

## Sistema de Semáforos Inteligentes Utilizado Sensores de Presencia

JACOBO, Armando\*†

Recibido 5 de Abril, 2015; Aceptado 24 de Junio, 2015

### Resumen

La evolución en tecnología, ha permitido que las áreas del conocimiento de la ingeniería interactúen de manera que el aprovechamiento de los recursos, sean explotados al máximo en beneficio de la humanidad. Se analizó un área de la ingeniería civil llamada ingeniería de tránsito, la cual es una profesión relativamente nueva y básica en proyectos de planeación urbana, ejecución de obras de carreteras, auditoría y administración vial.

Se evaluó la Av. Reforma en la ciudad de Nuevo Laredo Tamaulipas, avenida de mayor concentración de flujo, se encuentra controlada por semáforos de tiempo fijo, mediante la gestión municipal se invirtió en un novedoso sistema de semaforización el cual, estará de acuerdo con el comportamiento vehicular en tiempo real.

Si este sistema no es operado por el personal técnico y profesional, la inversión será nula a la hora de su implementación y operación. Se inspeccionó la intersección y se utilizó para la comparación, el sistema antiguo con el novedoso sistema de sensores, en el cual las variables a controlar serán para lograr el aumento de la capacidad vial, estableciendo mejoras como la disminución del congestionamiento vial, la contaminación, el aprovechamiento de gasolina y disminución del tiempo perdido.

### Tiempo fijo, Tiempo dinámico, Optimización

### Abstract

The evolution of technology has allowed areas of knowledge engineering to interact so that the use of resources are fully exploited for benefit of humanity. An area of civil engineering called Traffic Engineering is analyzed, which is a relatively new profession and basic for projects of urban planning, construction of roads, audit and road management. Av. Reforma was evaluated in the city of Nuevo Laredo Tamaulipas, avenue with highest concentration of flow, is controlled by traffic lights with fixed time, by municipal management investing in a new traffic light system, which it will be fixed with vehicular behavior in real time. If this system is not operated by technical and professional staff, the investment will be zero when it comes to its implementation and operation. The intersection was inspected and used to compare the old system with the new system of sensors, in which the variables to be controlled to achieve increased road capacity, establishing improvements such as reducing traffic congestion, pollution, the use of gasoline and decrease lost time.

### Fixed time, Dynamic Time, Optimization.

**Citación:** JACOBO, Armando. Sistema de Semáforos Inteligentes Utilizado Sensores de Presencia. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2015, 2-3: 147-152

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: armando\_jacobo@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

En la actualidad las ciudades con un crecimiento exponencial como Nuevo Laredo requieren que los recursos de infraestructura sean paralelos a las necesidades.

En los sistemas de controladores de tráfico se requieren de grandes inversiones las cuales se deben de contrastar y justificar con los perjuicios económicos de la no existencia de sistemas de respuesta en tiempo real, al no interactuar los modelos en tiempo real, se pierde la competitividad de esa población sin embargo, es de vital importancia esta administración, para mantener la red eficiente de movilidad en la cual interactúan vehículos de servicio, de carga y de emergencia.

Los sistemas centralizados Gertrude tienen su origen en Francia y se implementan en México con gran aceptación, generando que cada vez, más ciudades inviertan sus recursos públicos en la compra de estos aparatos generando también a su vez, técnicos en el manejo y operación.

La justificación de la inversión será mediante una variable principal de consumo de combustible y como dato adicional se encontrara el grado de contaminación.

**Fundamentos**

La administración de tráfico empieza desde el control de los sentidos de circulación del tránsito vehicular, su orden variará desde la colocación de señales restrictivas, agentes de tránsito e isletas. Al agotar estas medidas de control de tránsito se opta por la implementación de semáforos.

El sistema semáforo depende de variables de calibración como, comportamiento vehicular, peatonal, condiciones geométricas, rutina de usuario y velocidad.

Se aplicará la teoría de evaluación de HCM 2000 y el programa de simulación de tráfico Syncho 7 y Sim Traffic.

**Desarrollo**

Se evaluó el sistema de semaforización de tiempo fijo en el cual, el tiempo de ocurrencia de las fases será con la misma duración de tiempo en todo momento en comparativa con el sistema dinámico el cual, estará en función de la detección vehicular para lo cual se desarrollaron estudios propios de la ingeniería de tránsito para medir las cualidades de operación, generando los siguientes estudios:

1. Aforo vehicular
2. Aforo peatonal
3. Fases de semáforo
4. Levantamiento físico y geométrico

TIPO	CANTIDAD	VELOCIDAD	ACELERACION	TIEMPO	TOTAL
07:00	07:15	20			20
07:15	07:30	20			20
07:30	07:45	30			30
07:45	08:00	30			30
08:00	08:15	30			30
08:15	08:30	30			30
08:30	08:45	30			30
08:45	09:00	30			30

Figura 1

Se muestra en la Figura 1 el aforo vehicular, se clasificaron los vehículos y se encontró que el tiempo de aceleración de los vehículos pesados es tres veces más lento que el tipo ligero.

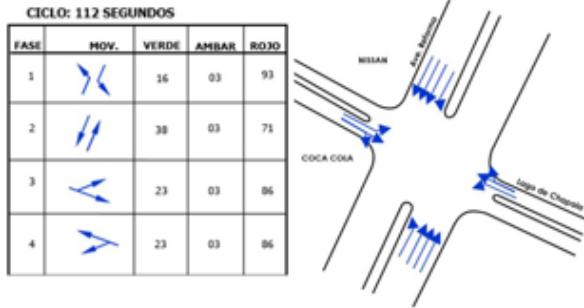


Figura 2

En la Figura 2 se muestra la duración de fases en tiempo fijo de la intersección consistió en medir el tiempo de cada indicación visual del semáforo, estableciendo el acomodo de la operación de cada fase.



Figura 3

En la Figura 3 se muestra la estructura del semáforo MG-10: poste octagonal, brazos de 12 metros y dimensionamiento de vialidad.



Figura 4

En la Figura 4 vemos la ubicación de la intersección de estudio control de tiempo fijo.



Figura 5

En la Figura 5 se obtienen los niveles de servicio con el programa Syncho 7 y Sim Traffic, se ingresan variables ancho de carril, volumen y tipo de vehículo y tiempos de semáforo y se determina el nivel de nivel de servicio F.

58: LAGO DE CHAPALA & AV. REFORMA Zona Centro

Lane Group	EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NET	SBL	SBT
Lane Group Flow (vph)	188	448	98	239	380	2788	178	2975
Stops (vph)	142	348	74	176	270	2249	144	2377
Fuel Used(l)	21	70	15	42	84	238	23	339
CO Emissions (g/hr)	380	1287	285	782	1180	4410	429	8288
NOx Emissions (g/hr)	74	250	56	152	230	858	84	1220
VOC Emissions (g/hr)	88	298	66	181	274	1023	100	1483
Dilemma Vehicles (#)	0	0	0	0	0	0	0	0

Intersection Summary

Figura 6

En la Figura 6 se determina una hora de operación de tráfico, la cual corresponderá a la hora de máxima demanda para semáforos de tiempo fijo.

Después de haber obtenido los resultados de tiempo fijo “no utilización de sensores” se evaluará el sistema con sensores TRAFICAM para generar ahora los tiempos dinámicos, modificando el tiempo de fase verde de la intersección para cada sentido de circulación.

Este método dinámico aplicado en la intersección sin tecnología, sería posible controlarlo con un agente vial, manipulando el push botón para el cambio de fases, pero su permanencia en el lugar sería inadecuada por las condiciones climáticas y condición humana.



Figura 7 Fuentes: TRAFICAM

En la Figura 7 se muestra como el sistema de semáforos dará tiempo verde si solo si detecta presencia vehicular para así aprovechar los tiempos del usuario de la vialidad (imagen de traficam).

Al implementar y simular este sistema en la intersección se obtienen las ventajas de mejora y optimización de la vialidad.



Figura 8

En la Figura 8 se obtienen el nivel de servicio con el programa de simulación generando nivel de servicio C.

58: LAGO DE CHAPALA & AV. REFORMA Zona Centro

Lane Group	EBL	EBT	WBL	WBT	NBL	NBT	SEL	SBT
Lane Group Flow (vph)	188	448	98	239	360	2788	178	2975
Stops (vph)	140	363	77	189	141	1919	83	2237
Fuel Used(l)	15	45	10	25	22	200	8	184
CO Emissions (g/hr)	283	828	181	455	412	3694	150	3401
NOx Emissions (g/hr)	55	181	35	89	80	719	29	682
VOC Emissions (g/hr)	66	192	42	106	96	857	35	789
Dilemma Vehicles (#)	0	0	0	0	0	0	0	0

Intersection Summary

Figura 9

En la Figura 9 se muestra la determinación de una hora de operación de tráfico en la hora de máxima demanda para semáforos de tiempo dinámico, sistema TRAFICAM y control C-210.

En la Figura 9 se muestra la determinación de una hora de operación de tráfico en la hora de máxima demanda para semáforos de tiempo dinámico, sistema TRAFICAM y control C-210.

**Resultados**

Es importante mencionar que la eficiencia de la vialidad se mide en función del nivel de servicio, por tanto, a continuación se da una descripción de lo que significan y representan los diferentes niveles de eficiencia en las condiciones operacionales del tránsito de acuerdo con el manual de Capacidad Vial (HCM por sus siglas en inglés).

Nivel de Servicio.- El Nivel de Servicio de una vía o intersección, es una medida cualitativa que se refiere a la calidad con la que se efectúa la movilidad vehicular, con respecto a la máxima capacidad que puede soportar la misma.

Los niveles de servicio, se clasifican desde el “A” como muy bueno, hasta el “F” como nivel de saturación de la avenida o intersección, y éstos dependen principalmente del flujo vehicular.

Las características geométricas de la vía, número de carriles, velocidad y los sistemas de control del tránsito.

Nivel de servicio “F” para una situación de tiempo fijo, corresponde a circulación forzada, las velocidades son bajas, las cuales en casos extremos llegan a ser cero, y los volúmenes de tránsito que permiten pasar son inferiores a la capacidad. En éstas condiciones generalmente se producen colas de vehículos a partir del lugar en que se produce la restricción.

Nivel de servicio “C”, Se encuentra en la zona de flujo estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobras están más restringidas por los altos volúmenes de tránsito.

Se evaluó la diferencia de los consumos de combustible para dos escenarios.

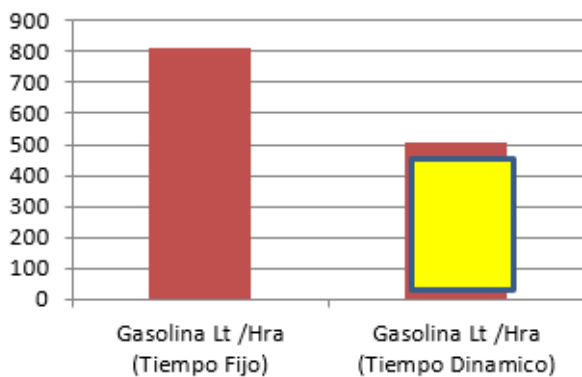


Figura 10

En la Figura 10 se muestra la diferencia de consumos de combustible, el ahorro de consumo de combustible para una operación de congestión es 303 l/hr.

De acuerdo a patrones de comportamiento vial, en condiciones de saturación se deben considerar 3 horas de congestión por día, 5 días hábiles por semana, 3 semanas por mes y 8 meses por año.

Por lo tanto el consumo total:

$$Ct = 303 \text{ l/hr.} \times 5 \text{ horas/día} \times 5 \text{ días/semana} \times 3 \text{ semanas/mes} \times 8 \text{ meses/año}$$

$$CT = 181800 \text{ l/año}$$

Gasto total por año

$$GT = CT \times \text{Costo de gasolina}$$

Costo de gasolina = 10.30 pesos /l.

$$GT = 1,123,524.00 \text{ pesos, ahorro por año}$$

Inversión de tecnología 1 control y 4 sensores y trabajos de calibración de equipos. Inversión inicial = 450,000.00 pesos.

La disminución en la Emisión de monóxido de carbono (CO), se logra al tener menor tiempo de espera en función de la detección de presencia vehicular.

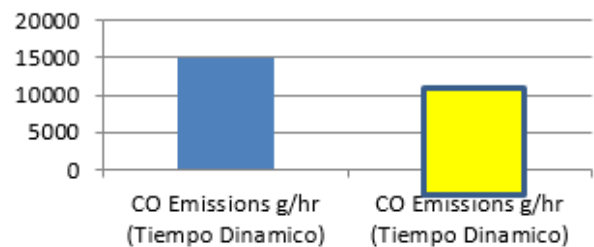


Figura 11

La Figura 11 muestra la diferencia de CO 5617 g/hr representa una disminución del 37 %.

**Conclusiones**

**Rentabilidad económica**

Calculamos la rentabilidad utilizando el beneficio económico como medida de los ahorros y la inversión a efectuar para dicha infraestructura.

$$RE = BE / AT$$

Donde:  
BE = Beneficio Económico, BE=673,524.00 pesos

AT = Activo Total; AT= 450,000.00 pesos

Por lo tanto la rentabilidad del sistema de semaforización dinámica es de 1.49 la tecnología se justifica.

Con estos antecedentes se debe dar prioridad a fomentar la implementación en todas las intersecciones semaforizadas.

En los aspectos ambientales, aún no existen legislaciones que determinen el grado o costo de contaminación vehicular en la región norte del país, solo se demostró el resultado de disminución de la generación de CO gr/hr que fue de 37 %.

### Referencias

Hernán de Solminihaq T., (2005)“Gestión de Infraestructura Vial”. México, Editorial Alfa Omega.

Jacobo, E., Hernández, F., & Lope, L. (2013). Gestión para una contabilidad verde en México. Observatorio de la Economía Latinoamericana, (186).

Ortega, J. (2014). Rentabilidad.