

SEMÁFOROS INTELIGENTES PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR

INTELLIGENT TRAFFIC LIGHTS TO REGULATE THE VEHICULAR TRAFFIC

María Violeta Bances Santamaría¹
Mario Fernando Ramos Moscol²

Fecha de recepción: 23 octubre 2013

Fecha de aceptación: 16 mayo 2014

Resumen

La Investigación desarrolla un Sistema de Semáforo Inteligente (SSI), basado en lógica difusa, que según la densidad vehicular capturada por cámaras web, permiten organizar los cambios de luces en función de las condiciones que se presenten en la zona.

La razón de este trabajo es regular el tráfico vehicular con un Sistema de Semáforos Inteligentes que otorguen tiempos variables dependiendo de la densidad vehicular en tiempo real. De esta manera el estudio disminuirá en gran medida la congestión vehicular que actualmente genera caos vehicular en la Ciudad de Chiclayo. Este trabajo es una aplicación dentro del campo de la Inteligencia Artificial, específicamente dentro de Lógica difusa, está basado en visión por computador, cámaras web que permiten la entrada de datos, lenguaje de programación Python, para el procesamiento de imágenes algoritmos de visión, como es OpenCV y Highgui, así como del Microcontrolador PIC 18F2550 que permiten en gran medida disminuir la congestión como principal propósito de la investigación.

Palabras Clave: *Sistema de Semáforo Inteligente, lógica difusa, densidad vehicular, Congestión vehicular, Visión por computador, procesamiento de imágenes, algoritmos de visión.*

Abstract

The research develops an Intelligent Traffic System (SSI), based on fuzzy logic, which the vehicular density captured by webcams, to organize light changes depending on the conditions present in the area.

The reason for this work is to regulate vehicular traffic with Intelligent Traffic System that grant varying times depending on the traffic density in real time. In this way the study will greatly decrease traffic congestion that currently generates traffic chaos in the city of Chiclayo. This work is an application within the field of Artificial Intelligence, specifically within Fuzzy logic is based on computer vision, web cameras that allow data entry, programming language Python for image processing vision algorithms, such as OpenCV and Highgui and a microcontroller that summarize greatly computational processes.

Keywords: *Intelligent Traffic System, fuzzy logic, vehicle density, vehicle Congestion, Computer Vision, image processing, vision algorithms.*

¹ Adscrito al Centro de Informática y Sistemas, Ingeniero Sistemas, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, mbances@crece.uss.edu.pe

² Adscrito a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas, Ingeniero de Sistemas, Docente de la Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, mframosm@yahoo.com.ar

1. INTRODUCCIÓN

Según la Investigadora Anne Erickson, Chiclayo como ciudad, luce un crecimiento desordenado, como muchas, repleta de autos a más no poder y en la periferia de mototaxis, comerciantes ambulantes por todos lados, y ni qué decir de un deficiente servicio de limpieza pública con que cuenta. Como provincia, Chiclayo, ha padecido por años las carencias de una adecuada planificación urbana, la adecuada falta de políticas y la generación de los anillos de pobreza alrededor de la urbe, factores que han incitado el ir y venir de taxistas, mototaxistas, ellos son sin duda, algunas de las principales causas que impulsan el crecimiento desmedido del parque automotor en Chiclayo. Es por ello la necesidad de la regulación del tráfico vehicular. Una parte importante es la Semaforización. **(E, 2011)**

En la actualidad, los semáforos que existen en nuestra ciudad son aquellos que brindan un control estático, es decir, su comportamiento es fijo; y no responde ante la variación del flujo de vehículos u otro cambio del sistema. Dicho comportamiento provoca congestionamientos viales, aumento de emisiones contaminantes, lenta circulación de móviles de emergencia, pérdida de tiempo y por ende pérdida de dinero.

Para el desarrollo de la Investigación se usó la Metodología en V, de Alan Davis, que ilustra como las actividades de prueba (verificación y validación) se pueden integrar en cada fase del ciclo de vida del desarrollo de este sistema.

Con el sistema de semáforos Inteligentes, se pretende mayor fluidez de los vehículos por las intersecciones, debido a los tiempos variables de las colores de los semáforos teniendo en cuenta la densidad vehicular capturada por las cámaras web en las intersecciones viales.

Por lo tanto se demuestra que la implementación de este sistema de semáforos Inteligentes en ciudades con gran índice de congestión vehicular, da resultados muy favorables, también a ello se une la reducción de la contaminación ambiental, entre otros beneficios.

2. METODOLOGÍA

El tráfico vehicular es la consecuencia de múltiples factores sociales, culturales, económicos y políticos que se presentan en las principales ciudades del mundo.

Desafortunadamente, el transporte puede generar diversos impactos ambientales adversos, tales como congestión vehicular, contaminación del aire, ruidos e invasión de la tranquilidad en ciertas áreas.

En la ciudad de Chiclayo, el grado de congestión vehicular no es la misma durante todo el día, sino que hay horas pico y horas en donde la afluencia de vehículos disminuye. En tal sentido la investigación realizada toma como base el número de vehículos que ocupan un segmento de longitud específico de una vía; lo que se conoce como densidad vehicular. Se pretende dar soporte de herramientas tecnológicas de inteligencia artificial, utilizando técnicas de Lógica difusa que permitan conocer el grado de pertenencia de la densidad vehicular a parámetros considerados en el estudio.

Lógica Difusa

La técnica de lógica difusa es de gran utilidad en la investigación dado a que en un instante determinado, no es posible precisar el valor concreto del flujo de vehículos, es por

ello la necesidad de establecer un rango en donde se pueda establecer un valor de pertenencia de la variable.

Esta técnica es muy potente para tratar con información imprecisa. El sistema de control se basa en lógica difusa, combina variables de entrada, definidas en términos de conjuntos borrosos, por medio de una serie de reglas que producen uno o varios valores de salida, que se compone del tiempo variable en los colores de los semáforos de la intersección. **(Del Brio, 2007)**

Visión por computador

Es la técnica que permite el procesamiento, análisis y explicación de la información obtenida a través de imágenes digitales por las dos cámaras web establecidas en cada intersección en estudio.

Dado que la información visual es una de las principales fuentes de datos del mundo real, es necesario proveer a una computadora digital del sentido de la vista y que junto con otros mecanismos hagan de ésta una herramienta capaz de detectar y ubicar objetos en el mundo real ya que dicha función es el objetivo principal de la Visión por Computador. **(G, 2009)**

OpenCV

Esta biblioteca ofrece un código diseñado eficientemente, orientado a aplicaciones capaces de ejecutarse en tiempo real en procesadores modernos. Tiene como objetivo proveer las funciones más usadas en Visión por computador. **(Calderón, 2008)**

Pingüino

El módulo PINGUINO ha permitido la realización del programa con funciones definidas y orientadas al manejo del hardware del microcontrolador PIC18F2550. El programa una vez compilado en el computador es descargado por medio del puerto USB, sin la necesidad de utilizar un programador de microcontroladores.

El hardware de Pingüino está basado en el microcontrolador PIC 18F2550, que tiene un módulo nativo USB y una UART para comunicación serial. A continuación se muestra la Figura 01 con la esquematización del PIC 18F2550. **(De la Cruz, 2009)**

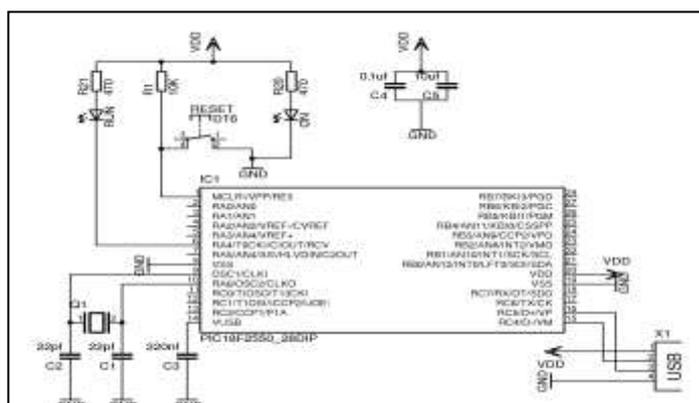


Figura 1: Diagrama Esquemático del PIC.

Pyngüino

Pyngüino es un paquete de Python que establece un control de la tarjeta Pinguino con comandos muy básicos y similares a los que se integran en la IDE de Pinguino, permite configurar y leer los estados digitales y analógicos, habilitar un método para el control del dispositivo a través de una conexión de red, y controlar un display LCD.

3. RESULTADOS

Para demostrar la aplicación se desarrolló un prototipo en donde se puede simular el flujo de vehículos que cruzan por dos intersecciones del centro de la Ciudad de Chiclayo en donde hay gran afluencia de vehículos en horas pico, como es la calle José Balta y Pedro Ruiz.

En la representación del conocimiento se ha tomado en cuenta las horas en donde existe mayor afluencia de los vehículos conocidas como horas punta del día. Para realizar este conocimiento se ha creado la tabla N° 1 que nos muestra los diferentes criterios que se toman en cuenta para regular el tráfico vehicular.

Tabla 1.

Variables lingüísticas del número de autos

Descripción	N° Autos	TVMáx
Muy baja	0 - 1	5seg
Bajo	1 - 3	15seg
Medio	3 - 5	30seg
Alto	5 - 7	45seg
Muy alto	7 – a mas	60seg

Para poder comparar el número de vehículos que se usan en el prototipo de semáforos inteligentes con el número de vehículos que circulan en la actualidad por minuto en hora punta del día en las avenidas de José Balta y Pedro Ruiz, se ha procedido a realizar el cálculo teniendo en cuenta un conteo de cinco Minutos. Para este estudio se tomaron datos del número de vehículos que circulan entre las 18:00 pm – 19:00 pm, dado a que es la hora en donde hay más afluencia de vehículos que en las dos horas también consideradas en la Investigación.

También se comparó el tiempo de uso de intersección actual con el deseado, es por ello que se procedió a sacar un promedio del número de vehículos que circulan en la actualidad con el número de vehículos que se consideran en el prototipo de Semáforos Inteligentes. Para mayor detalle revisar explicación de la Tabla 2.

Reglas lógicas de cada semáforo Inteligente

Semáforo José Balta

If SB muy alto = 60seg

If SB alto = 45seg

If SB medio = 30seg

If SB bajo = 15seg

If SB muy_baja = 5seg

Semáforo Pedro Ruiz

If SP muy alto = 60seg

If SP alto = 45seg

If SP medio = 30seg

If SP bajo = 15seg

If SP muy_baja = 5seg

Tabla 2.

Número de vehículos en la actualidad y del prototipo por Minuto en Pedro Ruiz y José Balta

Descripción	N° Autos en la actualidad	N° Autos en prototipo	TVMáx
Muy baja	0 - 6	0 - 1	5seg
Bajo	6 - 18	1 - 3	15seg
Medio	18 - 30	3 - 5	30seg
Alto	30 - 43	5 - 7	45seg
Muy alto	43 - 50	7 – a mas	60seg

En este sentido, se propone un sistema de comunicaciones teniendo como elemento central (interlocutor) a un servidor central (Computador personal) que en el siguiente diagrama se pueden apreciar los módulos de control en la investigación desarrollada.

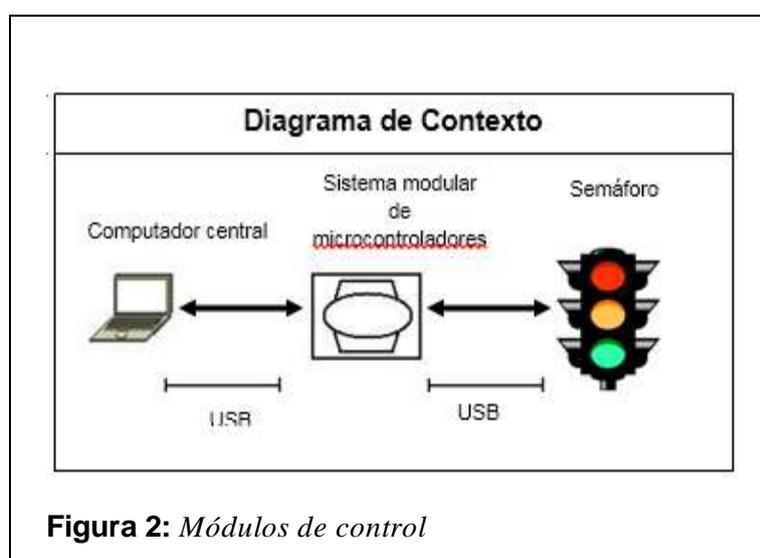


Figura 2: Módulos de control

En la descripción del diagrama, las entradas al sistema corresponden a la información obtenida por las cámaras web, quienes capturan la densidad vehicular en pixeles. Con la información se establecen las reglas de lógica difusa en el software de control, se procesa y se compila en el microcontrolador, con la finalidad de que pueda asignar los tiempos variables a cada semáforo de la intersección. Posteriormente se detalla este procedimiento para regular el tráfico vehicular desarrollado en la presente investigación.

COMUNICACIÓN PC – PIC

La comunicación PC – PIC pasa por una serie de etapas y son las siguientes:

- **Etap 01:** Construcción del Módulo PIC 18F2550
El primer módulo consta de 03 LEDS los cuales tienen las siguientes funciones:
LED VERDE: paso de vehículos.
LED ROJO: para detenerse inmediatamente
LED AMBAR: paso intermedio del verde al rojo.
- **Etap 02:** Compilación de Pynguino en el Modulo PIC 18F2550

Para poder establecer control sobre la tarjeta Pingüino 18F2550, es necesario el Uso de Pynguino. En la figura 3 se aprecia el programa de Compilación y Grabado de Pynguino al PIC 18F2550.

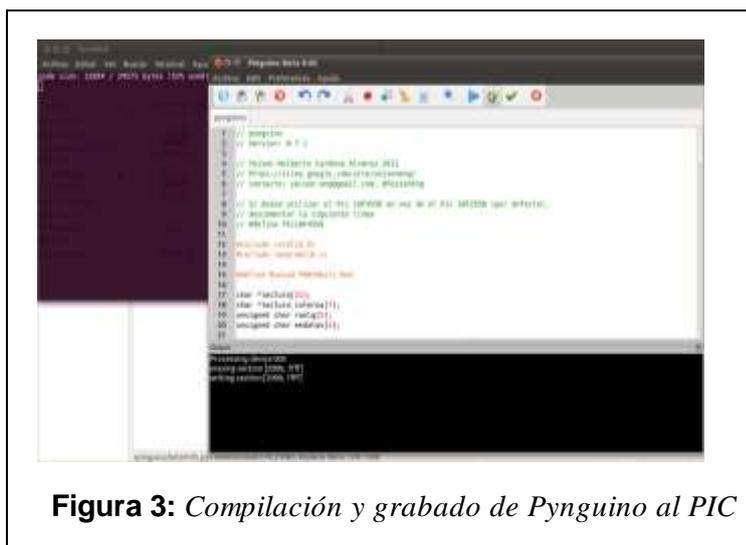


Figura 3: *Compilación y grabado de Pyguino al PIC*

Realizada esta operación se enciende el LED color verde, como se puede observar en la Figura 4.



Figura 4: *Proceso de compilación y grabado de Pyguino*

- **Etapa 04:** Construcción del Módulo PC - PIC
En esta etapa se crea una aplicación que permite capturar información de las dos cámaras, el modo de lectura es el siguiente:
Cámara 01: capta densidad vehicular, la procesa y realiza el cálculo de acuerdo a las reglas ya establecidas, realizado esto se da el tiempo para el semáforo en turno.
Cámara 02: realiza el mismo procedimiento que la cámara 01; pero es necesario destacar, que el análisis de cada una de las cámaras web se realiza antes del tiempo en verde de cada uno de los LEDS de los semáforos, y esto se realiza en segundos. La aplicación está desarrollada en Lenguaje Python con su Editor Stan'sPython Editor (SPE).
- **Etapa 05:** Estimación del Umbral de Iluminación.
La iluminación juega un rol muy importante en este tipo de investigación, dado a que influye en gran medida en el cálculo de la densidad vehicular. A mayor iluminación mayor será la densidad vehicular, caso contrario será menor.
- **Etapa 06:** Selección de Región de Interés (ROI).
El primer objetivo de este bloque, es brindar una región de interés configurable por el usuario, en el estudio efectuado no interesa toda el área, dado a que existe información que es innecesaria y con la elección del ROI "Región de Interés" solo se incluirá información valiosa para el procesamiento del algoritmo. Es muy recomendable que el cálculo del ROI se realice internamente en el algoritmo, debido a que se procesan

grandes cantidades de píxeles por lo que se necesitaría una PC con suficientes recursos de hardware.



Figura 5: ROI Avenida Pedro Ruiz



Figura 6: ROI Avenida José Balta



Figura 7: Cálculo de la densidad vehicular en Pedro Ruiz



Figura 8: Cálculo de la densidad vehicular en José Balta

Unión de cámara Web de Pedro Ruiz y José Balta

En esta etapa se unirán las dos webcams con el fin de poder tener una comunicación de recepción de información sobre la densidad vehicular de cada una de sus avenidas. Esta comunicación se establece con el Computador por medio de puertos USB como se muestra en la figura siguiente.



Figura 9: Pantalla de visualización de dos Cámaras web

El sistema calcula el umbral para cada una de las cámaras, inmediatamente comienza con el cálculo de la desviación y porcentaje, que es el que señala la variación de la densidad vehicular con respecto al umbral, esto se realiza cada vez que las cámaras leen el FRAME correspondiente. Ante esta situación los LEDS se prenden y apagan dependiendo el tiempo que se le asigne.

4. CONCLUSIONES

El uso del sistema de semáforos inteligentes con lógica difusa ha permitido regular el tráfico vehicular, obteniendo resultados muy favorables, en donde los semáforos permiten dar tiempos variables dependiendo de la densidad vehicular en tiempo real, logrando así mayor fluidez del flujo vehicular en las Avenidas Pedro Ruiz y José Balta.

5. REFERENCIAS

Calderón Bocanegra, C., & Urrego Niño, G. (2008). *Conteo automático de vehículos*. (F. d. Pontificia Universidad Javeriana, Producer) From.

<http://opencvjaveriana.wikispaces.com/file/view/Conteo+Automatico+De+Vehiculos.pdf>
De la Cruz, J. (2009). *Pinguino: Plataforma para diseño y desarrollo*. From <http://camachopinguino.blogspot.com>.

Del Brio, M. (2007). *Redes neuronales y sistemas borrosos. Inteligencia Artificial (3ra Edición ed.)*. ALFAOMEGA.

Erickson, A. (2011). *Proyectos de Transportes Sustentable en Chiclayo*. From CONSA: www.consia.com.

G, P. (2009). *Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones*. España: Alfaomega.