

Lógica de control para tope inteligente Control logic for intelligent road system

Saida M. Charre- Ibarra^a, Luis A. Oliva-Cortés^b, Fergus A. Manzo-Salvatierra^c, Jorge Gudiño-Lau^d, Janeth A. Alcalá-Rodríguez^e, Daniel Vélez-Díaz^f

Abstract:

In this article the design and development of the control logic for intelligent road system is described, which has application in avenues that present problems with road traffic, the approach starts from the present situation in one of the main avenues of the Port of Manzanillo. This system uses a device to sense the speed, which constantly receives different data over a period of time, so a control logic programming technique is necessary for the stop to be raised or kept down. The system uses ultrasonic sensors to calculate vehicle speeds, and thus determine if the driver is traveling at high or low speed, as a result the stop can be raised or kept down so that the vehicle passes freely. The smart stop system, is made up of a traffic light that indicates if the stop is activated, it also has a keypad so that pedestrians can activate it when they need to cross the avenue, also has a transmitter-receiver system on which will be linked with emergency vehicles (ambulance, police, fire, etc.) to enable traffic when required.

Keywords:

Ultrasonic sensors, control, speed, intelligent road safety systems

Resumen:

En este artículo se describe el diseño y desarrollo de un sistema de tope inteligente, el cual tiene aplicación en avenidas que presentan problemática con el tráfico vial, el planteamiento parte de la situación presente en una de las avenidas principales del Puerto de Manzanillo. Este sistema utiliza un dispositivo para detectar la velocidad, el cual recibe constantemente diferentes datos en un lapso de tiempo, por lo que es necesaria una técnica de programación de lógica de control para que el tope se eleve o se mantenga abajo. El sistema utiliza sensores ultrasónicos para calcular las velocidades de los vehículos, y así determinar si el conductor circula a alta o baja velocidad, como resultado el tope puede elevarse o mantenerse abajo para que el vehículo pase libremente. El tope inteligente, está compuesto por un semáforo que indica si está activado, también cuenta con una botonera para que los peatones lo puedan activar al momento que necesiten cruzar la avenida, también cuenta con un sistema transmisor – receptor el cual será vinculado con vehículos de emergencia (ambulancia, policía, bomberos, etc.) para habilitarlo cuando se requiera.

Palabras Clave:

Sensores ultrasónicos, control, velocidad, sistema inteligente

Introducción

Durante décadas se han utilizado los reductores de velocidad como un obstáculo para detener de forma breve a los automovilistas, estos son utilizados cada vez más consecutivamente, hoy en día es posible ver un

reductor de velocidad vial cada dos o tres calles, dentro de una colonia, cerca de una escuela, en algún cruce peatonal, entre otros. Diferentes universidades reconocidas y empresas se han dado a la tarea de solucionar este tipo de situación que contribuye al congestionamiento vial, que presenta como consecuencias consumo de combustible adicional,

^a Autor de Correspondencia, Universidad de Colima, <https://orcid.org/0000-0002-3823-5388>, Email: scharre@uocol.mx

^b Universidad de Colima, <https://orcid.org/0000-0003-4656-2458>, Email: loliva0@uocol.mx

^c Universidad de Colima, <https://orcid.org/0000-0001-9965-0203>, Email: fmanzo@uocol.mx

^d Universidad de Colima, <https://orcid.org/0000-0002-0585-908X>, Email: jglau@uocol.mx

^e Universidad de Colima, <https://orcid.org/0000-0002-0238-3952>, Email: janethalcala@uocol.mx

^f Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-6488-2960>, Email: daniel@uaeh.edu.mx

desgaste de obras viales, mayor contaminación ambiental y accidentes viales, afectando la calidad de vida y salud de las personas [1]. En ese mismo sentido la UNAM realizó el estudio “Estimación de las emisiones vehiculares, gasto energético y exposición a contaminantes atmosféricos asociados a reductores de velocidad en la ciudad de México”, concluyendo que los topes incrementan la emisión de contaminantes hasta en 900%. Detalló que, con base en el estudio se sabe que hay un rango de velocidad donde las emisiones son menores y esto es entre los 70 y 80 kilómetros por hora, pero en velocidades más bajas o más altas estas emisiones se elevan en forma considerable [2].

La empresa 100% mexicana Inteligencia Vial en el 2016 lanza un Tope Inteligente [3], el cual puede impactar en la educación vial, así como en la disminución de accidentes viales y peatonales, cuidado al medio ambiente; y también ofrece soluciones viales con diversas modalidades de operación, dependiendo de las necesidades de la zona en la cual se encuentra instalado, ver figura 1.



Figura 1. Tope Inteligente ® de la empresa Inteligencia Vial [3].

En marzo de 2016 un grupo de estudiantes e investigadores (figura 2) creó topes viales inteligentes, los cuales se mantiene en su posición normal ante el exceso de velocidad de los vehículos, y en caso contrario, baja a la altura del suelo para permitir un paso constante.



Figura 2. Equipo “Smart Tope” [4].

El proyecto que lleva por nombre Smart Tope busca disminuir la contaminación y el consumo de gasolina, al tiempo que ayuda a un tránsito vehicular más fluido en las ciudades. El tope fue desarrollado por profesores y alumnos de la carrera de ingeniería mecatrónica del

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Morelia [4].

Un estudio elaborado por el Centro de Investigaciones de la Atmósfera de la UNAM, a petición de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, reveló que los topes en la ciudad de México provocan que los vehículos emitan 10 veces más emisiones contaminantes de Dióxido Carbono (CO₂) al año, que si no se hubieran detenido [5].

Es por eso que se tiene que innovar la manera de controlar el tráfico y dejar a un lado los topes convencionales, comenzando a implementar nuevas tecnologías, que le den solución al desperdicio de combustible y emisión de dióxido de carbono innecesario, además de la corrección del tráfico en zonas muy concurridas por automovilistas.

Los sistemas inteligentes son una poderosa tecnología computacional que puede ser utilizada de manera eficaz en diversos campos de aplicación, funcionando en conjunto con otras teorías con el principal objetivo de incrementar el rendimiento de sistemas distribuidos situados en ambientes dinámicos trabajando en tiempo real [6]. En la actualidad han surgido algunas líneas de implementación que promueven el uso de avanzadas tecnologías de la información para el diseño, estudio y análisis de los sistemas viales. Por lo cual en el presente trabajo se plantea el diseño de la lógica de control para un tope con la finalidad de que funcione de forma inteligente, coadyuvando a dar solución a las diversas problemáticas relacionadas con la movilidad vial en zonas escolares, tales como la Avenida Paseo de Las Gaviotas, ubicada en Manzanillo, Colima, figura 3; donde optaron por la instalación de topes convencionales para obligar a los conductores a disminuir la velocidad, ya que en esta avenida se encuentran varias instituciones educativas.



Figura 3. Av. paseo de las Gaviotas, Manzanillo, Col.

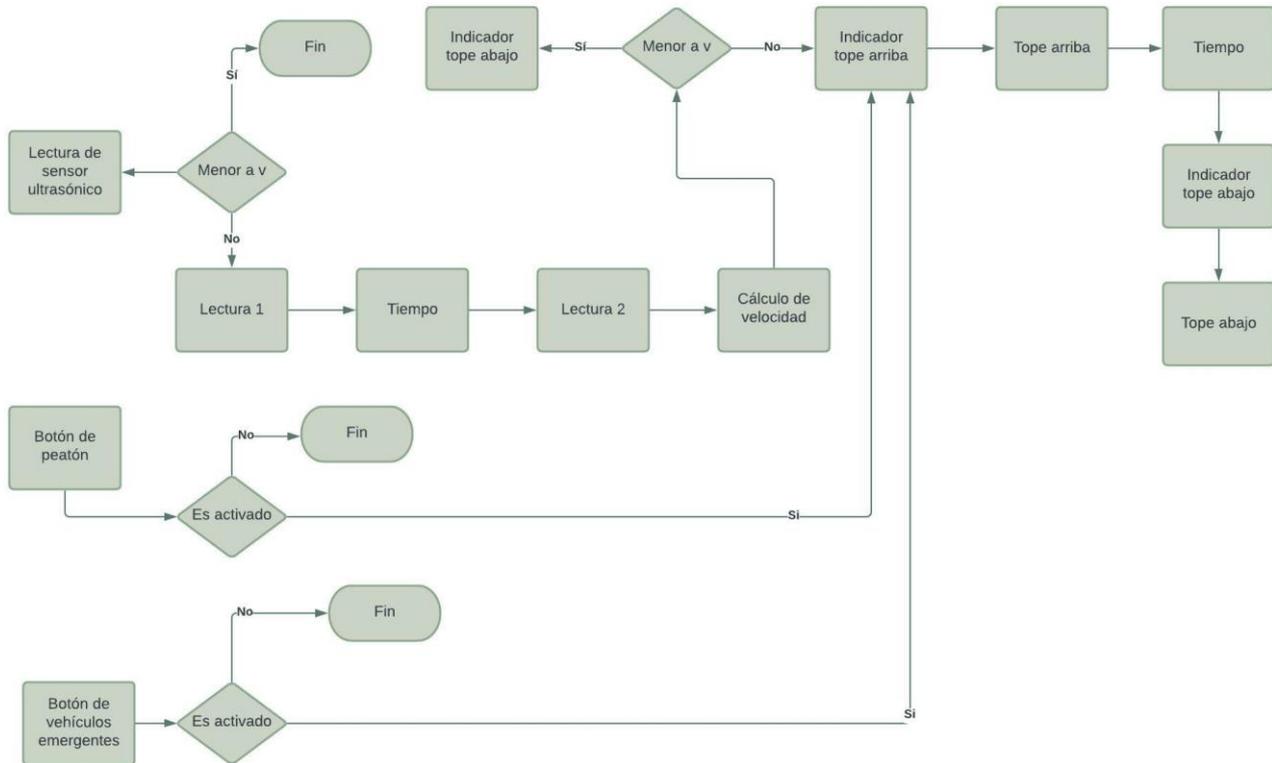


Figura 4. Diagrama de flujo (Fuente: elaboración propia).

Programación de la lógica de control

El sistema de tope inteligente está diseñado con 3 funciones: vehículos de emergencia, botonera peatonal y radar de velocidad. Estas funciones están programadas de acuerdo a una prioridad; la principal es para los vehículos de emergencia, considerando que la avenida, para la cual se diseñó el proyecto, está rodeada de varias escuelas. La segunda prioridad será la botonera peatonal y finalmente el radar de velocidad.

En la figura 4 se muestra un diagrama de flujo que presenta la lógica de control para la programación.

Lógica de vehículos de emergencia

Esta función cuenta con un mando a distancia, para que los vehículos de emergencia lo lleven dentro de la cabina, con éste tendrán el control del tope. Un par de módulos de Radiofrecuencia Transmisor – Receptor son necesarios para comunicar el mando con el control principal del sistema. Además, cuenta con mayor prioridad dentro del sistema; por lo tanto, siempre que el mando la active, bloqueará las otras funciones y pondrá en marcha ésta.

Lógica de botonera peatonal

Función necesaria para el cruce de peatones, con el objetivo de alertar a los automovilistas a disminuir la

velocidad de los autos, cuando algún peatón requiera cruzar la calle.

Un indicador en color rojo alertara al automovilista de que el tope está arriba por cruce peatonal.

Lógica de radar de velocidad

El objetivo del radar será calcular la velocidad de los vehículos antes de que estos lleguen al tope, variable importante para condicionar el control inteligente del sistema.

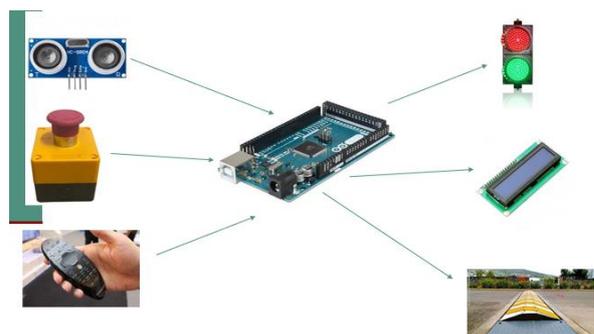


Figura 5. Partes del sistema tope inteligente. (Fuente: elaboración propia).

Un sensor es el encargado de monitorear los vehículos, cuando estos se aproximan, a una distancia clave previamente programada, el sensor realiza dos lecturas en diferentes tiempos, determinado así la velocidad, usando la fórmula (1) se obtiene dicha variable para condicionar el sistema.

$$v = \frac{d}{t} \dots\dots\dots (1)$$

donde v es la velocidad, d es la distancia y t es el tiempo. La lógica de control se programó en un entorno C de Arduino, considerando que el sistema cuenta con 3 entradas y 3 salidas. Como entradas se identifican el radar de velocidad, la botonera peatonal y el mando para vehículos de emergencia. Las salidas del sistema son el semáforo indicador, la impresión de la velocidad en una pantalla LCD y el Tope, figura 5.

Diseño de prototipo

Con la finalidad de demostrar la funcionalidad de la lógica de control se implementa un prototipo a escala. Contará con un mecanismo automático de elevación, radar de velocidad, transmisor - receptor para vehículos de emergencia y botonera para paso peatonal.

Para dimensionar el prototipo se utilizan especificaciones de tiempo-reacción, figura 6, se emplea un rango de medición el cual considera la velocidad de un vehículo a 120 km/h en donde sería necesaria una distancia de 90 metros antes de llegar al reductor de velocidad. Todas estas medidas son dimensionadas a una escala de 1:100 donde 1 cm equivale a 1 metro (1cm = 100cm) [7].



Figura 6. Especificaciones de tiempo-reacción [7]

Con base en las normas establecidas para la implementación de estructuras viales, se diseñó un dibujo 3D a escala en el programa "SolidWorks", donde se aprecian los componentes principales y el mecanismo a utilizar (figura 7, 8 y 9).

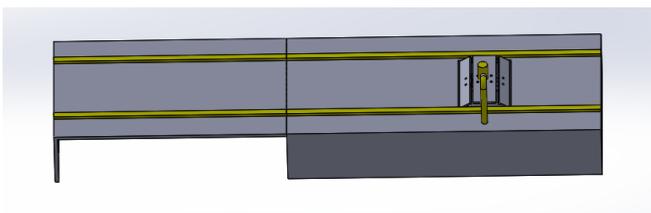


Figura 7. Prototipo completo 3D. (Fuente: elaboración propia).

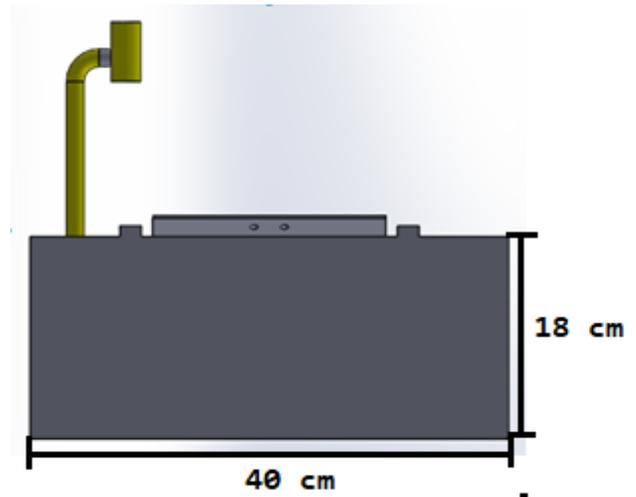


Figura 8. Vista frontal. (Fuente: elaboración propia).

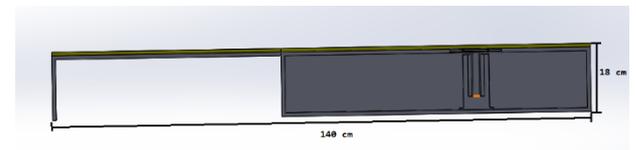


Figura 9. Vista lateral. (Fuente: elaboración propia).

Para demostrar la función de elevación del tope inteligente se utiliza un actuador eléctrico (solenoides de paro), figura 10, los cuales transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Su principio de funcionamiento se fundamenta en el efecto que produce una espira conductora que se encuentra dentro de la acción de un campo magnético y por la que circula una corriente eléctrica. En estas condiciones se experimenta una fuerza electromagnética en la espira, la cual induce un desplazamiento perpendicular a las líneas de acción del campo magnético [8].



Figura 10. Solenoide de paro eléctrico

La entrada correspondiente al mando generado por los vehículos de emergencia se obtiene de un módulo de RF

(Radiofrecuencia) el cual funciona creando un campo electromagnético en el transmisor, generando una onda electromagnética que es decodificada (demodulada) en otro lugar (Receptor). Estas ondas viajan a través del aire a casi la velocidad de la luz.

Los módulos RF (figura 11) de 433Mhz son de bajo costo y fácil uso. Vienen en pareja, emisor (FS1000A) y receptor (XY-MK-5V), el tipo de comunicación es en un solo canal y unidireccional, son de baja velocidad de transmisión, pero para aplicaciones básicas son muy útiles.



Figura 11. Módulos RF [9]

Parte de la interfaz visual es una pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display), pantalla delgada y plana (figura 12) formada por un número de píxeles colocados delante de una fuente de luz o reflectora [10].



Figura 12. Pantalla de cristal líquido [9]

La lógica de control se programa en Arduino Mega, el cual es una placa de microcontrolador basada en ATmega2560, plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open – source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Tiene 54 pines de entrada / salida digital (de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM) y 16 entradas analógicas. Consta de una placa principal de componentes eléctricos (figura 13), donde se encuentran conectados los controladores principales que gestionan los demás complementos y circuitos ensamblados en la misma [11].



Figura 13. Placa Arduino Mega [11]

Un sensor de ultrasonido (ultrasónico) es el encargado de monitorear los vehículos, cuando éstos se aproximan a una distancia previamente programada, a través del sensor se realizan dos lecturas en diferentes tiempos, determinado así la velocidad, usando la fórmula (1) se obtiene la variable velocidad para condicionar el sistema. En la figura 14, se muestra el diagrama de conexión para el radar de velocidad, consta de un sensor ultrasónico conectado a las entradas de la placa Arduino, y la LCD conectada a las salidas, donde se presenta la variable velocidad. En la LCD también se presentan las diferentes funciones: Radar de velocidad, botonera peatonal y la función de vehículos de emergencia.

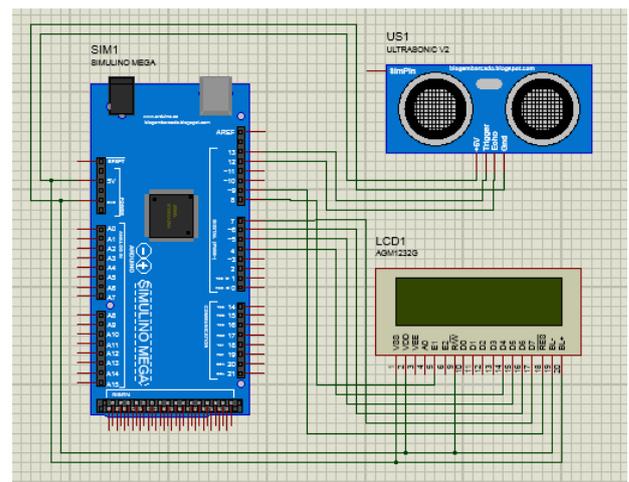


Figura 14. Diagrama de conexión.
(Fuente: elaboración propia).

En las figuras 15 y 16 se presentan imágenes del prototipo terminado para demostrar el funcionamiento de la lógica de control programada.



Figura 15. Vista superior.
(Fuente: elaboración propia).

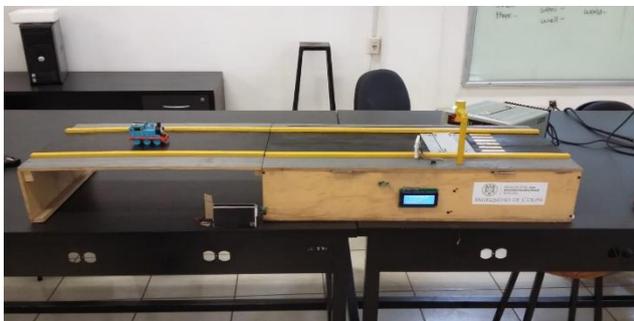


Figura 16. Vista lateral.
(Fuente: elaboración propia).

Resultados

A continuación, se observa la lógica de control operando; mientras no se exceda el límite de velocidad, el cual puede ser establecido de acuerdo a la velocidad permitida en la calle donde se sitúe el tope, el actuador no se accionará, dejándolo en nivel bajo, figura 17.



Figura 17. Respetando el límite de velocidad.
(Fuente: elaboración propia).

En caso contrario, si el límite de velocidad se excede, el actuador se acciona y se enciende el indicador rojo para que el vehículo se detenga, figura 18.

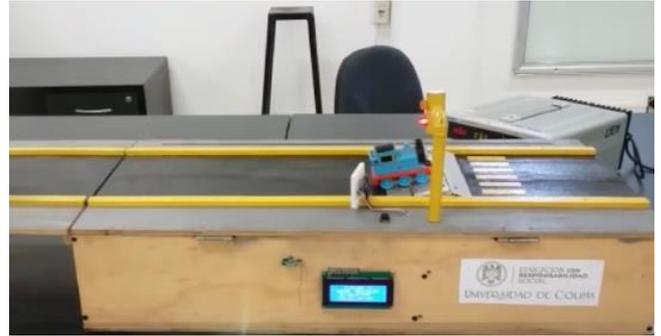


Figura 18. No respetando el límite de velocidad.
(Fuente: elaboración propia).

En la figura 19, se activa el sistema de paso peatonal. Función necesaria cuando un peatón necesita cruzar la calle; solo basta presionar el botón para que el tope se eleve y los vehículos circulen con menor velocidad permitiendo así, que el peatón cruce la calle con seguridad.



Figura 19. Tope accionado por peatón.
(Fuente: elaboración propia).

La figura 20 muestra el sistema de tráfico de emergencia, éste se acciona mediante un transmisor receptor, el cual se vincula con vehículos de emergencia (ambulancias, policías, bomberos, entre otros). Cuando uno de estos vehículos se aproxima al tope podría tener la opción de mantenerlo en nivel bajo mientras circula, agilizando el tráfico. Los indicadores rojo y verde se encienden de manera alternada advirtiendo la función en la cual está operando el tope.

En el siguiente enlace: <https://youtu.be/oMCJ1iPxZhc>, se presenta un video donde se muestra la lógica de control programada [12].



Figura 20. Sistema emergente.
(Fuente: elaboración propia).

Conclusiones

En el presente proyecto se desarrolló y demostró una lógica de control para un tope inteligente, proyecto con impacto social y ambiental, que contribuye a la idea de ciudades inteligentes.

Presenta ser una alternativa de solución a problemas de congestión vehicular; siendo también una estrategia de educación para conductores de automóviles, al permitirles transitar a un paso constante al mantener una velocidad permitida. Coadyuvando a disminuir la contaminación ambiental y el gasto de combustible.

Se puede considerar, como trabajo futuro, la implementación de dispositivos que conviertan la energía mecánica generada por el paso de los carros sobre el tope en energía eléctrica, la cual también podría aprovecharse para alimentar los dispositivos utilizados, reduciendo costos de operación.

Referencias

- [1] Ashhad T, Cabrera F, Roa O. Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. Gaceta Técnica 2020; vol. 21, núm. 2, pp. 4-23.
- [2] Instituto de ciencias de la atmósfera y cambio climático. Disponible en: <https://www.atmosfera.unam.mx/?s=topes>
- [3] Sistema Inteligente Vial. Disponible en: <http://inteligenciavial.mx/>
- [4] Duran A. Y Ahora...topes inteligentes. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/transportes/6128-y-ahora-topes-inteligentes>
- [5] Pérez I. Topes viales aumentan el gasto de combustible y dañan salud. Disponible en: http://ciencia.unam.mx/leer/447/Topes_viales_aumentan_el_gasto_de_combustible_y_danan_salud
- [6] Castán J, Ibarra S, Laria J, Guzmán J & Castán E. Traffic control based on intelligent agents. Polibits 2014, (50), 61-68.

- [7] Menendez J. Velocidad. Revista Tráfico y Seguridad Vial 2015; núm. 230, pp. 18-23.
- [8] Corona L, Abarca G, Mares J. Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino 2014; Grupo editorial Patria, México D.F.
- [9] Sensores y componentes. Disponible en: <https://www.arduino.cc>
- [10] Malvino A, Bates D. Principios de Electrónica 2007; séptima edición, Mc Graw Hill, España.
- [11] Arduino Mega 2560 Rev3. Disponible en: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?selectedStore=us>.
- [12] Charre, Saida. (3 de octubre de 2021). YouTube: Tope inteligente. Recuperado: el 20 de septiembre de 2020, en: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=oMCJ1iPxZhc&feature=youtu.be>