:**

En condiciones normales de poco tráfico el sistema funciona normalmente en modo “*No hay tráfico*” con una duración de la semaforización estándar, es decir que al no detectar tráfico en la calle los tiempos demostrativos para el prototipo que se establecieron de la siguiente manera:

Verde: 4000 milisegundos

Amarillo: 800 milisegundos

Rojo y verde (peatonal): 4000 milisegundos

Buzzer: suena 4000 milisegundos

**Condiciones de tráfico:**

En condiciones de tráfico fluido el sistema funciona en modo “*hay tráfico*” con lo cual la duración de la semaforización estándar se modifica, los tiempos demostrativos para el prototipo que se establecieron para el semáforo es el siguiente:

Verde: 8000 milisegundos

Amarillo: 800 milisegundos

Rojo y verde (peatonal): 5000 milisegundos

Buzzer: suena 5000 milisegundos





En el prototipo, la detección de tráfico se evalúa con el sensor ultrasónico. Con el LDR se evalúa la condición diurna o nocturna lo cual permite setear el funcionamiento del buzzer en dos etapas:

1. Modalidad diurna: el buzzer suena en conjunto con el LED verde peatonal por el tiempo establecido.
2. Modalidad nocturna: el buzzer deja de sonar en conjunto con el LED verde peatonal, esto para no generar molestia en horario nocturno y esto suponiendo que no habría circulación de personas con disminución visual en esa franja horaria.

Este prototipo es una pequeña muestra de la funcionalidad que se puede implementar en una intersección de calles, avenidas, etc. sumando el resto de los semáforos que lo conforman y sumando mas sensores para mejorar la medición del flujo vehicular y peatonal.



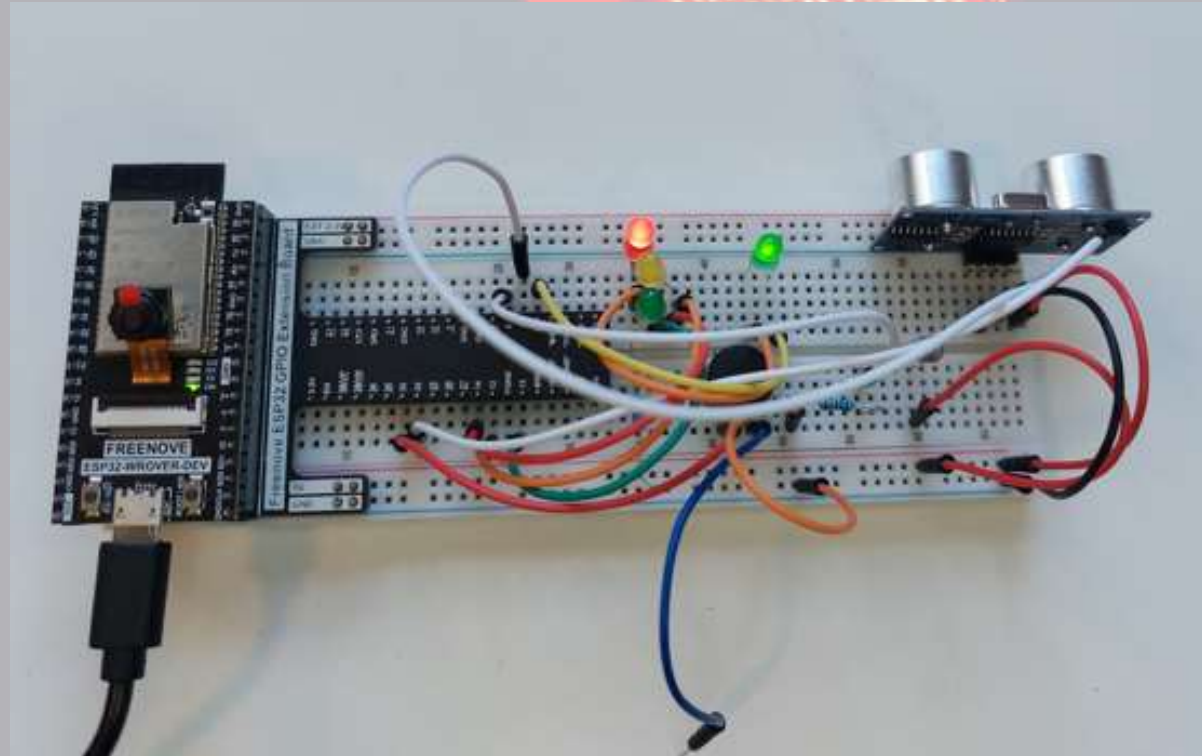


## Protoboard:

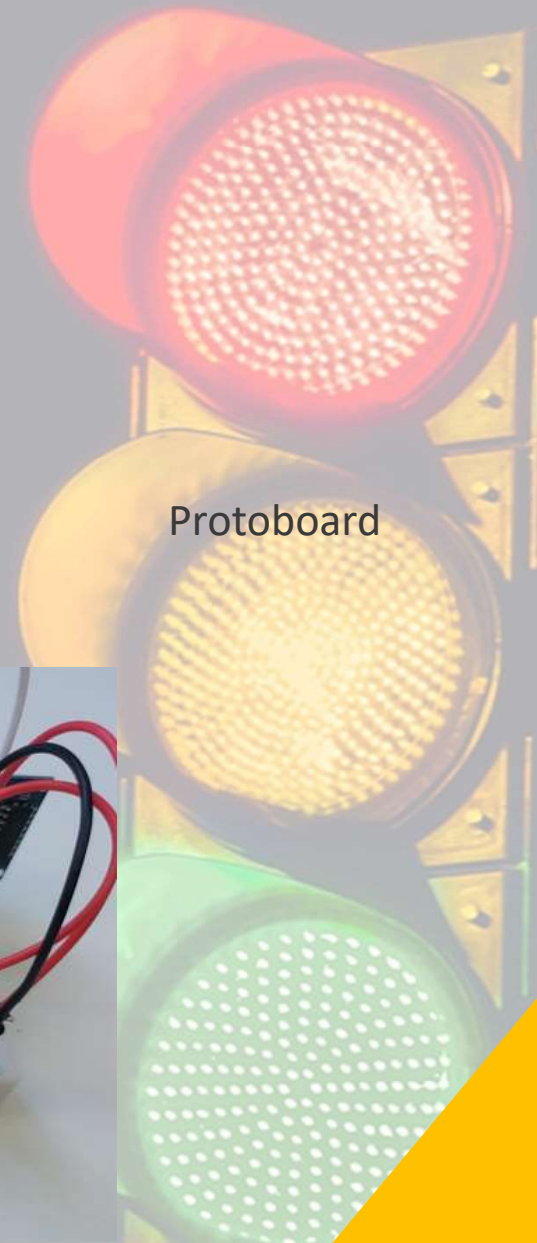
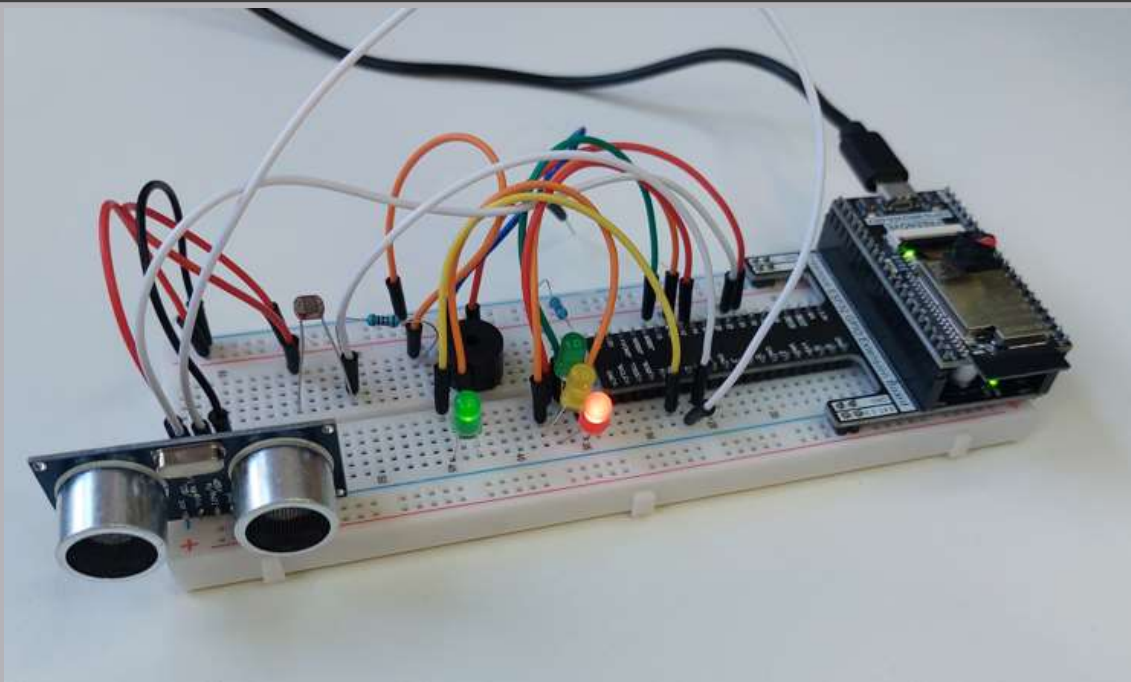
COM4

```
16:57:51.549 ->  
16:57:52.379 -> 4095  
16:57:52.880 -> Es de DIA  
16:57:52.880 -> Distancia l = 4 cm  
16:57:52.880 -> Hay trafico  
16:58:05.876 ->  
16:58:06.659 -> 2843  
16:58:07.209 -> Es de NOCHE  
16:58:09.397 -> 2842  
16:58:09.865 -> Es de NOCHE  
16:58:12.081 -> 2835  
16:58:12.581 -> Es de NOCHE  
16:58:14.785 -> 2823  
16:58:15.267 -> Es de NOCHE  
16:58:17.496 -> 2843  
16:58:17.973 -> Es de NOCHE  
16:58:20.166 -> 2842  
16:58:20.697 -> Es de NOCHE  
16:58:22.901 -> 4095  
16:58:23.384 -> Es de DIA  
16:58:23.384 -> Distancia l = 2 cm  
16:58:23.384 -> Hay trafico  
16:58:36.396 ->  
16:58:37.165 -> 4095  
16:58:37.691 -> Es de DIA  
16:58:37.691 -> Distancia l = 3 cm  
16:58:37.691 -> Hay trafico  
16:58:50.685 ->  
16:58:51.476 -> 4095  
16:58:52.017 -> Es de DIA  
16:58:52.017 -> Distancia l = 140 cm  
16:58:52.017 -> NO hay trafico  
16:59:01.981 ->  
16:59:02.807 -> 4095  
16:59:03.328 -> Es de DIA  
16:59:03.328 -> Distancia l = 4 cm  
16:59:03.328 -> Hay trafico
```

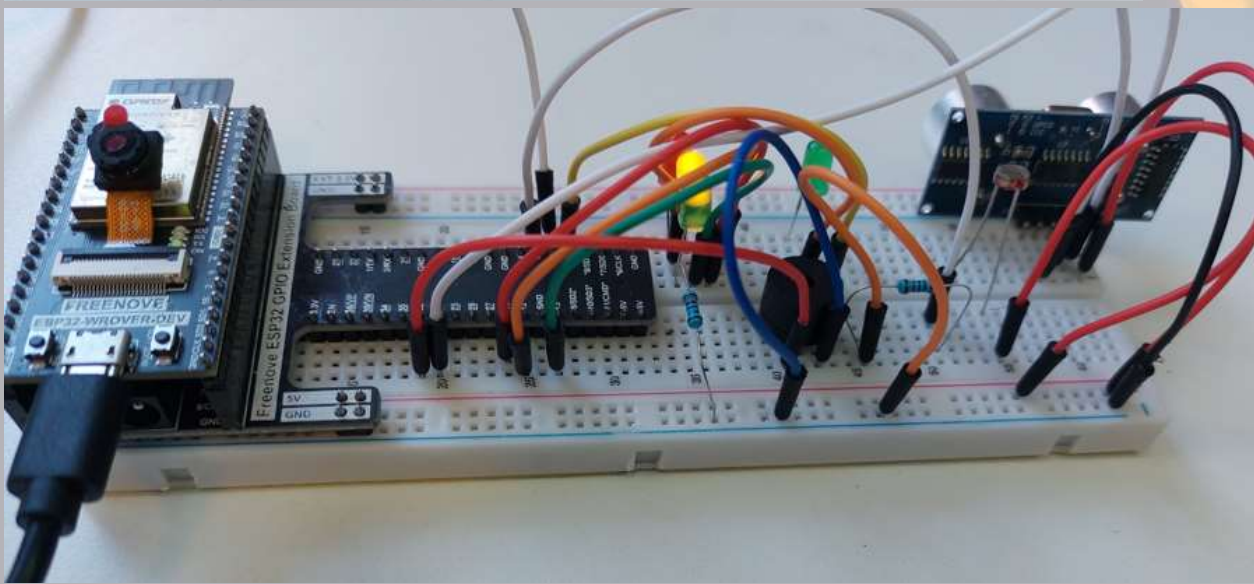
Monitor serial

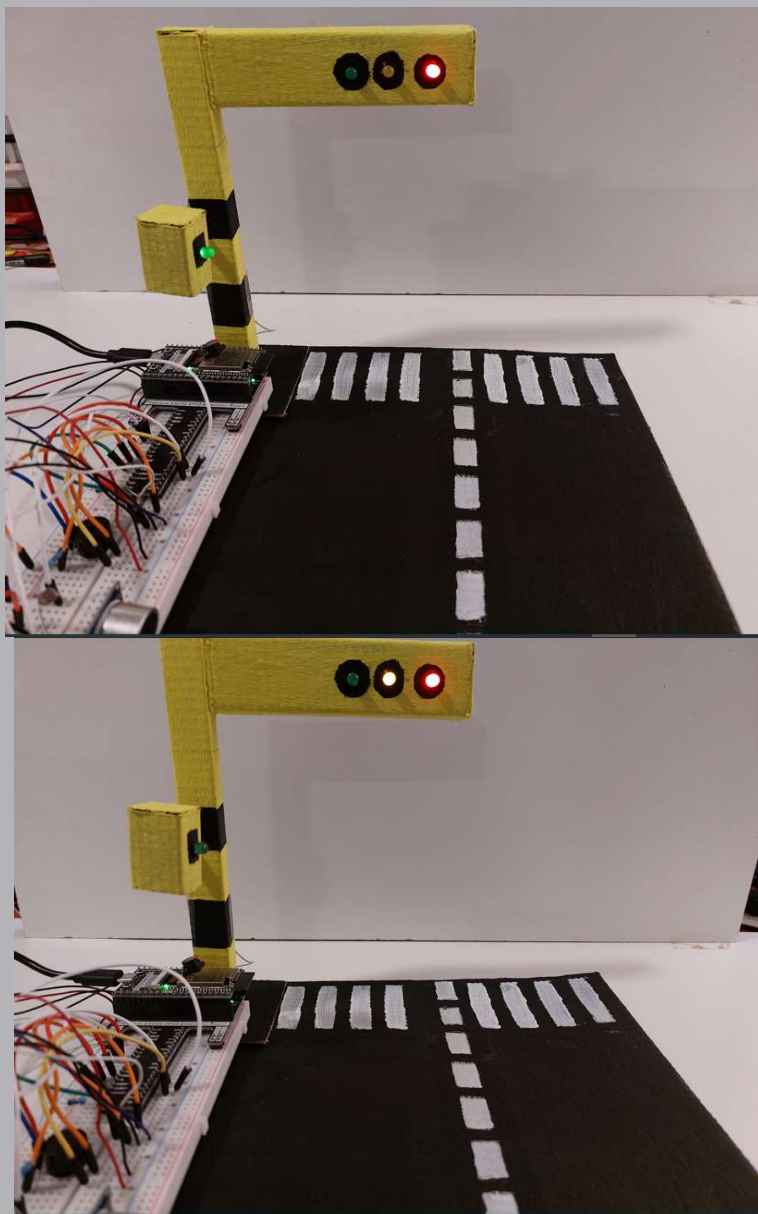






Protoboard





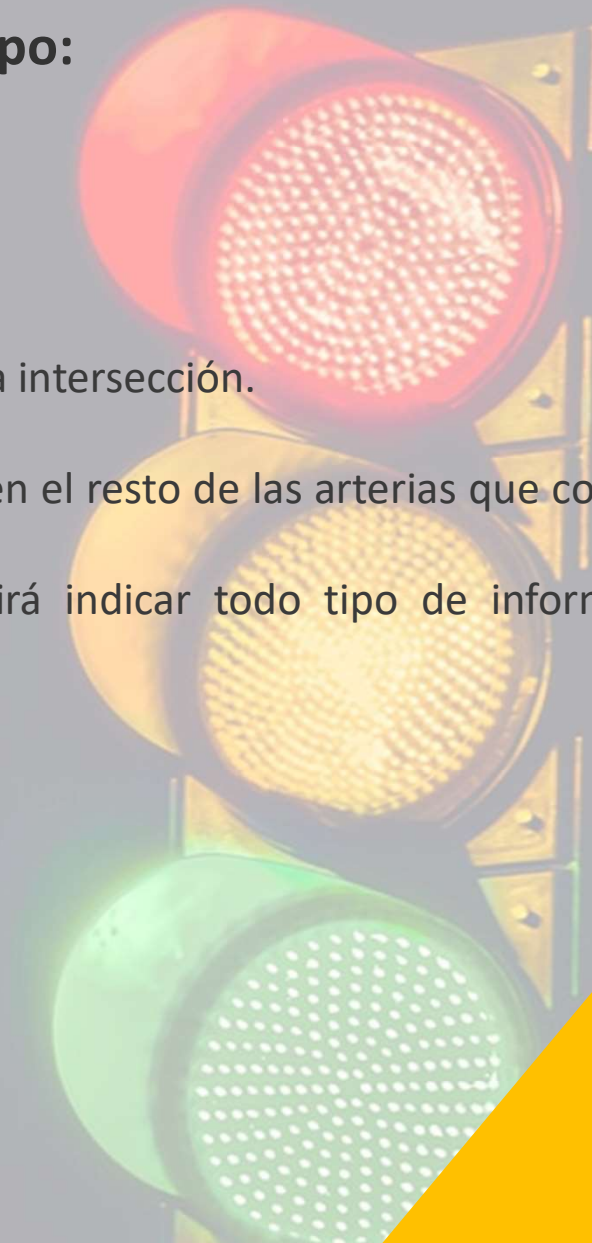
Maqueta



## Mejoras al prototipo:

Mejoras que se podrían implementar al prototipo:

- Incorporación de los semáforos que componen una intersección.
- Incorporación de mas sensores ultrasónicos.
- Modificación al código para poder evaluar trafico en el resto de las arterias que componen la intersección.
- Incorporar un cartel informativo, lo que permitirá indicar todo tipo de información del transito.



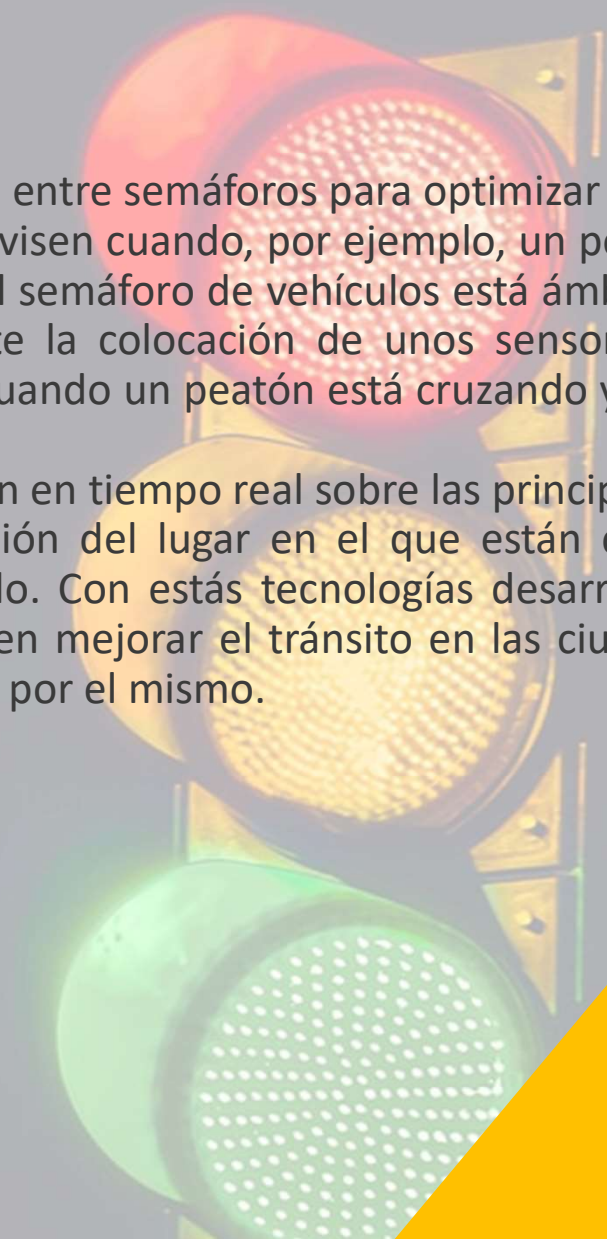


## Aplicaciones:

Se tiene varias aplicaciones para los semáforos inteligentes, entre ellas, citamos las más importantes:

- Controlar la longitud de la fila de vehículos que esperan el cambio de luces en un cruce semaforico.
- Semáforos con un mando a distancia que permite que se encienda sólo cuando lo necesita una persona no vidente. Funciona cuando una persona con discapacidad visual lo activa gracias a un mando a distancia especial, momento en el que el semáforo emite una señal para informar al usuario de que ha recibido la orden y se pone en rojo para los vehículos. transcurridos tres segundos, el semáforo comienza a emitir una señal sonora que indica a la persona no vidente que ya puede cruzar el paso de peatones con seguridad durante alrededor de 30 segundos.
- Aviso a los conductores en caso de tráfico lento para que tomen rutas alternativas.
- Forzar semáforos para condiciones especiales (como el paso de policía, ambulancias, bomberos, muchos coches esperando, otros).
- Control y programación de la funcionalidad “on-line” (Con respecto a los semáforos).
- Control de Infracciones, es posible a través de las mismas cámaras, podrán fotografiar a los vehículos que se salten el semáforo cuando está en rojo. Integrando un radar, podrán controlar la velocidad de los vehículos al pasar por el semáforo.



- 
- Utilizan dispositivos inalámbricos de comunicación entre semáforos para optimizar el tránsito de vehículos. Incorporando paneles visuales que avisen cuando, por ejemplo, un peatón está cruzando por la zona peatonal (en las zonas que el semáforo de vehículos está ámbar y el de peatones verde). Este sistema funciona mediante la colocación de unos sensores en los extremos de los pasos peatonales, que detectan cuando un peatón está cruzando y envían la señal al panel.
  - Incorporar paneles luminosos que dan información en tiempo real sobre las principales rutas y el tiempo estimado en cada instante: En función del lugar en el que están colocados, indican la ruta más habitual y el tiempo estimado. Con estas tecnologías desarrolladas se cuenta con aplicaciones inimaginables, que pueden mejorar el tránsito en las ciudades, así como disminuir el índice de accidentes producidos por el mismo.



## Conclusión:

Definitivamente con la utilización de los semáforos inteligentes, se solucionan los problemas de congestión, es posible controlar el tráfico de manera eficiente así como minimizar los riesgos de accidentes. Pero como la tasa de vehículos crece en forma masiva y exponencial, es imposible dejar todo en manos de este tipo de tecnología, es necesario buscar otras alternativas que se combinen a los semáforos inteligentes para encontrar un equilibrio optimo.

Con esta tecnología se pretende que los vehículos pasen el menor tiempo posible parados por altos de los semáforos y lleguen a su destino con mayor rapidez y seguridad. De esta forma se podría regular de mejor manera el tráfico de las grandes ciudades, donde cada año muchas personas pierden muchas horas de espera, las cuales están dejando de ser útiles para la sociedad.

Utilizar los semáforos inteligentes en sí no trae muchos inconvenientes, es decir, que es posible que cualquier ciudad pueda contar con dichos dispositivos, pero para aprovecharlos de la mejor manera es necesario contar con la infraestructura adecuada.

En el futuro, se espera que los semáforos dirijan el tráfico entre las ciudades y estén en continua comunicación con los vehículos, mandando señales en tiempo real sobre el tránsito. Así el conductor podrá prever las condiciones del tránsito en tiempo real.

