

Desarrollo de un prototipo móvil para detección de reductores virtuales de velocidad mediante tecnología NFC

Development of a mobile prototype for detection of virtual speed reducers using NFC technology

Por: Héctor Caballero Hernández¹,
Lila Karen Velázquez Modesto² y Nancy J. Ocaña Martínez²

¹Universidad Autónoma del Estado de México

²Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
lilakarenv@gmail.com

Recibido: 10 de febrero 2020

Aceptado: 25 de mayo 2020

Cómo citar: Caballero, H., Velázquez, L. & Ocaña, N. (2020). Desarrollo de un prototipo móvil para detección de reductores virtuales de velocidad mediante tecnología NFC. *Universo de la Tecnológica*. 12(2). pp 18-23

RESUMEN: El presente trabajo tuvo como objetivo presentar el desarrollo de un prototipo de vehículo controlado por computadora Arduino, con la capacidad de realizar una reducción parcial o total de su velocidad de forma anticipada, sustituyendo barreras físicas como reductores de velocidad. En este estudio se requirió de la distribución física, lógica de componentes Arduino y el uso de tarjetas NFC (Near Field Communication), en las que se requirió de la distancia en que se encuentra un cruce peatonal, La necesidad de desarrollar este prototipo fue principalmente para reducir los daños estructurales ocasionados en los vehículos, ya que las vialidades que cuentan con reductores de velocidad no siempre están correctamente señalizados o no son visibles para el conductor. Los resultados mostraron que se ha alcanzado de forma exitosa, debido a que las tarjetas NFC logró detectar que contenían las instrucciones de reducción de velocidad, con intervalos definidos de reposo, y evitar impactar con los objetos que simulaban a los peatones. **PALABRAS CLAVE:** Arduino, NFC, reductores virtuales, ciudad inteligente

ABSTRACT: The objective of this work was to present the development of a prototype of an Arduino computer controlled vehicle, with the ability to perform a partial or total reduction of its speed in advance, replacing physical barriers such as speed reducers. In this study, the physical distribution, logic of Arduino components and the use of NFC (Near Field Communication) cards were required, in which the distance in which a pedestrian crossing is located was required. The need to develop this prototype was mainly to reduce the structural damage caused to vehicles, since roads with speed bumps are not always properly marked or are not visible to the driver. The results showed that it has been successfully achieved, because the NFC cards managed to detect that they contained speed reduction instructions, total stops with defined rest intervals, and avoid hitting with objects that simulated pedestrians.

Key Words: Arduino, NFC, virtual gearboxes, smart city

Introducción

Los sistemas de conducción autónoma para automóviles han sido objeto de estudio desde la década de los ochentas del siglo pasado, se han desarrollado sistemas para la detección de peatones, pilotos automáticos que permiten mantener una velocidad constante sin acelerar de forma voluntaria, lo cual facilita la conducción para los automovilistas y evita percances en carreteras y ciudades (Naranjo, González, García, De Pedro y Haber, 2005). La combinación de las tecnologías de la ingeniería en computación, electromecánica, entre otras, han permitido que los automóviles modernos se integren al concepto de ciudad inteligente donde los sistemas informáticos se combinan con el hardware para facilitar las tareas de los individuos (Zygiaris, 2013).

En las vialidades de México existen reductores de velocidad que obligan a los conductores a disminuir su velocidad o ejecutar un alto total, debido a que una gran mayoría de conductores no respetan las señales de tránsito y los límites de velocidad. Sin embargo, la aplicación de estos desgasta las suspensiones internas de los vehículos, además de

que al no ser detectados por el conductor, pueden provocar accidentes involuntarios. Por lo tanto surge la necesidad de crear un sistema de alertas y de reducción automática de velocidad en las vialidades y la principal necesidad de desarrollar este prototipo fue para reducir los daños estructurales ocasionados en los vehículos. En este trabajo se abordará el proceso de desarrollo de un prototipo móvil diseñado para circular por una vialidad a escala, y respetar las señales de tránsito, así como a objetos que simulan ser peatones que circulan o interfieren en la trayectoria del móvil. El desarrollo de un prototipo móvil para detección de reductores virtuales de velocidad mediante tecnología NFC servirá de base para en el futuro poder aplicar la tecnología NFC en unidades de transporte para disminuir el desgaste de suspensiones del vehículo, al momento de realizar un alto total.

1. Definiciones

Para lograr la implementación de sistemas y componentes en ciudades inteligentes es necesario combinar elementos

electrónicos, mecánicos y computacionales que permitan lograr una sincronía correcta de ejecución de los sistemas que se encuentran interactuando (Bouskela,2016). A continuación se presentan los conceptos más importantes empleados en el desarrollo del documento.

Ciudad inteligente, se define como una ciudad que utiliza las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), y otros medios para mejorar la toma de decisiones, la eficiencia de las operaciones, la prestación de los servicios urbanos y su competitividad. Se procura que satisfaga las necesidades de sus individuos en relación con los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Con el objetivo de generar un espacio seguro con mejores servicios y con un ambiente de innovación que incentiva soluciones creativas, generar empleos y reducir las desigualdades. Las ciudades inteligentes promueven un ambiente que genera bienestar económico y social y sostenible de los recursos a largo plazo (Bouskela,2016).

Arduino, se define como hardware libre y se distribuye bajo licencia Creative Commons Attribution. Está diseñado para una gran variedad de soluciones electrónicas que requieren realizar tareas repetitiva a través de micro-controladores conectados a periféricos (Oxer,2009).

NFC, es una tecnología de comunicación inalámbrica que surgió en el año 2002 creada por Sony y Philips, sus aplicaciones están orientadas a áreas médicas, control de accesos, publicidad, educación, identificación, control de activos, pagos móviles, entre otros (Coskun,2012). Sus principales características son comunicación de corto alcance (máximo 20 cm.), alta frecuencia en la velocidad de transmisión de datos (424 Kbit/s), facilidad de uso y compatibilidad con otras tecnologías existentes (Coskun,2010).

RFID (Radio Frequency Identification), son sistemas de identificación por radiofrecuencia desarrollados para identificar objetos a distancia sin necesidad de contacto. Requiere etiquetas o tags RFID las cuales son un microchip que se combina con una antena de radio e identifica unívocamente al elemento portador de la etiqueta (Coskun,2010).

1.2 Trabajos previos

En algunas investigaciones se genera la comparación entre sistemas inteligentes y clásicos para el control de vehículos autónomos, obteniendo mejores resultados con los sistemas inteligentes (Chaib S.,2004). En determinadas aplicaciones un controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) es una referencia en rapidez y estabilidad en sistemas de alta complejidad (Ogata,1998). A los vehículos eléctricos del proyecto AUTOPÍA se les implementó un sistema de control para conducción autónoma consiguiendo que lograran supe-

rar las maniobras de manejo habituales para conductores humanos (Naranjo, et al. ,2005).

En (Rojas, Bustos y Ordoñez, 2017) desarrollaron un sistema que permite ubicar las rutas de buses en la ciudad de Quito, Ecuador, el sistema está conformado por una aplicación para teléfonos inteligentes y permite leer códigos Quick Response para ubicar cada una de la paradas, además utiliza la ubicación actual del usuario para mostrar las paradas más cercanas y buscar las rutas de buses disponibles a través de mapas digitales.

En (Conacyt,2018) se presenta el diseño de un tope electrónico el cual se apoya de una red de sensores para monitorear la velocidad de los vehículos, si el vehículo circula a una velocidad legal, un semáforo avisará con luz verde que el tope desciende al nivel del suelo, para que el conductor no frene y por consiguiente no dañe el vehículo ni consuma mayor combustible para reanudar su paso, de lo contrario, se enciende una luz roja en el semáforo y el tope no descenderá, obligando al conductor que disminuya su velocidad.

Algunas aplicaciones con en (Clavero,2018) indican que fabricantes de automóviles Hyundai propone emplear tecnología NFC para abrir y cerrar automóviles a través del uso de teléfonos inteligentes, elevando el nivel de seguridad para los dueños de los vehículos.

2 Materiales y métodos

En esta sección se describen los componentes generales para la construcción del prototipo móvil, la distribución física y lógica de sus componentes, así como la lógica de su funcionamiento en posibles escenarios que se presenten en un entorno simulado.

2.1 Materiales

Para el diseño y desarrollo del prototipo móvil se han utilizado los siguientes componentes electrónicos.

- Arduino Mega para el control de los componentes electrónicos.
- Sistema de tracción eléctrico mediante cuatro servomotores de 5V.
- Sistema de detección de líneas con sensores infrarrojos CNY70.
- 3 sensores ultrasónicos tipo sf235.
- Tarjeta PN532 NFC/ RFID.
- Regulador de voltaje 7805.
- Batería de descarga profunda de 15V.
- CI L298N para puentes H
- 2 proto tarjetas para el acople de componentes.

Se ha elegido a Arduino debido a que cuenta con los componentes necesarios para controlar otros dispositivos electrónicos o eléctricos tales como los sensores de detección de líneas y objetos, así como el sistema de impulsión, brindando estabilidad a las tareas requeridas. La tecnología NFC se ha elegido debido a la alta velocidad de transferencia de datos con que cuenta, baja interferencia con otros dispositivos de radiofrecuencia, y consumo reducido de energía.

2.2 Integración de los componentes del prototipo móvil

La integración de los componentes electrónicos del prototipo móvil y su distribución se muestran la Figura 1. se observa que el Arduino Mega está conectado al regulador de voltaje, esto es debido a que necesita de una fuente estable de 3.3 V a 5V, enseguida se conecta a la red de sensores, así como al módulo de lectura NFC. El Arduino también debe de estar conectado al puente H para mantenerse en constante giro las ruedas que van conectadas a los motores para mantener el curso fijado y respetar los señalamientos que se encuentran en las tarjetas NFC.

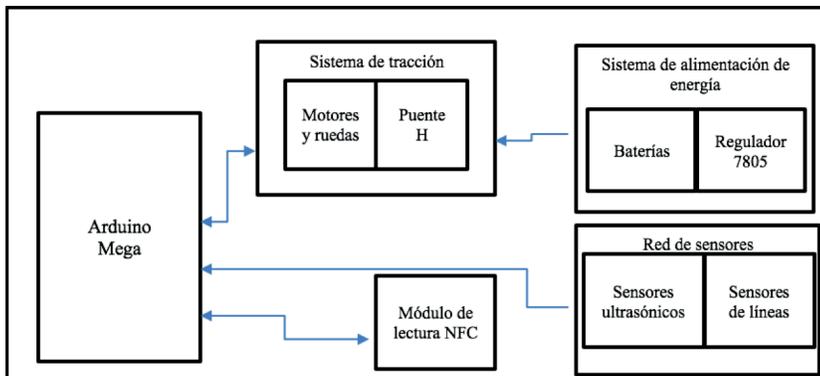


Figura 1. Diagrama de bloques del prototipo móvil.

La distribución física de los componentes se puede observar en la Figura 2. En primera instancia los sensores ultrasónicos se encuentran ubicados en la parte frontal y en los dos costados (U3, U1 y U2) respectivamente del móvil, para detectar objetos que pudiesen impactar, y así anticipar su respuesta de evasión. Los sensores de línea se ubican en la zona inferior del chasis (SL1, SL2, SL3, SL4) en las cuatro esquinas, para leer constantemente la superficie por la cual se desliza y evitar salir de su trayectoria. El lector de tarjetas se ubica en la parte frontal inferior del chasis (PN532) debido a que deberá leer las tarjetas NFC. Es necesario aclarar que la señal no traspasa componentes metálicos o con grosor de más de 3 mm. El sistema de impulsión se encuentra en la parte posterior y frontal, en cada esquina se incluyen un motor (M1, M2, M3 y M4) y están conectados

al puente H. Las baterías se ubican en el interior del móvil y están por encima de los módulos principales, estas son las encargadas de alimentar a todos los componentes electrónicos y eléctricos. El puente H está conectado a las baterías de forma directa.

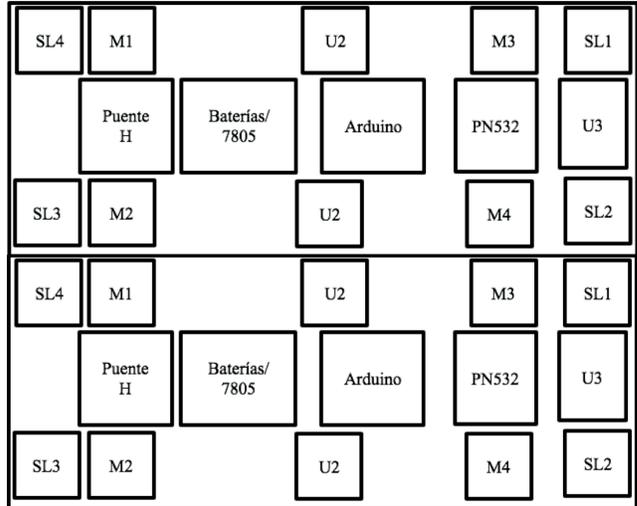


Figura 2. Diagrama de distribución física de componentes del prototipo móvil.

El móvil deberá ser probado en una superficie que simula ser una vialidad, que se encuentre en una ciudad, para los cual se ha diseñado una pista de 1.8 m de largo y .7 m de ancho, en la Figura 3 se presenta el modelo de la vialidad, como se puede apreciar se incluyen las tarjetas NFC (T1 y T2) que contendrán las instrucciones a ejecutar.

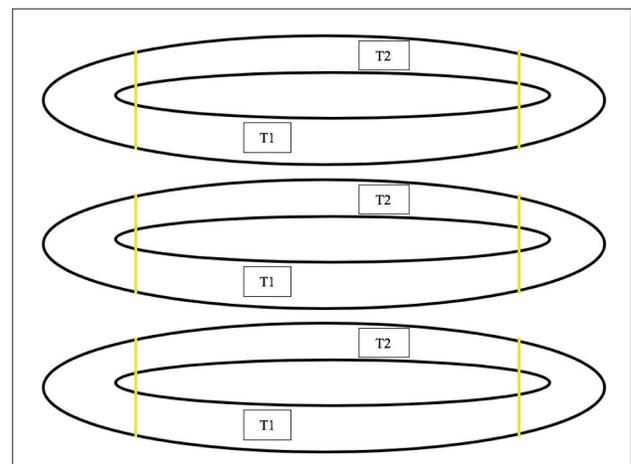


Figura 3. Diagrama representativo de la vialidad.

2.3 Diseño lógico del prototipo móvil

El prototipo ha sido desarrollado con la finalidad de gene-

rar tecnología para ciudades inteligentes, la cual permite sustituir reductores de velocidad físicos, señalamientos, semáforos, entre otros, siendo una propuesta viable para establecer experimentos destinados a encontrar soluciones a la conducción y evitar percances con peatones, reductores de velocidad, entre otros, que pueden dañar la integridad de los vehículos, peatones y de los conductores, así como reducir el gasto de combustible y desgaste de los elementos de la suspensión tales como las llantas, amortiguadores y resortes.

El móvil debe de evitar impactar a objetos durante su recorrido y respetar límites de velocidad, cruces peatonales y semáforos, mediante las tarjetas NFC, las cuales están al nivel de la superficie de la pista. Durante este primer diseño no se han considerado otros vehículos que estén a la par en movimiento, debido a la complejidad que requiere la coordinación de móviles, además de la implantación forzosa de un área de experimentación más grande.

El prototipo móvil requiere de ejecutar una serie de sentencias para cumplir con los objetivos anteriormente planteados. La lógica del prototipo consiste en recorrer un camino simulado, con la finalidad de detectar las tarjetas NFC, las cuales contienen las instrucciones para realizar las siguientes acciones:

- 1.- Si se indica alto total, el móvil deberá de detener su trayectoria.
- 2.- Si se indica reducción de velocidad, el móvil deberá de disminuir su velocidad hasta cumplir con el dato leído, durante un determinado momento, o hasta que lea la siguiente tarjeta.
- 3.- Si se indica zona de peatones, el prototipo disminuye su velocidad hasta llegar a un 10%.
4. Cuando el prototipo detecta que existe un objeto en frente de él y previamente leyó una instrucción de siga, este deberá de reducir su velocidad hasta 0 para evitar impactar al objeto.

El estado inicial del prototipo móvil es estar en movimiento, y la velocidad de inicio depende de la variable v que se asigne, esta variable está directamente relacionada con la energía que se suministra a los motores mediante el puente H, la cual va de 0 a 100, siendo 0 el estado de reposo y 100 el estado máximo de energía, el proceso de control se efectúa mediante una señal PWM (Pulse Width Modulation). Para variar la velocidad del prototipo es necesario que ocurran una de las dos situaciones: la primera es, si encuentra un objeto en su camino mediante el sensor inalámbrico, se detiene, o bien, si lee una tarjeta NFC la cual puede indicar lo siguiente:

- 1.- Reducción de velocidad, el móvil desacelera durante un intervalo de tiempo t , el cual se mide en segundos, el valor de k puede ir de 0 a n , y puede cambiar si y sólo si t agota su valor o detecta a un peatón, o bien, lee alguna otra tarjeta con otra instrucción.
- 2.- Aumento de velocidad, el aumento de velocidad al igual que la reducción está relacionada con el valor de t , siendo un valor de 0 a n , y puede incrementar la velocidad del móvil a $x1$ (velocidad actual) + $x2$ (diferencia de velocidad deseada), la cual va en relación a un máximo de 100, y puede cambiar si y sólo si t agota su valor o detecta a un peatón, o bien, lee alguna otra tarjeta con otra instrucción.
- 3.- Alto total, esta condición se genera cuando el móvil detecta un peatón, o se lee una tarjeta NFC que representa un semáforo o la simulación de un cruce peatonal con semáforo en rojo. El tiempo de duración siempre está en relación a la duración de t .

La prioridad del prototipo móvil son objetos que se crucen durante su trayectoria. El modelo que se observa en la Figura 4, presenta el flujo de los estados a los cuales el prototipo puede llegar. El círculo verde representa el inicio, todos los círculos azules representan las posibles acciones del móvil, y el círculo rojo representan el estado final al que puede llegar el móvil. Las líneas azules representan el flujo de acciones continuas, las líneas punteadas representan los cambios de acciones del móvil cuando se presenta una acción de mayor prioridad.

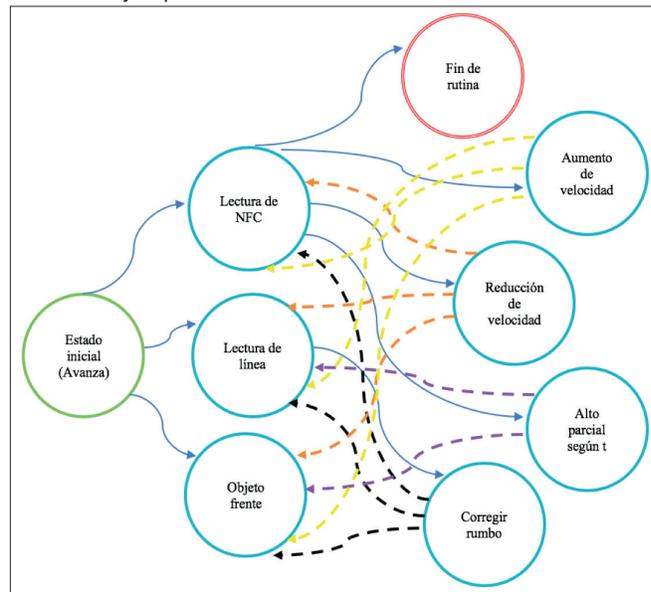


Figura 4. Estados del prototipo móvil.

2.4 Seguridad del mecanismo de lectura

Las instrucciones que están contenidas en las tarjetas NFC,

requieren de un mecanismo de seguridad, que evite su manipulación incorrecta y consiste en distribuir la información a través de una función que permite ordenar los datos en matrices de un tamaño MN calculado a partir de la longitud del texto que se ha insertado. Generalmente para cadena primero se especifica la acción, seguida por el tiempo de duración y algún valor ya sea de incremento o reducción. En este proceso se emplea el siguiente algoritmo.

- 1.- Leer la cadena de texto a insertar
- 2.- Extraer los símbolos
- 3.- Introducir el texto en una matriz cuadrada cuyo número base se aproxime a la longitud de la cadena de texto
- 4.- Generar un número de matrices igual a la cantidad de símbolo obtenidos de la cadena
- 5.- Cada matriz contiene únicamente un solo tipo de símbolos
- 6.- Grabar cada matriz en la tarjeta NFC
- 7.- Grabar las reglas de extracción en el Arduino
- 8.- Finalizar secuencia

Las reglas de extracción consisten en ubicar los símbolos con un orden específico para poder recuperar el mensaje oculto mediante un compilador que está escrito en el Arduino, el cual se encarga de interpretar las reglas embebidas y posteriormente llama a recuperar los datos ocultos en la memoria.

3 Resultados

En la presente sección se especifican las condiciones con las que se realizaron las pruebas al prototipo móvil y la cantidad de elementos que se incluyeron en ellas.

El circuito empleado para las pruebas está basado en las especificaciones de la sección 2.2, como se puede observar en la Figura 5 a, mientras que el prototipo final se puede observar en la Figura 5 (b).



Figura 5. Circuito de pruebas (a) y prototipo móvil final (b).

Se han considerado tres corridas para las pruebas del móvil, a continuación se describen las actividades realizadas por este y los resultados obtenidos.

Primera corrida: El prototipo móvil recorre la pista por un camino con una velocidad del 35%, según la programación que se ha desarrollado en el Arduino, este deberá leer las dos tarjetas que se han puesto sobre la pista, en donde la primera contiene la indicación de reducción de velocidad por zona peatonal, por lo tanto, disminuye su andar en un 80 %. En esta prueba se ha colocado un objeto que simula ser un peatón y el prototipo ha detenido su paso, cuando el objeto se ha retirado el vehículo, continúa su paso hasta que lee la siguiente tarjeta, la cual indica restablecer su velocidad.

Segunda corrida. El prototipo inicia recorriendo la pista con una velocidad del 25%, hasta que lee la primera tarjeta, la cual indica alto total y el tiempo de detención es de 20 segundos. Terminando el tiempo de detención deberá de terminar para reanudar su velocidad a un 25%. La segunda tarjeta que lee contiene la instrucción de incrementar la velocidad a un 40%

Tercera corrida. El prototipo inicia recorriendo la pista con una velocidad del 15%, lee la primer tarjeta la cual indica que debe de incrementar la velocidad en un 15%, posteriormente el prototipo detectar un objeto y detiene el paso, al quitar el objeto reanuda su trayectoria y lee la siguiente tarjeta, la cual indica incremento de velocidad en un 30%. Terminado el recorrido con las dos primeras tarjeta se sustituyen por otras dos tarjetas, la tercer tarjeta indica reducción de un 10 % con un retardo de 10 segundos. Finalmente la última tarjeta indica alto total.

De acuerdo a los datos observados, el prototipo móvil concluyó las pruebas satisfactoriamente, al momento de reducir la velocidad el móvil ejecutó exitosamente las instrucciones, aunque se ha notado un retraso en la señal de 0.2 segundos en cada transición, ya sea al momento de pasar del estado de incremento de velocidad a reducción, o de reducción a paro total. El móvil al momento de detectar la desviación del camino detiene los motores del lado contrario para lograr la corrección de su trayectoria, esto se produjo debido a que la superficie de la pista sufre de pequeñas imperfecciones, las cuales generan que se desvíe, las correcciones sobre el camino han sido correctas. La Figura 6 a y 6 b muestran al prototipo en los recorridos en la pista según las pruebas 2 y 3 respectivamente.



Figura 6. Recorridos del prototipo móvil para pruebas 2 y 3.

En la Tabla 1 se presenta el resumen de las actividades realizadas por el prototipo móvil.

Tabla 1. Resumen de corridas del prototipo del móvil

Prueba	Número de tarjetas leídas	Resumen de actividades realizadas	Incidentes
1	2	Reducción de velocidad y alto total por detección de objetos	Sin incidentes
2	2	Detección y aumento de velocidad de forma correcta	Sin incidentes
3	4	Las transiciones de los estados que indican avanzar, detenerse y volver a reanudar su trayectoria se ejecutan de forma exitosa	Sin incidentes

4 Conclusiones

Las tarjetas NFC logró detectar que contenían las instrucciones de reducción de velocidad, altos totales con intervalos definidos de reposo, y evitar impactar con los objetos que simulaban a los peatones. Por otro lado, la incorporación de tecnología NFC ha permitido realizar la lectura de datos de forma adecuada sin tiempo de retardo.

El resultado de simulación del prototipo móvil se puede observar que el mecanismo de seguridad ha funcionado adecuadamente, ya que el móvil consiguió leer y ejecutar las instrucciones almacenadas en las tarjetas sin que el algoritmo protección ralentizará su accionar de forma notoria.

Como trabajo a futuro se propone crear un entorno con otros objetos móviles para generar una red entre los objetos que circulan y establecer un sistema de reglas que les permita establecer preferencias de curso en el circuito. Por otra parte se propone realizar experimentos con la tecnología RFID, para corroborar si se puede elevar la distancia de lectura de las instrucciones y la velocidad de circulación, para obtener resultados que se apeguen más a entornos con menores restricciones.

Referencias bibliográficas

Bouskela M. (2016). La ruta hacia las Smart Cities Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. BID

Chaib S. (2004). Adaptive, pid and fuzzy control: a comparison of controllers for vehicle lane keeping. IEEE Intelligent Vehicles Symposium.

Clavero D. (2018). Hyundai propone usar tecnología NFC de tu smartphone para abrir y cerrar el coche Disponible en <http://www.greencarcongress.com/2012/12/hyundai-20121221.html>.

Conacyt.(2018). Mexicanos crean tope inteligente para reducir contaminación. Disponible en <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/transportes/6128-y-ahora-topes-inteligentes>

Coskun V. y Ozdenizci B. (2010). Communication From Theory to Practice. In Proc. of International Conference on Management Technology and Applications (ICMTA). Singapur.

Wiley (2012). Near field communication (NFC): from theory to practice: Primera edición.

Naranjo JE., González C, García R, de Pedro T y Haber RE. (2005). Powersteering control architecture for automatic driving. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.; 406-415:1524-9050.

Oxer JBH. (2009). Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware. Primera edición. Apress

Rojas JP, Bustos, JC y Ordoñez.(2017). Transporte público inteligente al alcance de tus manos. Enfoque UTE, V.7

Zygiaris S. (2013). Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems, Springer, 217–231.