



Aplicaciones del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico

Jorge Artemio Acha Daza

Publicación Técnica No. 532
Sanfandila, Qro, 2018

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Aplicaciones del procesamiento automático de
imágenes en la Ingeniería de tráfico**

Publicación Técnica No. 532
Sanfandila, Qro, 2018

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el Dr. Jorge Artemio Acha Daza.

El texto es el producto final del proyecto de investigación interna TI-03/17 “Aplicaciones del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico.”

Se agradecen los comentarios del Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue; Coordinador de Integración del Transporte, del Instituto Mexicano del Transporte.

Contenido

Sinopsis		v
Abstract		vii
Resumen	Ejecutivo	ix
Introducción		1
	Antecedentes	1
	Alcances	2
	Objetivos del estudio	2
	Metodología	2
	Estructura del reporte	2
Capítulo 1.	El procesamiento automático de imágenes	3
	1.1 Introducción	3
	1.2 Métodos para la captación de imágenes	4
	1.3 Procesamiento y análisis de imágenes digitales	5
	1.4 Partes de un sistema de visión	6
	1.5 Conclusiones	6
Capítulo 2.	Usos del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico	7
	2.1 Introducción	7
	2.2 Medición del flujo, velocidad y densidad del tráfico	7
	2.3 Detección automática de incidentes	8
	2.4 Detección de vehículos que cruzan intersecciones cuando la luz roja del semáforo está encendida en su	8

dirección	
2.5 Cobro de peaje mediante lectura de placas	8
2.6 Apertura y cierre de casetas de cobro de peaje en una plaza de cuota	8
2.7 Determinación de niveles de ocupación en un estacionamiento	9
2.8 Tiempo de estancia en zonas de carga y descarga	9
Conclusiones	11
Bibliografía	13

Sinopsis

El uso de imágenes para determinar las características del flujo de tráfico ha sido practicado desde los trabajos pioneros de Greenshields. Después, otros sistemas de recolección de información de tráfico han sido utilizados; entre otros: circuitos inductivos, detectores activos infrarrojos, detectores pasivos infrarrojos y detectores de microondas. También las llamadas nuevas tecnologías para la obtención de información de tráfico, como son la identificación mediante dispositivos de radiofrecuencia (RFID), los dispositivos BlueTooth, los dispositivos WiFi, los sistemas de posicionamiento global (GPS), el uso de drones y la combinación de estas nuevas tecnologías.

La disponibilidad cada vez mayor de cámaras de video de imágenes digitales de alta resolución y el abaratamiento de los costos de procesamiento automático de la información generada por esas cámaras, por medio de sistemas de cómputo, ha hecho posible que el uso de estas tecnologías sea cada vez más atractivo para la obtención de información del tráfico. Las imágenes pueden usarse para distintos propósitos como el conteo, medición de la velocidad y la clasificación de los vehículos que circulen por una carretera; también podrían ser utilizadas para establecer alarmas virtuales para la detección de incidentes o apertura y cierre de nuevas casetas en una plaza de cobro.

Abstract

The use of images to determine the characteristics of traffic flow has been common since the pioneering works of Bruce Greenshields. After these works, other traffic information collection systems were developed, among others: inductive circuits, active infrared detectors, infrared passive detectors and microwave detectors. Also the so-called new technologies for obtaining traffic information such as identification by means of radiofrequency devices (RFID), BlueTooth devices, WiFi devices, global positioning systems (GPS), the use of drones and the combination of these new technologies.

The increasing availability of high-resolution digital image video cameras and the reduction in the cost of automatic processing of the information generated by these cameras through computer systems have made more attractive the use of these technologies for obtaining traffic information. The images can be used for different purposes such as counting, measuring the speed and classification of vehicles traveling on a road. They could also be used to set up virtual alarms for the detection of incidents or the opening and closing of new booths at a toll plaza.

Resumen ejecutivo

El uso de imágenes para determinar las características del flujo de tráfico ha sido practicado desde los trabajos pioneros de Greenshields (Greenshields, 1934 y Greenshields, 1935). Después de esos trabajos, otros sistemas de recolección de información de tráfico han sido utilizados. Acha Daza (2015) describe algunas de las tecnologías tradicionalmente utilizadas para la recolección de información de tráfico, como son: los circuitos inductivos, los detectores activos infrarrojos, los detectores pasivos infrarrojos y los detectores de microondas. Acha Daza (2015) presenta también las llamadas nuevas tecnologías para la obtención de información de tráfico como son la identificación mediante dispositivos de radiofrecuencia (RFID), los dispositivos BlueTooth, los dispositivos WiFi, los sistemas de posicionamiento global (GPS), el uso de drones y la combinación de estas nuevas tecnologías.

La disponibilidad cada vez mayor de cámaras de video de imágenes digitales de alta resolución y el abaratamiento de los costos de procesamiento automático de la información generada por esas cámaras por medio de sistemas de cómputo han hecho posible que el uso de estas tecnologías sea cada vez más atractivo para la obtención de información de tráfico. Su instalación, si bien puede ser costosa en vías existentes, representa ahorros de mantenimiento comparada con los tradicionales lazos de inducción. Las imágenes pueden ser usadas para distintos propósitos como el conteo, la medición de la velocidad y la clasificación de los vehículos que circulen por una carretera. También podrían ser utilizadas para establecer alarmas virtuales para la detección de incidentes o apertura y cierre de nuevas casetas en una plaza de cobro.

Por lo anterior, se identificó la necesidad de llevar a cabo este proyecto de investigación para ampliar el conocimiento respecto a los posibles usos del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico; este es el objetivo principal del presente estudio.

Las múltiples aplicaciones del procesamiento automático de imágenes lo hacen una herramienta por considerar, en distintos procesos tanto científicos como industriales o de operaciones. Sin embargo, no se debe soslayar las limitaciones de este tipo de herramientas, particularmente en ambientes en donde la iluminación no es la más adecuada.

La Ingeniería de tráfico puede verse beneficiada por el uso de este tipo de herramientas y algunas otras todavía más elaboradas, como son el uso de imágenes térmicas.

Introducción

Antecedentes

El uso de imágenes para determinar las características del flujo de tráfico ha sido practicado desde los trabajos pioneros de Greenshields (Greenshields, 1934 y Greenshields, 1935). En el artículo "The photographic method of studying traffic behavior", Greenshields describe su método para recolectar información precisa del comportamiento del tráfico y -usando fotografías- determinar el número de vehículos que pasan por un punto específico, su velocidad y su separación. Más tarde, en su artículo "A study of traffic capacity", Greenshields describe los resultados de un estudio llevado a cabo por el Departamento de Carreteras del Estado de Ohio, iniciado en 1934, en el que los datos fueron recabados usando su procedimiento fotográfico; lo que le permitió medir la capacidad de una carretera de dos carriles y el tiempo perdido por los vehículos bajo diferentes niveles de congestamiento.

Con el paso del tiempo, otros sistemas de recolección de información de tráfico han sido utilizados. Acha Daza (2015) describe de forma breve algunas de las tecnologías tradicionalmente utilizadas para la recolección de información de tráfico, como son: los circuitos inductivos, los detectores activos infrarrojos, los detectores pasivos infrarrojos y los detectores de microondas. También presenta las llamadas nuevas tecnologías para la obtención de información de tráfico, entre las cuales incluye la identificación mediante dispositivos de radiofrecuencia (RFID), los dispositivos BlueTooth, los dispositivos WiFi, los sistemas de posicionamiento global (GPS), el uso de drones y la combinación de estas nuevas tecnologías.

La disponibilidad cada vez mayor de cámaras de video de imágenes digitales de alta resolución y el abaratamiento de los costos de procesamiento automático de la información generada por esas cámaras por medio de sistemas de cómputo han hecho posible que el uso de estas tecnologías sea cada vez más atractivo para la obtención de información de tráfico. Su instalación, si bien puede ser costosa en vías existentes, representa ahorros de mantenimiento comparada con los tradicionales lazos de inducción. Además, contrariamente a los métodos tradicionales, las imágenes pueden ser usadas para distintos propósitos como el conteo, medición de la velocidad y la clasificación de los vehículos que circulen por una carretera. También podrían ser empleadas para establecer alarmas virtuales para la detección de incidentes o apertura y cierre de nuevas casetas en una plaza de cobro.

Personal del Instituto Mexicano del Transporte ha elaborado ya trabajos en el área de procesamiento automático de imágenes para la obtención de información de tráfico y se buscó ahondar en este tema (Ascencio, 2014).

Por lo anterior, se identificó la necesidad de llevar a cabo un proyecto de investigación en el que se logre ampliar el conocimiento respecto a los posibles usos del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico.

Alcances

Para lograr el objetivo principal del presente estudio, se revisaron fuentes de información documental que describen el procesamiento automático de imágenes y sus posibles usos en la Ingeniería de tráfico.

Objetivos del estudio

El objetivo principal del estudio aquí descrito fue identificar los usos posibles del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico.

Metodología

La metodología utilizada comprendió la revisión y el análisis de las fuentes de información documental en el tema. A partir de ese análisis, se describieron los usos identificados del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico. Por último, se elaboró este reporte de investigación final.

Estructura del reporte

Este reporte está organizado de la siguiente forma:

La primera parte presenta la introducción al estudio, se describe, de manera general, la necesidad de contar con información acerca de los posibles usos del procesamiento automático de imágenes, en la Ingeniería de tráfico. En este mismo capítulo, se presenta el alcance, los objetivos y la metodología del proyecto.

En el primer capítulo, partiendo de una definición, se presenta una descripción general del procesamiento automático de imágenes. También aparece una descripción de los distintos usos que se le han dado a esa técnica.

En el segundo capítulo se presenta una revisión de los posibles usos del procesamiento automático de imágenes aplicado a la Ingeniería de tráfico.

Finalmente, se presentan las conclusiones de este trabajo.

1 El procesamiento automático de imágenes

En este capítulo se describen, de manera general, el procesamiento automático de imágenes. Además, se listan algunos de los usos que se le ha dado a esta técnica.

1.1 Introducción

Para iniciar este capítulo, resulta importante partir de una definición del procesamiento automático de imágenes; también llamado visión por computadora o visión artificial. La “visión artificial” puede ser definida como un campo de la Inteligencia artificial” que -usando las técnicas adecuadas- permite la obtención, el procesamiento y el análisis de cualquier tipo de información lograda a partir de imágenes digitales. Para Ascencio Laguna (2014), “El principal objetivo de la *Visión por computadora*, también conocida como *Visión artificial*, es simular la visión humana, no sólo al reconocer los contornos o niveles de color de las formas expuestas en una escena, sino de la percepción e interpretación automática del campo visual.”

El procesamiento automático de imágenes ha sido utilizado en múltiples áreas del conocimiento humano, tales como: Cartografía y sistemas de información geográfica, Astronomía, Arqueología, Metalurgia, microscopía y muchas otras más. En la industria actual, la visión por computadora es aplicada en: la identificación e inspección de productos; la determinación de la ubicación de objetos en el espacio; el establecimiento de relaciones entre varios objetos; para así guiar robots; la determinación de las coordenadas de las características de un objeto; etc.

El verdadero potencial de la visión por computadora se da en tareas que consumen mucho tiempo, que implican actividades arduas o peligrosas, y donde factores de error humano -como la distracción y el cansancio- son muy elevados y pueden, por tanto, afectar los resultados de las observaciones. Usando la visión artificial es posible realizar, de forma automática, tareas repetitivas llevadas a cabo por operadores; o establecer controles de calidad de productos difíciles de llevar a cabo por medio de métodos tradicionales e inspeccionar objetos, sin necesidad de un contacto físico, a la totalidad de la producción y a una gran velocidad.

La visión artificial juega también un papel importante en la construcción de aplicaciones técnicas que permiten solucionar problemas tan diversos como la detección automática de intrusos en una zona restringida, incendios y lugares vacíos en estacionamientos.

Sin embargo, cabe mencionar que la visión artificial no siempre es la mejor solución. Muchas veces resolver un problema a través de la visión artificial requiere un nivel de inteligencia que una máquina no puede ofrecer; por lo anterior, es importante diseñar sistemas de visión por computadora que exploten al máximo su capacidad, pero que tengan un adecuado margen de confiabilidad.

1.2 Métodos para la captura de imágenes

Las imágenes son el insumo básico para llevar a cabo los procesos de visión artificial. En la actualidad, para capturar imágenes, son utilizadas las llamadas cámaras digitales; cuya función es capturar la imagen proyectada en un sensor, para poder transferirla a un sistema electrónico.

Las imágenes digitales son consideradas como una cuadrícula, en donde cada elemento es llamado Pixel (Picture element). La resolución estándar de una imagen digital es de 512x484 Pixeles.

Las cámaras digitales son más sofisticadas que las cámaras analógicas, ya que requieren un control completo de tiempos, señales, velocidad de obturación, sensibilidad, etc.

De acuerdo con la tecnología de su sensor, las cámaras digitales son clasificadas en:

- Cámaras de tubo. Basadas en el uso de un material fotosensible que capta la imagen leída por un haz de electrones.
- Cámaras de estado sólido. Basadas en materiales semiconductores fotosensibles que, para su lectura, no requieren de un barrido electrónico; son más pequeñas que las cámaras de tubo.

Por lo que respecta a su disposición física, las cámaras digitales pueden ser:

- Cámaras lineales. Basadas en un sensor de estado sólido lineal. Estas cámaras construyen la imagen línea por línea realizando un barrido del objeto y tienen una gran calidad de resolución. Para contar con imágenes de alta calidad a partir de líneas individuales, se requiere que tengan una muy buena precisión. Generalmente son utilizadas para la inspección de objetos de gran longitud; como pueden ser telas, papel, vidrio o placas de metal.
- Cámaras matriciales. Basadas en un sensor de estado sólido matricial. Esta última característica permite la captura, y el posterior análisis, de imágenes bidimensionales. El sensor óptico de estas cámaras cubre un área formada por una matriz de pixeles. Estos sensores están formados por miles de diodos fotosensibles colocados de forma muy precisa en la matriz.

Existe un tipo especial de cámara de acuerdo con la aplicación requerida. Por ello, se pueden encontrar en el mercado cámaras monocromáticas, de color, de alta definición, de alta velocidad, infrarrojas, etc.

Las cámaras a color tienen tres sensores, uno por cada color básico (rojo, verde y azul).

Un elemento muy importante por considerar en la captura de imágenes es la iluminación, este es un elemento crítico en un sistema de visión. Las cámaras solo capturan el reflejo de la luz en los objetos. La iluminación sirve para controlar la forma en la que la cámara ve al objeto; por tanto, la iluminación deberá ajustarse dependiendo del objeto a observar.

Para definir la iluminación correcta, se debe considerar -entre otras cosas: si el objeto es multicolor o monocromático, la velocidad de movimiento del objeto, el campo de visión por iluminar, si alguna las superficies del objeto presenta reflejos, el fondo detrás del objeto y qué característica principal se desea observar.

La iluminación por utilizar puede ser -entre otras- mediante luz fluorescente, fibra óptica, leds o láser.

El uso de la luz fluorescente genera una luz brillante y sin sombras. Tiene una alta durabilidad ya que las lámparas están diseñadas para suministrar el máximo de intensidad por 7000 horas. Las lámparas fluorescentes son comercializadas en diferentes temperaturas de color. Son usadas para ambientes que requieren mucha luz y ningún tipo de sombra; por ejemplo, en la inspección de circuitos, control de calidad, ensamblaje, análisis biológicos, etc.

La fibra óptica genera una gran intensidad de luz uniforme y sin sombras. Es recomendada para iluminar objetos pequeños y puede ser fijada al objetivo de una cámara o a la óptica de un microscopio.

Los diodos led generan una luz difusa y sirven para iluminar ciertos objetos.

La iluminación láser es utilizada principalmente cuando se desea determinar profundidades de superficies irregulares.

1.3 Procesamiento y análisis de imágenes digitales

La captura de imágenes genera una gran cantidad de información. Anteriormente, esta información era almacenada para su posterior estudio; ya que no era posible realizar los procesos de análisis de las imágenes en tiempo real por que el equipo de cómputo con el que se contaba era de baja capacidad y velocidad.

Con el surgimiento de equipo de cómputo cada vez más potente, el procesamiento de la información generada con la captura de imágenes es cada vez más rápido. De esa forma, es posible hacer el análisis de las imágenes prácticamente en

tiempo real y las decisiones respecto a lo que se muestre en la información pueden ser tomadas rápidamente, particularmente en entornos científicos o industriales. Problemas en la producción de un artículo pueden resolverse antes de que puedan significar menoscabos mayores para una empresa por la pérdida de lotes completos. En el caso de guiado de robots, su respuesta puede acelerarse y responder a cambios bruscos en el medio ambiente en el que estos se encuentren. Para el caso de automóviles que circulan en una vialidad, el rápido proceso de la información puede ayudar a lograr respuestas prontas y más seguras.

El software de visión está basado en la interpretación y análisis de los píxeles de las imágenes. Como resultado se puede obtener desde la medida de una partícula hasta la lectura de una serie de caracteres.

1.4 Partes de un sistema de visión

Un sistema de visión estará compuesto por las siguientes partes:

- Captura de la imagen
- Definición de la zona de interés en la que serán tomadas las mediciones
- Establecimiento de los márgenes de tolerancia, para determinar la conformidad del elemento por analizar
- Realizar la medición de la característica de interés
- Reportar acerca de la conformidad o no conformidad de elemento analizado

1.5 Conclusiones

En este capítulo, partiendo de la definición del procesamiento automático de imágenes, se listan distintas áreas del conocimiento y aplicaciones en las que esta tecnología puede ser utilizada. Se describen distintos métodos para la captación de las imágenes, así como las técnicas de iluminación. Se presentan también las técnicas para el procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas mediante cámaras de video. Finalmente, se señalan las partes que deberá tener un sistema de visión.

2 Aplicaciones del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico

En este capítulo se describen distintas aplicaciones del procesamiento automático de imágenes en la Ingeniería de tráfico.

2.1 Introducción

En el caso particular de la Ingeniería de tránsito, interesa saber las características del comportamiento de los vehículos en vialidades; como pueden ser carreteras, arterias, avenidas o calles secundarias, intersecciones, plazas de cobro, estacionamientos y zonas de carga y descarga. De esa forma, el uso de un sistema de procesamiento automático de imágenes puede ser útil para capturar información de las condiciones de operación de una red vial.

2.2 Medición del flujo, velocidad y densidad del tráfico

Para determinar las condiciones de operación de una carretera o de una arteria, es indispensable conocer las características fundamentales del tráfico que por ellas circula. Entre las variables que pueden determinarse mediante el análisis de las imágenes de una vialidad están el número de vehículos que por unidad de tiempo circulan por ella. Tras definir el número de vehículos nuevos que aparecen en una serie de imágenes en un cierto tiempo, se puede conocer el flujo en esa carretera. La velocidad puede determinarse estableciendo dos puntos de control en la imagen a una distancia conocida, y sabiendo cuánto tiempo toma a los vehículos ir de un punto de control a otro. Una imagen fija, en cualquier momento, puede servir para determinar la concentración (número de vehículos en un espacio determinado) en ese momento.

Al comparar las mediciones de las variables fundamentales del tráfico obtenidas en una vialidad, con valores preestablecidos, puede determinarse a qué nivel de servicio está operando esa vialidad y tomar las medidas necesarias para mejorar ese nivel de servicio. Así, por ejemplo, bajas velocidades y altas densidades revelarán problemas de capacidad de la vialidad.

2.3 Detección automática de incidentes

Utilizando la información de las variables fundamentales del tráfico, se puede determinar si en una vialidad que normalmente opera con un buen nivel de servicio está ocurriendo algún incidente. Esto se reflejará en cambios no esperados como caídas pronunciadas de la velocidad, disminución de flujo e incrementos en la densidad. Al establecer valores de referencia para esas variables, se pueden fijar alarmas que permitan al operador de la vialidad detectar lo más pronto posible el incidente y actuar para resolverlo, y enviar el equipo y personal que sea necesario para reestablecer las condiciones normales de operación de la vialidad. Mediante el uso de cámaras que formen parte del sistema de gestión de tráfico, se podrá identificar la naturaleza del incidente.

2.4 Detección de vehículos que cruzan intersecciones cuando la luz roja del semáforo está encendida en su dirección

El cruzar una intersección cuando no hay el derecho a hacerlo puede poner en peligro no solo a los ocupantes del vehículo infractor, sino también a los ocupantes de otros vehículos e incluso a peatones que estén usando la intersección. Este problema puede abatirse mediante el uso de las llamadas fotomultas que capturan de manera simultánea la imagen del vehículo infractor y la del semáforo en rojo. Contando con el registro correspondiente, la infracción puede ser enviada al domicilio del propietario del vehículo.

Junto con el uso de radares para medir la velocidad de circulación en una vialidad, las fotomultas pueden ser usadas para detectar e infraccionar a aquellos vehículos que excedan los límites de velocidad.

2.5 Cobro de peaje mediante la lectura de placas

Los sistemas de lectura de placas son utilizados para capturar imágenes de las placas de los vehículos en plazas de cobro que cuentan con sistemas de recaudación electrónica de cuotas. Las imágenes obtenidas son utilizadas para determinar la matrícula; y al comparar con los archivos disponibles, es posible identificar la cuenta asociada al vehículo para cargar a esa cuenta el monto del peaje.

2.6 Apertura y cierre de casetas de cobro de peaje en una plaza de cuota

En una plaza de cuota es común contar con un número suficiente de casetas de cobro para que el tiempo de espera de los usuarios no exceda cierto límite. Sin

embargo, no siempre es económicamente rentable para el operador de la carretera de cuota tener todas las casetas abiertas; por lo que tiene que confiar en estimaciones de la demanda y flujo direccional para así determinar el número de casetas que mantendrá abiertas en ciertas horas del día o en periodos de fin de semana o de vacaciones. Esto trae como consecuencia que, en ocasiones, se formen largas filas de espera en las plazas de cobro cuando algunas casetas permanecen cerradas. Afortunadamente, es posible, mediante el uso de un sistema automático de procesamiento de imágenes, establecer alarmas que en función de la longitud de las filas de espera indiquen cuándo es conveniente abrir al servicio una nueva caseta y también cuándo la longitud de las filas de espera ha disminuido lo suficiente para cerrar algunas de las casetas que estén en servicio.

2.7 Determinación de niveles de ocupación en un estacionamiento

Mediante la captura y procesamiento de imágenes de las plantas completas o secciones de esas plantas en un estacionamiento es posible determinar el número de lugares disponibles en esas áreas. De esa forma pueden informar a los conductores de los vehículos, antes de entrar al estacionamiento, en qué plantas y secciones hay lugares disponibles, para así lograr una mejor gestión del espacio disponible.

2.8 Tiempo de estancia en zonas de carga y descarga

El análisis en forma automática de las imágenes de una zona de carga y descarga permite determinar el tiempo de servicio necesario para atender un vehículo. Al comparar ese tiempo de servicio con estándares establecidos y fijar las alarmas necesarias, es posible detectar los problemas en la operación de esas zonas de carga o descarga, y actuar para resolver la situación.

Conclusiones

Del desarrollo de este trabajo se establecen las siguientes conclusiones:

Las múltiples aplicaciones del procesamiento automático de imágenes la hacen una herramienta por considerar, en distintos procesos tanto científicos como industriales o de operaciones. Sin embargo, debe tomarse en cuenta las limitaciones de este tipo de herramientas, particularmente en ambientes en donde la iluminación no es la más adecuada.

La Ingeniería de tráfico puede verse beneficiada por el uso de este tipo de herramientas y algunas otras todavía más elaboradas como son el uso de imágenes térmicas. Los múltiples ejemplos de aplicación presentados muestran el amplio campo de aplicación de este tipo de tecnologías.

Bibliografía

ACHA DAZA, Jorge A. Nuevas tecnologías para la obtención de información de tráfico. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 468, San Fandila, Qro, 2015.

ASCENCIO LAGUNA, José A. Algoritmo automático de detección y aforo vehicular en tiempo real en horario diurno. Tesis de maestría. Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro. 2014.

GAVILANES, Javier. (SF). Aplicaciones de la Visión Artificial. Recuperado el 10 de junio de 2017 de: http://www.academia.edu/23702437/APLICACIONES_DE_LA_VISI%C3%93N_ARTIFICIAL.

GREENSHIELDS, B.D. The photographic method of studying traffic behavior. Proceedings of the Annual Meeting of the Highway Research Board, Vol. 13, pp 382-399. Washington, D.C. 1934.

GREENSHIELDS, B.D. A study of traffic capacity. Proceedings of the Annual Meeting of the Highway Research Board, Vol. 14, pp 448-477. Washington, D.C. 1935.



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado-Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>

Esta publicación fue desarrollada en el marco de un sistema de gestión de calidad
certificada bajo la norma ISO 9001:2015