

Modelo de Verificación para el Desarrollo de un Sistema de Control Monitoreo de Tráfico Vehicular mediante Semáforos Inteligentes usando VDM++

Yoset Cozco¹, Anampa Diego², Gabriela Quispe³, María Quijia⁴

¹⁻⁴ Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas,

Universidad Nacional de San Agustín,

Arequipa, Perú.

ycozco@unsa.edu.pe

danampa@unsa.edu.pe

gguispequispe@unsa.edu.pe

mquijia@unsa.edu.pe

Resumen—Español

Palabras Clave—modelos

Abstract—Ingles

Keywords—model

I. INTRODUCCIÓN

El incremento del parque automotor en las vías de nuestra ciudad, por el aumento de necesidad en las personas, de movilizarse para el cumplimiento de sus labores diarias. Este crecimiento hace necesario el desarrollo de sistemas de semaforización más robustos, que permitan una oportuna detección y notificación de fallas, contribuyendo de manera significativa en lograr la reducción en la contaminación tanto ambiental como auditiva, evitando las congestiones, al reducir el tiempo de traslado de automotores y peatones a través de nuestra ciudad. Otro punto importante que tomaremos en cuenta es reducir los accidentes causados por la imprudencia de peatones y conductores, reacciones provocadas por semáforos que no cumplen con sus funciones correctamente, logrando disminuir adicionalmente el estrés a los que se exponen peatones y conductores.

Se han propuesto algunas estrategias como adaptar el tiempo de semáforos (Chunxiao y Shimamoto, 2012) y otras relacionadas a la inversión en infraestructura vial (Palomas y Alvarez, 2010; Gradilla et al., 2011).

Alrededor del mundo se han desarrollado un gran número de soluciones, que están soportadas de manera correcta y escalable, en la que existe una correcta comunicación entre el controlador de tráfico y la central de monitoreo de tráfico.

Actualmente existen protocolos de comunicación abiertos para los sistemas de transporte inteligentes de transporte como lo son: UTM, OCIT, AENOR/CTN 135-SC4 y NTCIP. Entre los protocolos se destacan las arquitecturas: SCATS, WHODES, UTOPIA, MODERATO y BEFA 1.

Con el fin de aprovechar todas estas tecnologías disponibles desarrollaremos un sistema que se adapte a las necesidades de nuestra sociedad, capaz de ser escalable, con una red robusta, y compatible con los protocolos de larga trayectoria como lo es

TCP/IP.

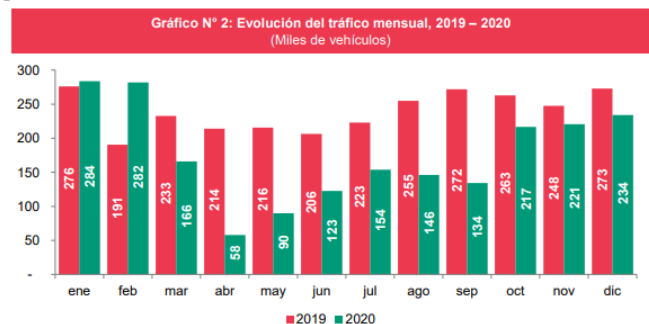
II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El tráfico vehicular es la conglomeración de automóviles en una zona o autopista. Algunas de las causas suelen ser el propio estado de las vías que a veces quedan obsoletas[1], el crecimiento del parque automotor o la mala distribución de las vías o autopistas que han sido construidas para un tráfico menor al que soportan.

Además, en la mayoría de lugares existe una semaforización deficiente; suelen estar inoperativos o con una mala distribución de los tiempos. Se les programa más tiempo en vías que no son principales y menos tiempo en aquellas que verdaderamente lo necesitan.

Según un estudio realizado por Moneybarn en el presente año, una compañía inglesa de financiamiento vehicular, menciona que Perú es el país que tiene el peor tráfico en todo el mundo, nuestro país tiene un nivel de congestión promedio de 42%, es decir, un viaje tarda 42% más de lo que tardaría sin tráfico. [2]

Por otro lado, la informalidad de transporte genera mayor congestión vehicular y demora para llegar a los centros laborales lo cual termina ocasionando estrés, cansancio, e irritabilidad en las personas.



Fuente: COVINCA S.A.
Elaboración: Gerencia de regulación y Estudios Económicos - Ositrán

Figura 1: Evolución del tráfico mensual, 2019 - 2020. Fuente COVINCA S.A.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en Arequipa del tráfico en 2020, en comparación con 2019. Como se aprecia, entre los meses de marzo y septiembre de 2020, se observa que el flujo registró la mayor afectación con relación a los mismos meses del año anterior.

A partir de octubre de 2020, si bien se observa una recuperación del tráfico en un contexto de reactivación progresiva de la economía y de la reducción de restricciones al transporte, no lograron superar los niveles registrados en los mismos meses del año anterior.

Esto debido al mayor desplazamiento de personas y vehículos e incentivado por el recorte del horario de toque de queda, la reanudación de las actividades comerciales y por el mayor número de personas vacunadas contra el COVID-19.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

A. Sistema de comunicación para el control de tráfico vehicular

El trabajo desarrollado por Pedraza [3], plantea un diagrama general del sistema, compuesto por tarjetas principales así como por tarjetas de potencia las cuales van permitir el encendido de los semáforos así como permitir el monitoreo correcto de las luces de los semáforos presentes en dicha intersección. El modelo que plantean, va estar compuesta por una vía en cada sentido:

- Sur a Norte
- Este a Oeste

además cada vía va tener un semáforo vehicular, y dos peatonales en cada intersección.

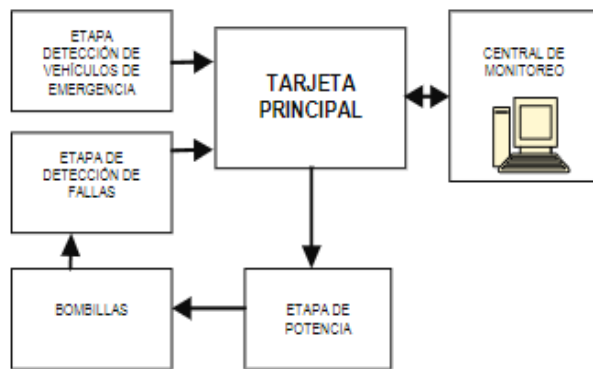


Figura 2: Esquema del Sistema

B. Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular

En el artículo desarrollado por [4], se plantea el desarrollo de un prototipo de un controlador de tráfico vehicular, el cual se basa en el protocolo TCP/IP, para monitorear y controlar remotamente el funcionamiento de las luces de los semáforos de una intersección vehicular. Los resultados muestran los tiempos de comunicación entre la central y el controlador de tráfico. Para el desarrollo de esta propuesta se usa la tarjeta BigAV (microcontrolador). Las conclusiones destacan la importancia del uso del protocolo TCP/IP en los sistemas de semaforización. Basándose en el uso de estrategias para solucionar problemas de tráfico vehicular, algunas se basan en adaptar el tiempo de los semáforos inteligentes.

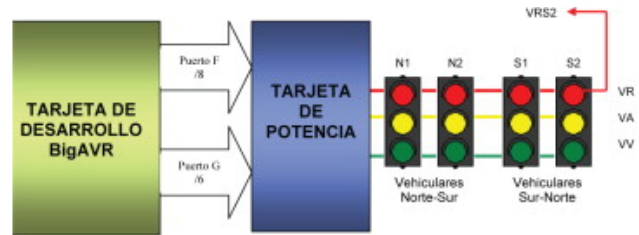


Figura 3: Tarjeta de Potencia y BigAVR

C. Sistema Autónomo de Control de Tráfico Vehicular para Intersecciones de Avenidas

En el artículo desarrollado por Sanchez [5], plantea un sistema de control, capaz de determinar los tiempos en el que los automóviles circulan por las vías de intersección, cuya información será brindada en tiempo real, del mismo modo las soluciones también serán dadas en tiempo real. Este sistema además contará con un sistema de comunicación inalámbrica capaz de enviar información a otras intersecciones aledañas y de este modo optimizar la congestión vehicular. Se basan en modelos ya existentes como por ejemplo el Sistema SCOOT.

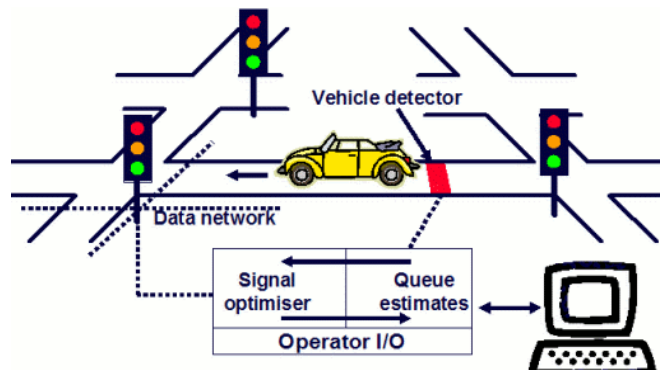


Figura 4: Esquema del Sistema- Intersecciones

D. Semáforo Inteligente para Regular el Tránsito Vehicular Basado en Open Hardware

En el artículo desarrollado por Peralta [6], plantea un prototipo de semáforo inteligente basado en un diseño electrónico así como un control mecánico electrónico con código sencillo. Este proyecto se basa en estudios, realizados en muchas partes del mundo en el cual se determina que el uso de este tipo de semáforos van a mejorar los tiempos de circulación de los vehículos así como de los peatones. También nos menciona de los semáforos los cuales son controlados por los trabajadores municipales, pero por el mal manejo de los tiempos muchas veces genera más tráfico vehicular, aglomeraciones y ciertas vías se encuentran totalmente libres.



Figura 5: Imagen Referencial del modelo

E. Comprobación de modelo acotado del sistema de control de semáforos

En el artículo desarrollado por [7], se plantea el desarrollo de un sistema de control, que van desde simples mecanismos de relojería hasta más complejos como control y coordinación computarizados, sofisticados, estos sistemas se van autoajustar para minimizar las demoras de las personas que usan las carreteras (tráfico vehicular). Por lo cual presentan Traffic Light Control System (TLCS), que es verificado por modelo checking acotado (BMC), mediante el uso de la herramienta BMC4PPTL.

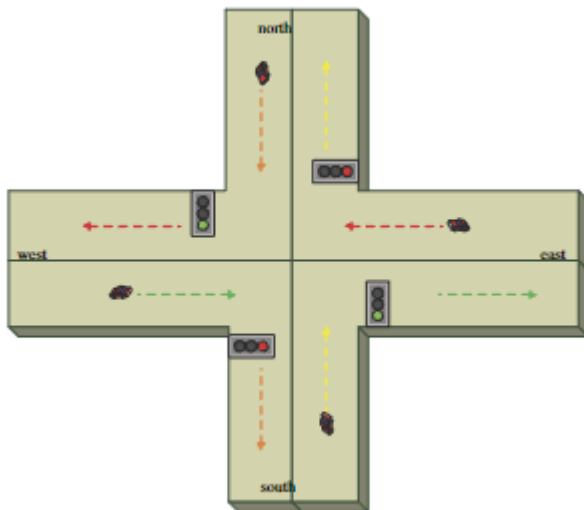


Figura 6: Modelo Intuitivo de un Cruce

IV. PROPUESTA

A. Requerimientos

Se plantearon requerimientos funcionales en base al sistema propuesto.

Código	REF-001
Nombre	Colección y análisis de estadísticas de tráfico
Actor	Artefacto tecnológico de colección
Descripción	La recolección de estadísticas de tráfico es importante para conocer cómo se comportan los datos, el análisis de esto va a generar una propuesta más cercana a la realidad.
Importancia	Alta
Comentario	Los estudios de tráfico se enfocan en el movimiento de vehículos de pasajeros y carga que circulan en un tramo de la carretera,

Código	REF-002
Nombre	Carriles de circulación por cámara
Actor	Artefacto tecnológico de colección
Descripción	El objetivo es el de dar información a las autoridades sobre el estado de las carreteras
Importancia	Alta
Comentario	Este tipo de cámara se suele instalar en zonas conflictivas en las que es posible que se produzcan aglomeraciones regulares.

Código	REF-003
Nombre	Detección automática de la violación de reglas de tránsito
Actor	Artefacto tecnológico de colección
Descripción	Violación del límite de velocidad, parada prohibida, prohibido adelantar, Conducción en dirección opuesta, vehículo incorrecto en la carretera, atascos de tráfico
Importancia	Alta

Comentario	Este requerimiento es de gran importancia para la seguridad vial y su incumplimiento supone una de las mayores causas de accidentes en todo el mundo.
------------	---

Código	REF-004
Nombre	Ajustes preconfigurados de los tipos de vehículos
Actor	Artefacto tecnológico de colección
Descripción	Se puede hacer una diferenciación de los vehículos según su peso, pero según su homologación existen otras categorías, las más conocidas son: M, N, O, L, T.
Importancia	Media
Comentario	No tener en cuenta las variables mencionadas o desconocer las posibilidades de regulación que los distintos componentes conlleva una pérdida de calidad en la reparación.

Código	REF-005
Nombre	Disponibilidad de semáforos inteligentes en Arequipa
Actor	Usuario final, agente
Descripción	El protocolo LEACH agrupa sensores en grupos para conservar energía. Para equilibrar el consumo de energía dentro de la red, el rol de CH se rota entre todos los nodos sensores.
Importancia	Media
Comentario	La disponibilidad de semáforos inteligentes en cuanto a políticas y logística es importante para lograr el objetivo.

IV.CONCLUSIONES

RECONOCIMIENTOS

REFERENCIAS

- [1] Leonardo Basurto y Rodrigo Yzaguirre. Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos este con Av. República de Panamá, Av. Tomas Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del RAMP METERING
- [2] Síndrome de Burnout y Resiliencia en colaboradores de una empresa de transportes de la Provincia Constitucional del Callao, 2021, pág 38.
- [3] C. Li and S. Shimamoto, "An Open Traffic Light Control Model for Reducing Vehicles' CO_2 Emissions Based on ETC Vehicles," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 61, no. 1, pp. 97-110, Jan. 2012, doi: 10.1109/TVT.2011.2168836.
- [4] Pedraza-Martinez, Luis Fernando, Cesar Augusto Hernandez-Suarez, Danilo Alfonso Lopez-Sarmiento. Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular. Ingenieria Investigacion y Tecnologia, XIV, 04 (2013)
- [5] T. Neudecker, N. An, Hannes Hartenstein, "Verification and evaluation of fail-safe Virtual Traffic Light applications" 2014
- [6] Peralta Fuentes, J. A., & Mendieta Zavala, J. C. (2017). Semáforo Inteligente para Regular el Tránsito Vehicular Basado en Open Hardware.
- [7] Bin Yu, Z. Duan, C. Tian, "Bounded Model Checking of Traffic Light Control System", 2014
- [8] Ositran. Informe de desempeño 2020. Concesión del tramo vial: Dv. Quilca – Dv. Arequipa (Repartición) – Dv. Matarani – Dv. Moquegua – Dv. Ilo – Tacna – La Concordia. Pág. 12.
- [9]