

SISTEMA DE CAPTACIÓN AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DE TRÁFICO VEHICULAR EN VÍAS

Espitia Cuadros, Milton Alexander, Páez Cobos, Javier Gilberto.
miaespitiac@correo.udistrital.edu.co, jgpaezc@correo.udistrital.edu.co
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Resumen— El desarrollo de este documento se enfocó en el diseño y programación de un sistema de captación de datos de tráfico vehicular con el fin de evaluar las condiciones y velocidades de los vehículos en las diferentes vías.

Índice de Términos—Lazo inductivo, cálculo de velocidad, ECOSTRUXURE MACHINE EXPERT

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tránsito automotor es el principal medio de transporte a nivel mundial, gracias a este sistema se moviliza casi la totalidad de soluciones con las que cuenta el ser humano para su subsistencia; pero al lado de este maravilloso desarrollo, vemos algunas condiciones que no dan la garantía de seguridad para nosotros y nuestras necesidades, una de estas es el exceso de velocidad a la que llegan algunos conductores en las vías bien sea rurales o urbanas. Entendiendo esta problemática, ya que cada año se presentan alrededor de 6500 accidentes de tránsito de los cuales al menos el 40% de los accidentes suceden por que los conductores violan los límites de velocidad.

Por las razones antes mencionadas se propone utilizar los conocimientos que se adquirieron durante el trascurso de la especialización en informática y automática industrial de la Universidad Distrital, para proponer un sistema de captación de datos dinámicos relacionados con el comportamiento del tráfico que garantice una información fiable y confiable sobre el modo de manejo de los usuarios de las vías.

Recopilando esta información se podría integrar para su visualización en algún software destinado al control y manipulación de tráfico, también se podría llegar a realizar la integración con algún sistema SCADA de llegar a requerirse.

Los parámetros que se mostraran en el sistema y a los cuales apunta esta solución tecnológica son los siguientes:

- Conteo de vehículos.
- Velocidad promedio.
- Clasificación de Vehículos.

El objetivo fundamental del sistema para la captación automática de datos dinámicos de tráfico, es identificar la presencia de cada vehículo e integrarlos con todos los datos de los otros vehículos. Para este trabajo de grado se definió un alcance hasta la programación en lenguaje LADDER del sistema en un software libre

1.1. ALCANCE Y DELIMITACIONES

Este trabajo de grado va dirigido a las empresas que se dedican a realizar automatización, control y mantenimiento de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), concesiones viales, empresas de servicio de parqueadero. Este trabajo surge de la imperiosa necesidad de tener una detección y control de la velocidad de los vehículos que a diario transitan por las vías del país. De igual manera el control de la cantidad y el tipo de vehículos que transitan en algún periodo determinado. El desarrollo de este proyecto va desde la investigación de la problemática pasando por el modelamiento del sistema y llegar a dar una

solución por medio de un código en lenguaje LADDER que nos muestre un programa en tiempo real y podamos demostrar el funcionamiento del sistema.

II. ESTADO DEL ARTE

Para el estudio del tráfico se emplea una serie de magnitudes que recogen los aspectos más importantes del mismo. Entre ellas están la intensidad, la densidad, la velocidad media, la separación entre vehículos sucesivos, el tiempo de recorrido, entre otras. Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria). Es la característica más importante de la circulación, ya que las demás están relacionadas con ella y proporciona una descripción muy intuitiva del comportamiento del tráfico en cada momento. Generalmente el período de medida se extiende a un año y la intensidad media diaria (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar a cualquier vía. Se define como el número total de vehículos que atraviesan una sección en un año dividido por 365 días.

La intensidad de tráfico en cualquier vía varía a lo largo del tiempo siguiendo una ley que puede considerarse formada por una tendencia a largo plazo a la que se superponen unas oscilaciones cíclicas (anuales, semanales y diarias) y unas variaciones puramente aleatorias. Aunque la forma y magnitud de estas oscilaciones varían de unas carreteras a otras, el fenómeno es análogo en todas ellas y puede estudiarse por separado las características de estas fluctuaciones en la intensidad de tráfico. (Belda Esplugues, 2012)

La densidad del tráfico es el número de vehículos que hay por unidad de longitud. Se puede obtener a través de una fotografía y contando los vehículos, pero raramente esta magnitud se mide directamente ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de intensidad y velocidad (magnitudes de las que resulta más sencillo obtener datos). Existe un valor máximo de la densidad que se obtiene cuando todos los vehículos están parados en fila, sin

huecos entre ellos. Esta densidad máxima será igual al producto de la inversa de la longitud media de los vehículos por el número de carriles.

La velocidad conforma junto a la intensidad y la densidad, el grupo de las tres variables esenciales de cualquier estudio de tráfico y es fácil relacionarlas de manera que puede obtenerse una de ellas a partir de las otras dos. Sin embargo, cuando se tratan problemas de zonas urbanas, es frecuente que la velocidad de cada vehículo sufra grandes cambios durante el viaje, con constantes paradas y arrancadas por la presencia de intersecciones, señales de pare o ceda el paso, entre otros elementos. En este caso, el conocimiento de las velocidades instantáneas es poco representativo y es más útil trabajar con velocidades medias de recorrido para estimar la calidad de la circulación.

La capacidad de una vía está determinada por una serie de variables que dependen de las características físicas de la sección, de las del tráfico y las regulaciones de la circulación. Por consiguiente, dentro de la ingeniería de tráfico se han desarrollado una serie de métodos que permiten el cálculo de dicha capacidad, teniendo en cuenta las características del entorno y la circulación. Estos métodos se basan fundamentalmente en datos empíricos, ya que las complejas condiciones de la circulación no han permitido el desarrollo de modelos teóricos generales que puedan aplicarse en la práctica. Efectivamente, resulta muy difícil evaluar con precisión la influencia que cada una de las variables del entorno y de la circulación ejerce sobre la capacidad, pues muchas de ellas no únicamente son cambiantes en el tiempo, sino que tampoco afectan por igual a todos los conductores. (Castillo Navarro, 2004)

Para un estudio de tráfico y de los parámetros que influyen en este, se pueden instalar en las vías espiras (preferiblemente en pares), estas deberán ubicarse entre 600 y 1200 metros de separación unas de otras. Las espiras deberán ser instaladas en zonas próximas a accesos y puntos de salida. La información recibida por las espiras puede ser enviada a los centros de control para ser procesada. Si las estaciones de toma de datos cuentan con unidades de procesamiento necesitaremos la

instalación de más hardware, pero a su vez las comunicaciones serán más sencillas, ya que sólo se transmitirán los datos que sean relevantes. Por el contrario, el análisis centralizado requiere la transmisión de enormes cantidades de datos y por lo tanto también la existencia de importantes computadoras para procesar todos los datos recibidos.

III. FASE DE DISEÑO

El sistema está diseñado con la finalidad de adquirir la información tomada de un sistema externo (espiras de lazo inductivo, piezoeléctricos), estos sistemas estarán instalados en las vías, y serán los que suministren la información obtenida del tráfico vehicular; estos datos se verán reflejados a través del programa de PLC. El sistema obtendrá los datos de sentido de tráfico, ocupación, conteo y velocidad media de vehículos de cada uno de los carriles de la vía. La posible instalación física futura para este sistema se basa en la instalación de lazos inductivos (dos espiras por cada carril); los cuales se conectarán a los detectores inductivos (cada juego de espiras a un detector). Los detectores se encargan de transformar las señales electromagnéticas recibidas en información eléctrica que es transmitida al PLC por medio de pulsos binarios ubicado en un tablero que suministre la energía necesaria para el sistema. Este PLC contiene el programa el cual da tratamiento a los datos obtenidos de las espiras; aquí se registra el conteo de vehículos, la velocidad media, ocupación del carril y el sentido del tráfico.

El sistema tiene funciones específicas de registro sobre la adquisición de los datos dinámicos de tráfico en las vías; con estos datos pueden determinar y actuar sobre el flujo vehicular en la operación de la vía.

1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y FUNCIONALES

A continuación se describen las características técnicas de los equipos que conforman las estaciones de toma de datos.

1.2.1. Detector inductivo

Este equipo permite la conexión de las espiras, operando de forma independiente dentro del mismo equipo. Este equipo tiene la capacidad de usar los dos bucles para aplicaciones de modo direccional (discriminación del sentido de paso del vehículo), en control de velocidad, o en detección del tamaño. Los parámetros de sensibilidad y la frecuencia de operación de los detectores, son ajustables desde la cara frontal y el posterior respectivamente. Estas características son importantes para la calibración y puesta a punto del equipo, con esto evitamos el riesgo de interferencia entre ambos bucles del detector y entre juego de espiras cercanos. Las especificaciones técnicas de este equipo se describen a continuación.

FUNCIONAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Tecnología	Detección magnética por bucle inductivo
Dinámica de la sensibilidad	Factor 100, regulable por potenciómetro desde 0,004 a 0,4%
Inductancia del bucle	Mín. = 10 uH Máx = 1500 uH
Modo	Direccional y de exceso de velocidad desde 40 a 90 Km/h
Potencia conmutada	Relé NO/NF = 5 A / 250 VCA seguridad positiva. Mínima 10 mA / 10 VCC
Tipo de salida	Relé TOR / contactos dorados para corrientes débiles.
Tiempo de respuesta	Constante en toda la gama de inductancias, independiente de la frecuencia: 45 ms.
Tensión de alimentación Un	230 – 127 – 48 – 24 VCA 48-62 Hz / 24 – 12 VCC / 12 a 24 VCA/CC.
Tolerancia sobre Un	CA = +/- 15% / DC = -10% +20%
Consumo	Inferior a 1,5 VA
Zona de funcionamiento	En almacén: -50° C a +85° C Utilización -30° C a +70° C
Caja / Dimensiones / Peso	IP 40 / con la base 80 x 42 x 102 mm / 220 gr.
Conexión	Base de 11 patillas. Carril DIN.
Ajustes	Interruptor y potenciómetro en la cara frontal/ Posible bloqueo por el usuario.

Señalización	Mensaje de diagnóstico y salida de relé por LED.
Normas	Conforme a la normativa CE. Protección de las entradas del bucle y de alimentación por medio de Varistores. (Descargas atmosféricas).

Tabla 1 Especificaciones detector de espiras

1.2.2. *Cable de espira*

Con este cable se realizará los lazos de detección (espiras). Este cable tiene un calibre 14 AWG, posee una cubierta especial que evita una vez instalado y cubierto en el túnel se dañe o deteriore el cable; y así también se evitan problemas de aislamiento. Las especificaciones del cable son:

ESPECIFICACIONES CABLES 1x14AWG	
Construcción	Conductor de cobre suave, cableado concéntrico clase B.
Construcción Normas aplicables	Poliolefina, retardante a la llama, baja emisión de humos y libre de halógenos, LSHF.
	Chaqueta: Poliolefina libre de halógenos y retardante a la llama. <ul style="list-style-type: none"> • NTC 1099-1, ICEA S-95-658 • NTC 307, ASTM B8 • NTC 359, ASTM B3
Identificación	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento en color Negro.
Temperatura de operación	90°C
Tensión de operación	600V.
Corriente Admisible [A]	14 AWG 25.0
Máx. DC Resist. Cond. 20°C[Ohm/km]	14 AWG 8.799
Características de uso	<ul style="list-style-type: none"> • Libre de halógenos • No hay propagación de la llama

Tabla 2 Especificaciones cable de espira

1.1. *PARÁMETROS DE LA IMPLEMENTACIÓN*

La integración del sistema de captación se realiza mediante la adquisición de datos en vía, Los parámetros que se mostraran son los siguientes:

- Conteo de vehículos
- Velocidad promedio
- Sentido de tráfico
- Clasificación de Vehículos
- Ocupación

En el PLC se implementara el código y las operaciones necesarias que capturan los tiempos instantáneos (Ti) de cada espira; flancos ascendentes (Ti1, Ti3) y flancos descendentes (Ti2, Ti4), con estos flancos se obtendrá la información requerida para determinar los parámetros del tráfico.

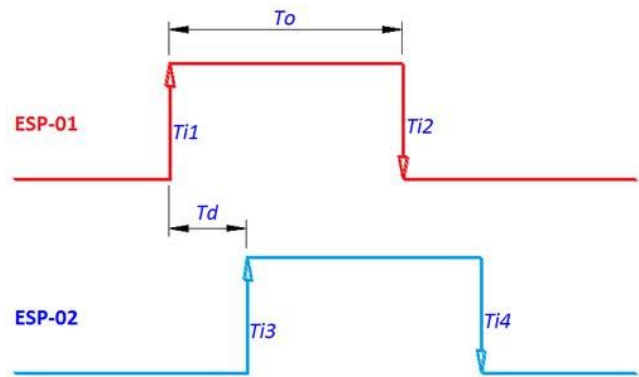


Ilustración 1. Flancos de las espiras.

1.1.1. *Conteo De Vehículos*

El conteo de vehículos se determinara con el tiempo de ocupación (To) de la espira uno para el tiempo de integración; su valor se acumula en el evento de vehículos totales.

1.1.2. *Velocidad Promedio*

La velocidad instantánea se determina con el tiempo de diferencia (Td=Ti3-Ti1), que corresponde al tiempo que tarda el vehículo en activar (flanco ascendente) cada una de las espiras y la distancia recorrida en este tiempo.

Para determinar la Velocidad Promedio en el tiempo de integración, se acumula en cada evento el valor de Velocidad medida

$$Velocidad\ media = \frac{Vel.\ Acumulada + Vel.\ Instantánea}{2}$$

Se promedia por la cantidad de vehículos hasta el momento

$$VelocidadPromedio = \frac{VelocidadAcumulada}{Vehículos\ Totales}$$

Al final de cada ciclo se reinicia el acumulador:

$$VelocidadAcumulada = 0$$

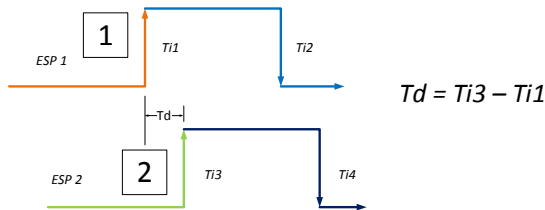
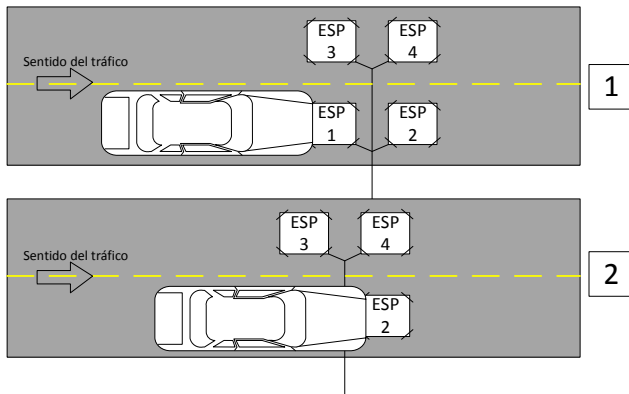


Ilustración 2. Determinación de la Velocidad

Sabiendo que:

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo (Td)}$$

Nótese que la velocidad puede ser de dos magnitudes:

Positiva cuando

$$Ti3 > Ti1 \rightarrow Velocidad > 0$$

Negativa cuando

$$Ti3 < Ti1 \rightarrow Velocidad < 0$$

1.1.3. Sentido de Tráfico

Para determinar el sentido de circulación basta con verificar la velocidad determinada arriba:

Sentido Directo:

$$Velocidad > 0$$

Sentido Inverso:

$$Velocidad < 0$$

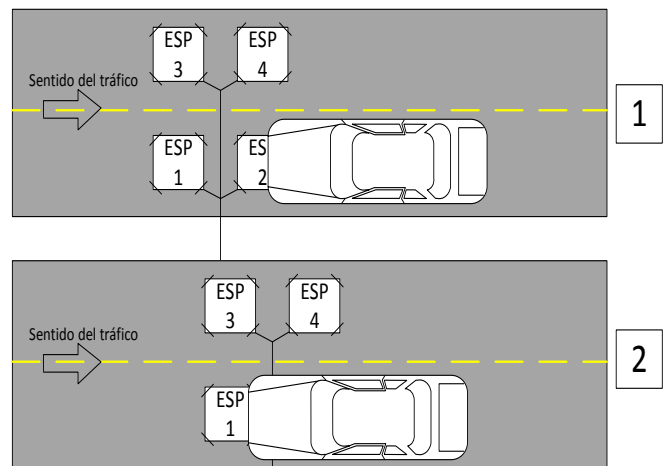


Ilustración 3. Sentido Inverso

1.1.4. Longitud del Vehículo

Se determina la longitud del vehículo con T_o que es el tiempo de ocupación (T_o) de una misma espira, la diferencia entre $Ti2$ y $Ti1$ que corresponde al tiempo que tarda el vehículo ocupando la espira a la velocidad calculada con anterioridad.

Sabiendo que:

$$Longitud\ Vehiculo = Velocidad\ Instantánea * Tiempo (T_o)$$

1.1.5. Clasificación de vehículos

Para la clasificación de vehículos se determina a partir de la longitud promedio de los vehículos (6m), así:

Vehículo Liviano:

$$Longitud < 6m$$

Vehículo Pesado:

$$Longitud > 6m$$

1.1.6. Porcentaje de Ocupación

Se define el porcentaje de ocupación a la relación entre el tiempo que permanece ocupada una espira contra el tiempo de integración que representaría el 100%:

$$Tiempo\ Ocupación = \frac{To1 + To2 + To3 + To4 + \dots + Ton}{Tiempo\ Integración}$$



Ilustración 4. Tiempo de Ocupación

Por esto, similar al cálculo de la velocidad promedio, se acumulan los tiempos de ocupación durante el tiempo de integración y se calcula la relación contra los 60s del tiempo de integración. Se acumula en cada evento el valor de Ocupación medida.

$$Ocupación\ Acumulada = \frac{Ocupación\ Acumulada + To}{60}$$

Al final de cada ciclo se calcula el porcentaje mediante regla de tres simple, dando como resultado:

$$Porcentaje\ de\ Ocupación = \frac{Ocupación\ Acumulada}{60} * 100$$

Los parámetros mencionados se actualizarán en el PLC cada minuto; esto aplica para cada carril. También se contará con un parámetro estimado de clasificación de vehículos (liviano y pesado). Estos parámetros son calculados y estimados por el PLC, a partir de los datos recibidos por los detectores de espiras. Estos datos son guardados en posiciones de memoria del PLC de manera temporal (periodos de un minuto).

IV. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN EN SOFTWARE

En el presente apartado se describen los procesos necesarios para el desarrollo de la programación del controlador lógico programable (PLC).

Se utiliza la plataforma EcoStruxre machine expert Basic desarrollada por la empresa Schneider Electric para la programación del PLC de la línea Modicom.

Este software es de uso libre y no necesita ninguna licencia pre-existente para su uso.



Ilustración 5 presentación de software.

Se utilizó para la programación el modelo TM221C16R el cual cuenta con:

- 16 entradas digitales.
- 7 salidas de relé de 2 A.
- 2 entradas analógicas
- 1 puerto de línea serie
- 1 puerto Ethernet
- Controlador compacto de 110 a 240 V CA con bloques de terminales extraíbles



Ilustración 6: PLC TM221C16R

2.1. PROGRAMACIÓN Y SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA

Teniendo en cuenta que el alcance de este trabajo de grado es la programación del sistema de captación automático de datos para evaluar las condiciones de tráfico vehicular, con lo expuesto en este documento de tipo paper y en complemento en finalidad del alcance inicial del trabajo de grado, es necesario realizar el anexo titulado “Anexo-1 Sistema de Captación Automático de Datos”; al documento donde se detalla el código realizado y la configuración del PLC utilizado en este sistema. Este anexo lo genera el software utilizado en la programación del sistema.

V. CONCLUSIONES

Con este sistema de captación de datos dinámicos, se obtiene el comportamiento de los vehículos que transitan en las vías dando información en tiempo real del tráfico, por medio de un controlador lógico programable (PLC).

Se puede plantear y programar el sistema, en base a los conocimientos adquiridos mediante el estudio de tráfico donde se requiera implementar esta solución.

Con la obtención de los parámetros de

comportamiento individual a partir de los datos obtenidos del tráfico, se puede realizar una integración de estos por medio del PLC a software SCADA.

Para luego poderlos integrar con los datos de otros vehículos.

Al compilar el programa con sus respectivas señales IO, este no arroja ningún error dentro del sistema y en el proceso de simulación se comportó de la manera esperada.

En una futura fase de implementación, esperamos que este sistema sea una solución a las necesidades de medición y control del tráfico vehicular.

VI. REFERENCIAS

- [1] Arbaiza Martín, A., & Martínez, P. T. (2014). Dirección General de Tráfico. Obtenido de <http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/empleo-publico/oposiciones/doc/2014/TEMA-3.6.docx>
- [2] Belda Esplugues, E. (2012). Modelización de los niveles de servicio en autopistas en tiempo presente para la gestión dinámica del tráfico. Madrid: Premio Internacional a la Innovación en Carreteras .
- [3] Castillo Navarro, A. (Julio de 2004). Influencia de los parámetros de una vía en la determinación de su capacidad. Barcelona.
- [4] Comité Técnico AIPCR de Operaciones de la Red de Carreteras. (s.f.). Asociación Mundial de Carreteras. Obtenido de <https://rno-its.piarc.org/es/monitoreo-de-la-red-tecnologias-de-monitoreo-vehiculos-carreteras/deteccion-vehicular>
- [5] Muñoz, R. (2013). Calibración de cinemómetros por simulación. Córdoba: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- [6] Pujol Enrich, V. (2003). Sistemas de control y regulación del tráfico en las vías de circunvalación. El caso de la vía de Cintura de Palma de Mallorca. Cataluña.
- [7] Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016). Manual para Proyectos de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en Carreteras. México, D.F.