

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica

Curso de Taller Integrador

Avance 1 Proyecto final

Integrantes:

Kevin Barquero Loría - 2016038605 - kevin050998@gmail.com

Pablo Chaves Alfaro -2017007204 - pchavesa11@gmail.com

Agustín Delgado Sancho - 2017149137 - ahusjads@gmail.com

Repositorio: github.com/kevinbarlo/ProyectoAireCartago.git

Profesor:

José Alberto Díaz

I Semestre

2021

Contenido

1.Problema	3
2.Investigación	3
3. Estimación de la solución	8
4. Objetivos de la solución	9
Referencias	10

1.Problema

El aumento de la población, especialmente en las ciudades, y el mal servicio de los transportes públicos genera que exista alta cantidad de vehículos particulares circulando, la mayoría de los cuales utiliza combustibles fósiles para el funcionamiento de su motor. La liberación de sustancias durante la combustión, como dióxido de carbono, hidrocarburos no consumidos, monóxido de nitrógeno, amoníaco, monóxido de carbono, entre otras [1], son perjudiciales para el ser humano y provocan un amplio rango de afectaciones.

Lo antes mencionado señala el problema que se busca atacar en el presente proyecto es la afectación que produce la contaminación causada por el transporte en las personas.

2.Investigación

En el contexto actual costarricense pareciera necesario o imprescindible el poseer un vehículo, entre diferentes motivos se puede mencionar el mal servicio de transporte público, así como la nula interconexión entre los diferentes medios, la inseguridad ciudadana, además de otros factores como la ubicación de las principales fuentes de empleo (Gran Área Metropolitana - GAM) y los altos precios tanto para compra como para alquiler de vivienda.

Según el informe del Estado de la Nación, Costa Rica es el tercer país de Latinoamérica con mayor densidad vehicular [2]. El mismo informe, pero del 2020 reporta que cada vehículo en promedio recorre 50,5 km diarios, asimismo, en el reporte se señala que la flota vehicular del país crece un 6% anualmente y esto lo corrobora el gráfico de la figura 1. También el informe indica que al menos un 50% de las personas no trabaja en el mismo cantón que vive, teniendo que desplazarse por algún medio de transporte a diario y usualmente este transporte es motorizado. Por su parte el transporte es señalado como el principal contaminante del aire en nuestro país ya que representa un 65% del total. [3]

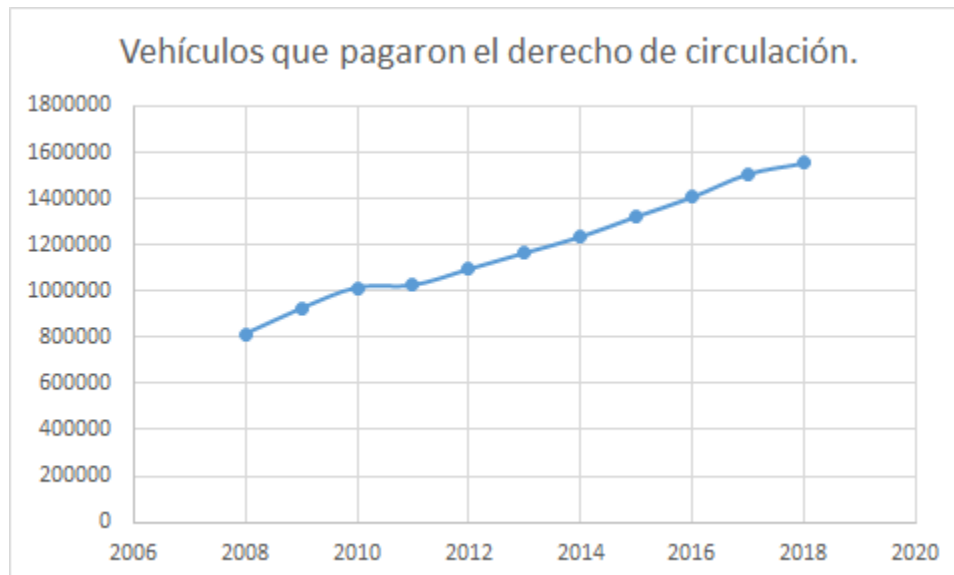


Figura 1. Cantidad de vehículos por año que pagaron el marchamo en Costa Rica.
Fuente: Programa Estado de la Nación. [3]

El mismo estudio refleja que el 60% de los vehículos tienen más de diez años de antigüedad, esto es algo preocupante ya que los motores más antiguos son los más contaminantes. Aunado a esto, los resultados del estudio muestran que los vehículos son los que más emiten monóxido de carbono e hidrocarburos, aun así no tanto dióxido de carbono. Sin embargo, los dos primeros son los que afectan a la salud humana directamente, mientras que el CO₂ aumenta el calentamiento global. [3]

Según un estudio de la Universidad Nacional (UNA) hay puntos de la GAM en los cuales se supera la cantidad de emisiones límite que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS), factor que afecta el bienestar y el sistema de defensa en las personas; esto conlleva a padecimientos del sistema respiratorio que además de ser peligrosos para el ser humano representan altos costos para el estado. De acuerdo con un estudio del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y Cepal-Euroclima si se controlan las emisiones para reducirlas a los límites que establece la OMS, el país podría evitar 229 muertes, 563 casos de bronquitis crónica y un total de 7079 crisis asmáticas en niños y adultos. El gráfico de la figura 2 muestra la tasa de mortalidad del país desde el 2008 hasta el 2018 a causa de enfermedades respiratorias. En cuanto al tema económico, una

investigación realizada en el año 2011 determinó que los gastos anuales del sistema de salud producto de la contaminación del aire rondan los \$280 millones. [3]



Figura 2. Tasa de mortalidad por aparato respiratorio en Costa Rica.
Fuente: Programa Estado de la Nación. [3]

El problema de la contaminación del aire es algo global y no meramente del país o de países en vías de desarrollo. En Estados Unidos, por ejemplo, la Asociación Americana del Pulmón encontró que el 40% de los estadounidenses viven con niveles insanos de ozono y materia particulada, esto representa a 141 millones de personas. [4]

También en EE. UU. la Universidad Harvard realizó una investigación que mostró una relación entre la contaminación del aire y la tasa de muertes a causa del Covid-19 tomando como muestra 3080 condados. Dicha investigación encontró que un aumento de un microgramo de materia particulada por metro cúbico conlleva a un aumento del 15% de muertes. [5]

Las principales afectaciones se manifiestan en el sistema respiratorio. Entre las problemáticas presentes están agravamiento del asma, reducción de la capacidad pulmonar, inflamación de tractos respiratorios. A pesar de que el sistema respiratorio es el principal afectado debido a la contaminación del aire, no es el único; el ser humano puede percibir daños en la cabeza (demencia, enfermedades

neurodegenerativas, ictus, entre otras), en el corazón (infarto de miocardio, arritmia, fallo congestivo y enfermedades cardiovasculares), en el aparato reproductor y los fetos (Preeclampsia, reducción en la calidad del esperma, nacimiento prematuro y peso reducido al nacer). [6]

Otras afectaciones que las personas pueden sufrir son trombosis de arteria profunda y diabetes. Se pueden presentar problemas en el bazo y la sangre, así como aumentar la probabilidad de adquirir infecciones. Los contaminantes criterio, como se les denomina a los productos de la contaminación aérea nocivos al ser humano [1], además pueden provocar efectos perjudiciales en el medio ambiente, que se pueden ver reflejados en más daños a la salud, como lo es la acidificación del suelo, contaminación de aguas superficiales, modificación del ciclo pluvial, entre otros [8].

En el caso del cantón de Cartago la contaminación aérea constituye una problemática seria. De acuerdo con [9], la contaminación per cápita es tres veces mayor al resto del país. Esto se visualiza por ejemplo en las emisiones de CO₂, las cuales fueron de 11 millones de toneladas a nivel país durante el 2019, de los cuales 1 millón corresponden únicamente a Cartago. Otra contextualización viene por parte de la cantidad de vehículos a nivel país y a nivel cantonal. En el país la flota vehicular asciende a aproximadamente dos millones y medio para el año 2019 [10]. Sin embargo, el cantón de Cartago alberga al menos 11 mil vehículos en tan solo un 0,3% de la superficie total del país. [11]

El problema de la contaminación causada por los vehículos en áreas urbanas requiere de una solución eficiente y pronta. En ese sentido, las ciudades inteligentes son una opción que busca mejorar la vida de sus habitantes y las ventajas que ofrecen permiten atacar el problema en cuestión. La ciudad de Estrasburgo, Francia, es un ejemplo de cómo se puede combatir la contaminación del aire en una ciudad inteligente [12]. Mediante modelos y simulaciones computacionales, en esta ciudad se ha optimizado el uso de luces de semáforos para disminuir el tiempo que los vehículos se encuentran detenidos en ellos. Esto ha resultado en una disminución considerable de la emisión de partículas contaminantes.

Existen distintos software de simulación de tráfico vehicular. El texto [13] muestra el desarrollo de una simulación del tráfico de la ciudad de Kobe, en Japón, haciendo uso del simulador SUMO. Al comparar la simulación con información real de la ciudad, el trabajo mostró resultados favorables, con capacidad de mejora del algoritmo principal. Además, existen otras herramientas como CityFlow, la cual es de código abierto y más rápida que SUMO [<https://cityflow-project.github.io/>].

Por otra parte, el texto [14] presenta el desarrollo de un algoritmo de optimización de semáforos basado en aprendizaje reforzado. Este método se probó experimentalmente y permitió reducir el tiempo de espera de los vehículos en los semáforos en hasta un 25 %. Existe variedad de trabajos de investigación en este tema. En [15] también se utilizan técnicas de aprendizaje de máquinas por refuerzo. En [16] se desarrolla un algoritmo que es capaz de responder a los cambios en el flujo vehicular para minimizar los tiempos de espera. El texto [17] incluye el prototipado de un sistema embebido en conjunto con la simulación. La optimización permitió reducir los tiempos promedio de espera.

Estos trabajos en el desarrollo algoritmos de simulación y optimización del tráfico vehicular muestran que es posible reducir el tiempo que gastan los vehículos en paradas innecesarias debido a la señalización. Con la reducción del tiempo que tardan los vehículos en carretera, es posible reducir la contaminación que causan, tal y como ocurrió en el caso de la ciudad de Estrasburgo, mencionado anteriormente.

Por otra parte, como se sugiere en [18], es necesaria información sobre la ciudad, incluyendo una réplica digital de la misma, datos sobre las emisiones de partículas contaminantes, estatus del tráfico, ubicación de las señales de tránsito, entre otros. Esta información permite tomar decisiones sobre las medidas necesarias para reducir la polución. Además, puede ser integrada con el manejo inteligente de tráfico para obtener mejores resultados.

Una forma de obtener la información sobre la contaminación del aire que se requiere para atacar el problema en cuestión es con el internet de las cosas (IoT). El texto [13] muestra el desarrollo de una aplicación de IoT para el monitoreo de la

calidad del aire. Esta es una aplicación sencilla en la que se tienen sensores que envían datos de manera periódica a un servidor, al cual se puede acceder para visualizar la información. Por otra parte, en [13] se presenta el desarrollo de otra solución basada en el mismo concepto. En ambos casos, las aplicaciones son pruebas de concepto que muestran resultados favorables para su desarrollo a una escala mayor.

3. Estimación de la solución

Tal y como se ha descrito la contaminación del aire y por sus características se puede definir como un asesino silencioso, ya que poco a poco provoca deterioros en la salud de las personas y en pocos casos es identificado como causante. Por esto, es importante inicialmente controlar las emisiones, para generar datos, información y concientizar a la población al respecto. Además, una vez con la información se pueden tomar medidas al respecto para mitigar dicha contaminación y así obtener un aire más limpio; caso contrario, empezar a implementar medidas sin conocer la situación sería una apuesta con altas probabilidades de fracaso.

Así, la solución que se plantea es una red de sensores, colocados en el centro de la ciudad de Cartago, que puedan medir la concentración de contaminantes en tiempo real en el aire. Estos sensores deben recoger información sobre concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, ya que así se mide la presencia de productos de carbono y de productos de nitrógeno en el aire. Es pertinente utilizar sensores electroquímicos, pues estos permiten medir estas sustancias mencionadas y también cuentan con la ventaja de tener un buen tiempo de respuesta.

Una vez obtenida la información, esta se utilizará para determinar si los contaminantes superan los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud, así como del Ministerio de Salud de Costa Rica. Cuando ocurra esta situación se deben mostrar mensajes en pantallas, implementadas sobre carretera, que adviertan a los transeúntes de la situación. A su vez los datos serán usados para controlar un sistema inteligente de manejo del tráfico. Este consistirá en

semáforos inteligentes que reduzcan las paradas de los automóviles en los cruces, permitiendo así un flujo más ágil del tráfico por las zonas de mayor concentración de contaminantes.

Por último, el sistema planteado debe recolectar los datos obtenidos a través del tiempo, de manera que sea posible diseñar gráficas y otras visualizaciones de información. Esto será utilizado para comparar resultados o para generar estadísticas para encaminar políticas públicas a futuro en base a la información obtenida.

4. Objetivos de la solución

Objetivo general: Diseñar un sistema capaz de monitorizar y regular las emisiones producidas por el transporte motorizado, con el fin de reducir las afectaciones en las personas, a través de una red de sensores y un sistema de optimización del tráfico vehicular mediante semáforos inteligentes.

Objetivos específicos:

- Obtener información de la calidad del aire dentro de la red de sensores.
- Generar datos, estadísticas y gráficas a partir de los datos obtenidos para concientizar a la ciudadanía, así como generar un registro.
- Demostrar el funcionamiento inteligente de los semáforos, para agilizar el tráfico y disminuir concentraciones de sustancias nocivas.

Referencias

- [1] J. Herrera, "Inventario de emisiones de contaminantes criterio de Costa Rica en 2011", Revista Ciencias Ambientales, no.48, pp. 5-20, 2014.
- [2] L. Sanchez Hernandez, "Diagnóstico sobre la situación del transporte y la movilidad en Costa Rica", Programa Estado de la Nación, 2018.
- [3] Programa Estado de la Nación, "Informe 2020," 17 noviembre 2020. [Online]. Disponible: <https://estadonacion.or.cr/informe/?id=2c63d393-6c6d-4a24-bfa0-a3facd5d0afb>. [Accesado: marzo 2021].
- [4] Smart Cities Dive, "Report: 40% of Americans live with unhealthy air," 25 abril 2019. [Online]. Disponible: <https://www.smartcitiesdive.com/news/report-40-of-americans-live-with-unhealthy-air/553407/>. [Accesado: marzo 2021].
- [5] Smart Cities Dive, "Higher air pollution linked to coronavirus deaths: study," 8 abril 2020. [Online]. Disponible: <https://www.smartcitiesdive.com/news/coronavirus-air-pollution-higher-deaths-harvard-study/575698/>. [Accesado: marzo 2021].
- [6] El País, "Cinco maneras en que la ciudad nos enferma y cómo evitarlo," 4 abril 2018. [Online]. Disponible: https://elpais.com/elpais/2018/04/03/seres_urbanos/1522768082_511495.html. [Accesado: marzo 2021].
- [7] L. Sanchez Hernandez, "Diagnóstico sobre la situación del transporte y la movilidad en Costa Rica", Programa Estado de la Nación, 2018.
- [8] J. Herrera, "Estado de la Calidad del aire Área Metropolitana de Costa Rica", Ministerio de Ambiente y Energía, 2012.
- [9] S. Rodriguez, "Emisiones por habitante de Cartago son tres veces mayores al promedio nacional", AmeliaRueda.com, para. 14, Marzo, 2021. [En línea]. Disponible en: www.ameliarueda.com.
- [10] K. Hidalgo, "Flota vehicular de Costa Rica se duplica cada 16 años, pero carreteras son las mismas de hace 30", AmeliaRueda.com, para. 14, Marzo, 2021. [En línea]. Disponible en: www.ameliarueda.com.
- [11] M. Coto Solano, "Estimación de demanda de tránsito en la carretera Florencio del Castillo, Costa Rica", Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2018.
- [12] K. Stifter, "How to tackle air pollution in cities with intelligent traffic management", Open Access Government. [En línea] Recuperado el 14, Marzo, 2021, de <https://www.openaccessgovernment.org/tackle-air-pollution-traffic-management/80081/>
- [13] Y. Asano et al, "Traffic simulation of kobe-city," in Proceedings of the International Conference on Social Modeling and Simulation, Plus Econophysics Colloquium 20, 2015, .
- [14] M. Wiering, J. Vreeken, J. van Veenen and A. Koopman, "Simulation and optimization of traffic in a city," IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004, Parma, Italy, 2004, pp. 453-458, doi: 10.1109/IVS.2004.1336426.
- [15] H. Joo and Y. Lim, "Reinforcement Learning for Traffic Signal Timing Optimization," 2020 International Conference on Information Networking (ICOIN), Barcelona, Spain, 2020, pp. 738-742, doi: 10.1109/ICOIN48656.2020.9016568.

- [16] P. Zhou, Z. Fang, H. Dong, J. Liu and S. Pan, "Data analysis with multi-objective optimization algorithm: A study in smart traffic signal system," 2017 IEEE 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA), London, UK, 2017, pp. 307-310, doi: 10.1109/SERA.2017.7965743.
- [17] P. Hsieh, Y. Chen, W. Wu and P. Hsiung, "Timing Optimization and Control for Smart Traffic," 2014 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings), and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom), Taipei, Taiwan, 2014, pp. 9-16, doi: 10.1109/iThings.2014.11.
- [18] C. Toma et al, "IoT solution for smart cities' pollution monitoring and the security challenges," Sensors, vol. 19, (15), pp. 3401, 2019.