

**EVALUACION DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA DISMINUCIÓN DE
ACCIDENTES EN INTERSECCIONES VEHICULARES**

PRESENTADO POR

**JOHN ALEXANDER CABRERA BOHÓRQUEZ
JUAN RICARDO MANOSALVA CAMPOS**

**DIRECTOR
FERNEY ALBERTO BELTRÁN MOLINA
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**UNIVERSIDAD ECCI
ESPECIALIZACIÓN
TELECOMUNICACIONES INALÁMBRICAS
BOGOTÁ
2016**

CONTENIDO

RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCION.....	7
1.1. JUSTIFICACION.....	7
1.2. OBJETIVOS.....	8
1.3. ANTECEDENTES.....	9
1.3.1. SISTEMAS ANTICOLISION EN VEHICULOS.....	9
1.3.1.1. ACADEMIA.....	9
1.3.1.2. SISTEMAS COMERCIALES.....	10
1.3.2. SISTEMAS ANTICOLISION PARA LAS INTERSECCIONES.....	12
1.3.2.1. CRUCES INTELIGENTES.....	12
1.4. MARCO TEORICO.....	14
1.4.1. SISTEMAS DE TRAFICO INTELIGENTE.....	14
1.4.2. SISTEMAS COOPERATIVOS.....	15
2. EVALUACION DE LOS SISTEMAS USADOS EN ITS.....	17
2.1. SISTEMAS DE SENSADO.....	17
2.1.1. SENSORES INTRUSIVOS.....	18
2.1.1.1. ESPIRAS MAGNETICAS.....	18
2.1.1.2. MAGNETICOS O MAGNETÓMETROS.....	19
2.1.1.3. PIEZOELÉCTRICOS.....	20
2.1.2. SENSORES NO INTRUSIVOS.....	21
2.1.2.1. SENSORES ACTIVOS.....	21
2.1.2.1.1. RADARES DE MICROONDAS.....	21
2.1.2.1.2. LASER ESCANER.....	22
2.1.2.1.3. ULTRASÓNICOS.....	23
2.1.2.2. SENSORES PASIVOS.....	24
2.1.2.2.1. CAMARAS DE VIDEO.....	24
2.1.2.2.2. ACÚSTICOS.....	25
2.2. PROCESAMIENTOS DE INFORMACIÓN.....	27
2.2.1. VISIÓN ARTIFICIAL.....	28
2.2.1.1. ETAPAS DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	29
2.2.1.1.1. PRE PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN.....	29
2.2.1.1.1.1. CONVERSIÓN A ESCALA DE GRISES.....	29
2.2.1.1.1.2. FILTRO ESPACIAL.....	29

2.2.1.1.2.	PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN	30
2.2.1.1.2.1.	CLASIFICADOR HAAR.....	30
2.2.1.1.2.2.	TRANSFORMADA DE HOUGH	30
2.2.1.1.2.3.	SEGMENTACIÓN.....	30
2.2.1.1.3.	RECONOCIMIENTO DE PATRONES	31
2.2.1.1.3.1.	METODOLOGÍAS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES.....	31
2.2.1.1.3.1.1.	HEURÍSTICAS	31
2.2.1.1.3.1.2.	MATEMÁTICAS.....	31
2.2.1.1.3.1.3.	LINGÜÍSTICAS (SINTÁCTICAS)	31
2.2.1.1.3.1.4.	REDES NEURONALES	32
2.2.1.1.3.2.	RECONOCIMIENTO ESTADÍSTICO DE PATRONES (REP)	32
2.2.1.2.	LIBRERÍAS PARA PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	32
2.2.1.2.1.	OPEN CV	33
2.2.1.2.2.	VXL.....	33
2.2.1.2.3.	IMAGEJ	34
3.	RESULTADOS	35
4.	CONCLUSIONES.....	35
5.	REFERENCIAS	35

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Cruce implementado por la Dirección general de tráfico (DGT)	12
Ilustración 2.Ubicación	13
Ilustración 3.Tipos de colisiones fronto laterales	17
Ilustración 4.Esquema lazo inductivo.....	18
Ilustración 5.Espiras magnéticas	18
Ilustración 6.Conexión detector de lazo	19
Ilustración 7.Esquema de instalación en 2 carriles	19
Ilustración 8.Esquema de instalación	19
Ilustración 9.Sensores Magnéticos	19
Ilustración 10.Esquema sensor piezoeléctrico	20
Ilustración 11.Piezoeléctricos.....	20
Ilustración 12.Esquema de funcionamiento del radar microondas	21
Ilustración 13.Radar de microondas	21
Ilustración 14.Medida de alturas	22
Ilustración 15.Colocación de sensores ultrasónicos	23
Ilustración 16.Pulsos ultrasónicos emitidos y reflejados	23
Ilustración 17.Sensores acústicos	25
Ilustración 18.Esquema general sistema de visión artificial.....	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características sistemas inteligentes de transporte	15
Tabla 2. Riesgo de colisión según el TTC	16
Tabla 3. Calibración de un sistema video para detección de vehículos	25
Tabla 4. Comparativa de las tecnologías usadas en ITS	26
Tabla 5. Comparativa parámetros de medición	27

RESUMEN

El accidente de tránsito es reconocido como un problema social, por lo tanto, su reducción ahora se convierte en una tarea urgente tanto en las vías como en las intersecciones principalmente las que no están semaforizadas.

En ocasiones nos encontramos con cruces de difícil visibilidad, cruces donde es casi imposible ver si se acerca otro vehículo a no ser que prácticamente nos adelantemos en el otro carril. Suelen estar en carreteras secundarias. Precisamente para evitar este tipo de colisiones fronto laterales y aportar una mayor seguridad en los cruces.

Los accidentes en las intersecciones ocurren cuando los conductores realizan maniobras no adecuadas, no pueden anticipar las acciones de otros conductores, o no ven las señales de tráfico. El desarrollo de sistemas de sensores avanzados y algoritmos puede proporcionar la localización exacta del vehículo del conductor y predicción de la trayectoria de los usuarios de la carretera. Combinando esto con la comunicación del estado en el cual se encuentran los semáforos, será posible advertir al conductor de situaciones potencialmente peligrosas.

Comenzamos haciendo una revisión a los diferentes sistemas anticolidión tanto en fase de desarrollo por los grupos de investigación, como los comerciales de los diferentes fabricantes de vehículos y a los implementados para las intersecciones, donde se explica el funcionamiento de los sistemas de sensado y procesamiento de las señales, de acuerdo a esta información hacemos la evaluación del sistema de anticolidión más adecuado para las intersecciones que no están semaforizadas.

A futuro se pretende que este sistema se integre a los sistemas inteligentes de transporte (ITS) y a los que vienen en diferentes vehículos, por ejemplo si el vehículo dispone de un sistema anticolidión se dará un aviso a través de un indicador para alertar al conductor, dado el caso que no se acate, si el vehículo cuenta con la tecnología el sistema hará que el auto se detenga de forma autónoma o evite la colisión con una maniobra en la dirección.

1. INTRODUCCION

1.1. JUSTIFICACION

Teniendo en cuenta el informe del sector automotor a Marzo de 2016 realizado por FENALCO (Presidencia Nacional) y la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia), se demuestra el incremento de vehículos nuevos registrados ante el RUNT desde marzo 2015 a marzo 2016, los cuales dan una totalidad de 239.155 a nivel nacional; para Bogotá son 6.615 un 33.5% del total de vehículos registrados (ANDI-FENALCO, 2016), teniendo en cuenta la cantidad de vehículos existentes en la ciudad de Bogotá y falta de malla vial para la movilización, se evidencia que existe un colapso “trancones” en las calles, desesperó por movilización rápida y continua por parte de los conductores, lo cual conlleva a la imprudencia y a su vez al riesgo de accidentes en la ciudad.

Debido al flujo vehicular, a la falta de cultura ciudadana y a la deficiente señalización en la infraestructura vial; en zonas residenciales, donde hay menor flujo de vehículos existe índice de accidentalidad, ocasionado por la falta de señalización y semaforización.(Dirección de seguridad vial,2015). Realizando una investigación del índice de accidentalidad, la Secretaria Distrital de Movilidad indica que desde el 2003 hasta el 2014, existe un promedio alrededor de 34.000 accidentes de tránsito por año, las causas más frecuentes en accidentes son:

- No mantener distancia de seguridad.
- adelantar cerrando.
- Desobedecer las señales de tránsito, por parte de los peatones.
- la excusa de no moverse por donde es permitido. (Dirección de seguridad vial, 2015).

La Secretaria Distrital de Movilidad, lanzan campañas de inteligencia vial concientizando a los conductores de no conducir bajo los efectos del alcohol, respetar las señales de tránsito y no exceder los límites de velocidad, de igual forma a los peatones, se les concientiza de transitar por las esquinas, cebras, puentes, etc. lugares establecidos para ellos, lo cual es parte fundamental del Plan de Desarrollo de Movilidad, (Secretaria de Movilidad,2012)en el cual se encuentran campañas como, realizar el día sin carro, dar prioridad al peatón, al ciclista y prioridad al transporte masivo con respecto al transporte particular. (Secretaria de Movilidad, 2015)

Realizando el análisis de las estadísticas de crecimiento en el parque automotor, índice de accidentalidad. (Dirección de seguridad vial,2015), y señalización en la malla vial, se realiza un estudio para la disminución de accidentes en la ciudad, brindando seguridad al peatón para moverse dentro de las áreas establecidas para ello, mayor control y seguridad al conductor al momento de uso del vehículo y la malla vial.

Los nuevos sistemas de conexión podrían eliminar muy pronto la necesidad de contar con semáforos en las intersecciones.

Los semáforos se desarrollaron por hace más de 150 años para regular el tráfico ferroviario en Londres. Son un rastro del pasado que persiste en nuestra era digital. Hoy en día, la innovación y el desarrollo en telemática hacen que los vehículos y las carreteras sean cada vez más seguros, el objetivo de desarrollar vehículos autónomos y ciudades inteligentes se hace cada vez más cercano. Un proyecto de investigación conjunta desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), el Consejo Nacional de Investigación Italiano - Instituto de Informática y Telemática (CNR-IIT) y el Instituto Suizo de Tecnología (ETH), está en proceso de perfeccionamiento de un sistema conectado de gestión de tráfico basado en el control de tráfico

de aviones en las proximidades de los aeropuertos. El sistema, que produce un flujo de tráfico puntual, elimina las colas y retrasos, así como reduce el consumo de combustible y de las emisiones de gas.

El sistema basado en la conectividad identifica vehículos y asigna una programación personalizada a cada uno de ellos, un espacio de tiempo personal durante el cual está previsto que pase el vehículo a través de una intersección, lo que elimina la necesidad de que los vehículos se detengan en los semáforos. La velocidad de cada vehículo se controla automáticamente, de modo que pasará a través de la intersección durante el intervalo asignado, al igual que hacen los aviones en un aeropuerto. Lo mejor de todo esto es que dicho sistema emplea una tecnología y unos sistemas de comunicación que ya están presentes en muchos coches modernos.

"El paso de los semáforos a este innovador sistema mejorará significativamente la eficiencia de las intersecciones", explica Paolo Santi, investigador del CNR-IIT y miembro de la MIT Senseable City Lab: "Nuestros análisis revelan que, con los actuales niveles de flujo de tráfico, las colas desaparecerían por completo y los retrasos serían casi inexistentes".

Las intersecciones del sistema conectado son similares a las rotondas inteligentes, los vehículos la abordan disminuyendo la velocidad sin tener que parar y arrancar de nuevo. Los resultados de las pruebas indican que, en comparación con las tradicionales intersecciones con semáforos, el sistema conectado duplica el número de vehículos implicados sin crear colas.

Carlo Ratti, director del MIT Senseable City Lab, confirma: "la tecnología TIC y los vehículos autónomos transformarán el panorama de la movilidad urbana. Para un futuro relativamente próximo, cuando todos los vehículos circulen de manera autónoma, podemos imaginar un escenario en el que los vehículos no tendrán que parar, moviéndose continuamente sin correr el riesgo de colisionar".

Los resultados del estudio, realizados en colaboración con la Fundación Centro de Estudios ENEL, se han publicado en la revista científica PLoS ONE.

1.2. OBJETIVOS

Evaluar los diferentes sistemas inteligentes para evitar accidentes en las intersecciones no semaforizadas de las principales ciudades de Colombia, así poder definir el que más se adecua a la necesidad de la ciudad.

Para tal fin se debe ubicar un sensor en las intersecciones no semaforizadas el cual detectara el peatón o vehículo que se acerque a la intersección este permitirá alertar a los vehículos de la presencia de peatones u otro vehículo o viceversa mediante él envió de una señal a unos avisos luminosos que informara a ambos de su proximidad. Para tal efecto se debe:

- Establecer los parámetros mínimos que debe tener un sensor para su aplicación en una plataforma de un ITS.
- Detallar el diseño del hardware en la que se basa la adquisición y pretratamiento de la señal proveniente del sensor que se recomienda.
- Detallar y especificar los requerimientos del software, los algoritmos necesarios para su funcionamiento son:
 - Recepción y adecuación de la señal proveniente del sensor.
 - Tratamiento de la señal hasta la obtención del perfil de lo que se detecte.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. SISTEMAS ANTICOLISION EN VEHICULOS

1.3.1.1. ACADEMIA

Existen varios grupos de investigación en el mundo dedicados a mejorar los sistemas comerciales y a la inclusión de nuevos que podrían ayudar de forma definitiva a reducir el número de accidentes y la congestión del tráfico. Ahora presento algunos de estos grupos principalmente enfocados a los más influyentes.

En Europa, existen proyectos de investigación de sistemas inteligentes de transporte ITS, uno de ellos es el CHAUFFEUR, este es un sistema que hace el seguimiento de cualquier automóvil conservando una distancia prudente, se desarrolló para que los camiones mantengan el carril, localización de obstáculos, evasión de colisiones y el desarrollo de la seguridad sostenible (Milanés M, 2010), la realización del concepto platooning con camiones (también es conocido como trenes de carretera) el cual es una agrupación de vehículos que ayuda a incrementar la capacidad de transporte de las carreteras. Se hizo una demostración con tres camiones de los cuales solo el primero era conducido por un humano y los demás lo siguen mediante un sistema de control inteligente basado en las reacciones del conductor, siguiéndolo uno tras otro manteniendo una distancia prudente para evitar la colisión. Este sistema funciona con sensores de velocidad y aceleración propios del vehículo, detección y seguimiento de un patrón activo de infrarrojos, esta medición es robusta y precisa la cual se hace con 2 cámaras CCD midiendo la distancia gancho de remolque y el ángulo de gancho de remolque.

Proyecto LACOS (Lateral Control Support), este proyecto busca un sistema autónomo capaz de ayudar al conductor en el caso que se vaya a presentar una colisión, se genera una maniobra con un movimiento lateral del vehículo, existen dos principales funciones para el control lateral:

- LWS (Lane Warning Support).
- LCS (Lane Change Support).

En estos sistemas se usaron radares de microondas, cámaras de visión artificial y una unidad de control en el automóvil que reúne la información procedente de los sensores aumentando la redundancia del sistema, (Milanés M, 2010).

Nissan presentó la cuarta versión de su ASV (Advanced Safety Vehicle), es una iniciativa liderada por el Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte de Japón. El vehículo está diseñado para ayudar a reducir los accidentes mediante el empleo de las comunicaciones avanzadas vehículo a vehículo para alertar al conductor a tomar acciones defensivas en situaciones en las que un vehículo en el que viene aún no es visible, pero representa una amenaza potencial para la seguridad vial.

Nissan usará el Nissan ASV-4 para poner a prueba diversas tecnologías en preparación para su aplicación comercial.

El sistema utiliza la pantalla de navegación del coche y una señal de advertencia para alertar al conductor de situaciones peligrosas que él o ella no podría incluso ser capaz de ver. El siguiente paso de Nissan es permitir que las mismas advertencias para los peatones que no se ven mediante la comunicación con sus teléfonos celulares.

El sistema pondrá a prueba el uso de la información de navegación en tiempo real, en el momento tiene algunas limitaciones, ya que depende de la información recibida de los vehículos equipados con el sistema de navegación Nissan, por lo tanto, los conductores deben permanecer alerta a otros vehículos que el sistema es incapaz de detectar.

Por ejemplo, cuando el vehículo se aproxima a una intersección o intenta un giro a la derecha, el sistema puede avisar al conductor del peligro potencial de un vehículo que se acerca, ya que acelera después de una parada, incluso cuando el conductor no se da cuenta.

El proyecto Navlab de la universidad Carnegie Mellon trabaja en la implementación de sistemas para varios tipos de automóviles como autos, camiones y buses con el objetivo de darles la capacidad de hacer una conducción autónoma.

Entre los objetivos está la exploración de toda clase de terreno, reducción de colisiones, automatización en carretera y asistencia al conductor en ciudades.

En el experimento “No Hands Across America”, el Navlab5 transitó desde Washington a California, controlando de forma automática la dirección en el 98,8% del recorrido y la velocidad era manual.

Se usaron varios sistemas como un GPS unido con un giróscopo para la ubicación del vehículo, RALPH que proporciona los datos de navegación y ALVINN los datos para conservar el carril y evaluar el radio de proporción de la carretera. El sistema observando a un individuo conducir por 5 minutos, aprende las características más significativas para copiar su comportamiento.

Esta universidad también desarrolla el proyecto CTA Robotics enfocando sus investigaciones en que el automóvil interprete el medio y busque una forma de como desplazarse en él, (Milanés M, 2010).

1.3.1.2. SISTEMAS COMERCIALES

En el campo de la investigación de ITS (Sistemas inteligentes de transporte) también ha sido afrontado por los fabricantes de automóviles que han perfeccionado nuevos y significativos sistemas para ampliar la seguridad en los automóviles. Se mencionaran los mayores avances obtenidos por estos.

El grupo Alfa Romeo desarrollo un asistente para el arranque en una pendiente se llama (Hill holder) esta es una función proveniente del sistema antibloqueo de frenos ESP, y es un sensor especial capaz de detectar el ángulo de inclinación de la carrocería. Si se supera el límite de este, cuando el carro vaya a arrancar (auto parado, en el primer cambio, con el embrague y el pedal de freno pisados), el sistema aplica presión al sistema de frenos y evita que el vehículo se desplace hacia atrás durante unos instantes (entre 1,5 y 2 segundos) en el momento en que se levanta el pie del freno.

La dirección electrónica activa o DST (Dynamic Steering Torque), esta función recomienda al conductor la maniobra más adecuada y hace correcciones automáticas que optimiza las prestaciones y seguridad, esta función interviene en los casos de sobre viraje.

Audi ha desarrollado diversos sistemas que pueden explorar el entorno del vehículo y de acuerdo a los datos almacenados, toma medidas y actúa, aumentando la seguridad del conductor y como principal objetivo disminuirle el trabajo sin suprimir la responsabilidad.

Ahora se mencionaran algunos sistemas incorporados en sus modelos:

- Asistente de cambio de carril: Su función es ayudar a hacer el cambio de carril cuando el conductor quiera adelantar y que no ha visto otro vehículo que venga detrás haciendo lo mismo. Funciona con 2 sensores de radar colocados en la defensa trasera, estos escanean un has 50 Mt atrás y al lado del automóvil. Si se acerca un automóvil a gran velocidad desde atrás o se acerca a una zona acrítica, se prende un led naranja en el armazón del espejo derecho o izquierdo (dependiendo de qué lado se aproxime el otro automóvil), si se hace una maniobra lateral que pueda terminar en colisión, este sistema funciona a partir de 60 km/h.
- Asistente de cambio de carril involuntario: Es parecido al sistema anterior pero este funciona a partir de 65 km/h; mediante una cámara ubicada sobre el espejo interior, que revisa la carretera delante del automóvil, tiene un ángulo de 40 ° y su alcance es de 60 Mt, la cámara detecta la demarcación horizontal de la calzada si el conductor pasa sobre la línea sin activar la direccional, se genera una vibración en el volante. Los principales inconvenientes de este sistema es que no se activa si la velocidad es baja o si las líneas no se puede detectar correctamente, (Milanés M, 2010).

BMW, presentó diferentes dispositivos en desarrollo para implementar varias funciones de ayuda al conductor en los modelos comerciales. Entre estos se destacan el sistema de cámaras que mejoran las maniobras mediante métodos pasivos de advertencia al conductor y el Car2x, este es un servicio de comunicación entre la infraestructura de tráfico y los automóviles, el cual informa al conductor de situaciones que incrementen el riesgo que se presente un accidente. Este sistema se encuentra en fase de desarrollo después de que BMW constato que la mayoría de los accidentes se ocasiona en las intersecciones incluyendo las que tiene semáforos. Este sistema recurre a sistemas de comunicación para recoger información sobre el estado del tráfico y la carretera que proviene de otros automóviles o si hay, de los organismos de control vehicular de una forma similar a una arquitectura de control de tráfico.

Su objetivo es potenciar este sistema, hasta el punto de que en el futuro pueda advertir por ejemplo, la proximidad de un semáforo o la llegada a un cruce peligroso, (Milanés M, 2010).

Volvo, Enfoco sus desarrollos en disminuirla distracción del conductor, el cual está presente en el 90% de los accidentes, algunos de sus sistemas son:

- City Safety (Sistema de seguridad en ciudad): Está diseñado para evitar o mitigar colisiones con otros vehículos que transitan delante, puede ayudar a evitar una colisión cuando la velocidad es igual o inferior a 15 km/h. El Sistema se desactiva a velocidades superiores a 50 km/h. Su propósito principal es ayudar a un conductor que se ha distraído un momento y que se encuentra ante una situación crítica, si se detecta riesgo de una colisión inminente los frenos se precargan para responder con mayor rapidez, si el conductor no frena, se activan automáticamente los frenos y se desconecta el acelerador. El sistema tiene una unidad láser que emite luz infrarroja, esta es recogida de nuevo en caso de que se refleje en otros vehículos. La parte trasera de la mayoría de los vehículos es capaz de reflejar la luz gracias a las matrículas que portan y a los catadióptricos incorporados en las propias luces traseras. Los objetos que absorben la luz, y que por tanto no reflejan la luz láser, no son detectados.

- Frenado automático ante atropello: Combina un radar de amplio espectro con una cámara, cuando el sistema detecta que se acerca un peatón, se enciende una luz sobre el parabrisas y se activa una señal sonora. En el caso que el conductor no frene y se puede presentar un atropello, el sistema activa automáticamente los frenos. El sistema funciona a velocidades inferiores a 15 km/h.
- DAC (Control de alerta al conductor): La función está prevista para avisar al conductor cuando éste empieza a conducir de manera irregular, por ejemplo si está distraído o se está durmiendo. La cámara explora las señalizaciones laterales del carril y compara el recorrido de la carretera con los movimientos del volante. El conductor recibe un aviso cuando el vehículo no sigue el carril de manera regular.
En algunos casos, el comportamiento de conducción no cambia aunque el conductor esté cansado es posible que el sistema no avise al conductor.
El objetivo es detectar un deterioro gradual del comportamiento de conducción y está pensado ante todo para utilizarse en carreteras. La función no está prevista para el tráfico urbano.
- CWAB (Advertencia de colisión con frenado automático): Este calcula que si se puede producir un impacto, activa una luz roja en el parabrisas además de una señal sonora y prepara los frenos.
- Auto Steering (Dirección automática): Es un complemento al sistema anterior para evitar impactos laterales. Para esto gira automáticamente la dirección y vuelve a la posición original después de evitar la colisión, (Milanés M, 2010).

1.3.2. SISTEMAS ANTICOLISION PARA LAS INTERSECCIONES

1.3.2.1. CRUCES INTELIGENTES

Se le conoce con el nombre de “sistema de advertencia dinámica en intersecciones”. Utiliza tecnología V2V (intercambio de información entre vehículo-infraestructura-vehículo), de bajo costo, cuyo objetivo es indicar la proximidad de automóviles en la intersección.

Cuando el sistema detecta la que un automóvil se aproxima al cruce, avisa de esta situación encendiendo una señal luminosa a los automóviles que transiten por la vía principal con preferencia de paso para que puedan saber con anterioridad suficiente este suceso, ajustando su velocidad y aumentando la atención.

La intención es proporcionar, mediante el empleo de señalización variable, una mayor seguridad en cruces para carreteras convencionales.



Ilustración 1. Cruce implementado por la Dirección general de tráfico (DGT)

El sistema se encuentra funcionando en cuatro puntos seleccionados, han sido elegidos por su alta siniestralidad. Dos de ellos, los localizados en las provincias de Madrid y León, pertenecen, además, a secciones de carreteras secundarias identificadas como Tramos de elevada Concentración de Accidentes (TCA).

No solo la peligrosidad ha sido determinante para su elección. También se ha tenido en cuenta, aquellos que por su configuración resultaba más eficiente la colocación de estos sistemas. En estos puntos se produjeron, entre 2012 y 2014, un total de 48 accidentes con víctimas, 3 muertos y 74 heridos. DGT (2016, abril).



Ilustración 2. Ubicación

Los investigadores de Ford Motor Company dieron a conocer una de las primeras “intersecciones inteligentes” que simbolizan un avance hacia la convergencia de la tecnología GPS y las tecnologías inalámbricas para comunicación entre vehículos, con el fin de reducir los accidentes de tránsito y los trancones.

Cerca al Centro de Investigación y Desarrollo de Ford en Dearborn, Michigan, se colocó una “intersección inteligente”. El desarrollo puede comunicarse con automóviles de prueba capaces de advertir a los conductores de potenciales situaciones de riesgo, por ejemplo, cuando un automóvil está a punto de pasarse un semáforo en rojo. La intersección está provista con tecnología que le permite monitorear el estado de las señales de tránsito, datos de GPS y mapas digitales para validar potenciales amenazas para enviarlas a los automóviles. Después que el automóvil recoge los datos indicando del riesgo potencial, automáticamente emite un aviso al conductor mediante indicaciones de alarma visuales y auditivas.

Mike Shulman, líder técnico de Investigación e Innovación de Ford explicó que “Ford tiene los índices de seguridad más altos nunca alcanzados por los demás fabricantes de automóviles,

pretendemos ser pioneros en la nueva frontera de seguridad: automóviles que se comuniquen con las intersecciones y con otros autos” de manera inalámbrica.

Este proyecto acelerará las investigaciones de Ford en tecnologías de seguridad activa mientras continúa se desarrolla una arquitectura universal y estandarizada para implementar “intersecciones inteligentes” junto a otros fabricantes automotrices en un proyecto que une el sector privado con el público y se denomina Asociación de Métricas para la Prevención de Accidentes (CAMP), Las nuevas “intersecciones inteligentes” de Ford transmiten varios niveles de datos a los automóviles de pruebas que incluyen un mapa digital de la intersección, seis mapas del entorno del cruce y del camino peatonal, el rastro de localización del GPS, e incluso el estado de las luces del semáforo y los datos del flujo del tránsito.

Cuando la información es recogida, el sistema de prevención de colisión del vehículo puede determinar si el automóvil superará la intersección de modo seguro o si tiene que detenerse antes de pasarla. Cuando el sistema determina que el automóvil debe frenar antes de llegar a la intersección y los sensores le informan que el conductor no desacelera rápido, emitirá alertas visuales y auditivas al conductor.

1.4. MARCO TEORICO

1.4.1. SISTEMAS DE TRAFICO INTELIGENTE

La naturaleza crítica del control del flujo vehicular propicia que los sistemas de tráfico inteligente (ITS) sean la solución adecuada para la mayoría de ciudades que han tenido la necesidad de llevar el orden a la carretera. Dichos sistemas conformados en su mayoría por dispositivos electrónicos inteligentes (IED) ganando terreno como la implementación preferida por las autoridades a las que compete la gestión del control de tráfico.

Los sistemas de tráfico inteligente se fundamentan en el “internet de las cosas” (IoT), el cual busca el intercambio de información en tiempo real entre múltiples dispositivos valiéndose de las redes telemáticas. IoT se ha propuesto conectar todos los elementos posibles juntos, y luego darse cuenta también en tiempo real la interacción que se realiza en sociedad es decir entre las personas y entre las personas y las entidades. Como entidades se definen los dispositivos que interactúan con el ser humano o que lo hacen al nivel de entidad. Se podrían enumerar muchas entidades IoT, pero algunas son cámaras, televisores, teléfonos celulares, Smart TV, GPS, dispositivos de parqueo inteligentes, y por supuesto semáforos, cámaras de video, sistemas de control de acceso tráfico, señalización horizontal en autopistas, sistemas de cobro en carretera, radares de patrullas de camino, entre otros.

IoT supone gran cantidad de información, la cual debe ser recogida, analizada, procesada mediante una serie de tecnologías que permitan una identificación y gestión inteligente de la misma, de tal forma que se procese lo que realmente supone información oportuna para el ser humano y para las entidades de IoT. Según lo anterior es que los sistemas de tráfico inteligente (ITS) disponen de protocolos que garantizan la interoperabilidad e intercambio de información de transporte entre fabricantes, permitiendo así la recolección y procesamiento de datos para la toma de decisiones

en el control de flujo vehicular proveniente de dispositivos como señales de tráfico, sensores, circuitos cerrados de televisión, estaciones de conteo y pesaje de vehículo, rampas de salida o entrada de autopista, sistemas de priorización de transporte (público y de emergencia) para que un ITS sea verdaderamente robusto, debe incorporar la gestión de fallos (Fault Management); la cual garantiza la detección, localización y recuperación de fallos. Ahora bien, en implementaciones de ITS, normalmente extensas geográficamente y heterogéneas en tecnologías, resulta muy difícil adoptar un solo algoritmo para administración de fallos. Xi Li - Hong Ji - Yi Li plantean que un enfoque práctico en una estructura general que estandarice el procedimiento de control. El cual mediante un enfoque por capas sea flexible y capaz de la detección de fallos, que pueda localizarlas y que pueda rescatarse así mismo en caso de fracaso, teniendo en cuenta el entorno de comunicación complicado de IoT sobre el cual operan los componentes de una infraestructura de tráfico en carretera. En este enfoque de capas, los fallos se adaptan a la arquitectura de la red del ITS y se recuperan así mismos mediante puntos de observación a lo largo de la infraestructura, estos puntos de observación se denominan “Mapas Cognitivos Difusos” (Fuzzy Cognitives Maps, FCM); los cuales ofrece diversos criterios predictivos para garantizar que el intercambio de información en tiempo real nunca se detenga. (Brenes, Mora, Alpizar y Barnett, 2015).

Sistemas de Información Avanzados de Viajeros	Provisión de información de tráfico en tiempo real
	Guía de ruta / Sistemas de navegación
	Información de estacionamiento
	Sistemas de información meteorológica
Sistemas Avanzados de Administración del Transporte	Centros de operación del tráfico
	Control adaptable de señales de tránsito
	Señales de mensajes dinámicos
Sistemas de Tarifas de Transporte Habilitados	Peajes electrónicos
	Pago de tarifa o precio electrónico
	Líneas de expreso
	Tarifas de uso de vehículos por kilómetro recorrido
Sistemas de Transporte Público Avanzados	Variables de las tarifas de estacionamiento
	Información en tiempo real del estado del sistema de transporte público (por ejemplo autobús, metro, tren, etc.)
	Localización automática de vehículos
	Pago de tarifa electrónica (por ejemplo, tarjetas inteligentes)
Vehículo a Infraestructura de Integración y Vehículo a Vehículo de Integración	Sistema de anticolidión en intersecciones
	Adaptación inteligente de la velocidad

Tabla 1. Características sistemas inteligentes de transporte

1.4.2. SISTEMAS COOPERATIVOS

Los sensores en el vehículo proporcionan información de manera local y muy restringida tanto en términos espaciales como temporales.

Los sistemas cooperativos se pueden definir como la unión de los sistemas inteligentes de transporte (tecnologías de sensorización, comunicación, servicios y aplicaciones) con el objetivo final de cooperar para proporcionar a los usuarios una conducción eficiente, segura y confortable. Existen cuatro tipos de comunicaciones:

- Comunicaciones V2V (Vehicle to Vehicle) comunicaciones entre vehículos.
- Comunicaciones V2I (Vehicle to Infrastructure). Entre un vehículo y la infraestructura.

- Comunicaciones I2V (Infrastructure to Vehicle) entre la infraestructura y el vehículo.
- Comunicaciones I2I (Infrastructure to Infrastructure) entre equipamientos situados en la infraestructura.

La evolución de las tecnologías de sensorización para sistemas cooperativos se centra en dos aspectos fundamentales:

- El desarrollo del concepto del vehículo como elemento sensor itinerante.
- La aplicación de las redes de sensores en el ámbito de los ITS.

1.4.3. TIEMPO DE COLISION (TTC)

Para detectar cualquier colisión inminente es necesario desarrollar sensores y algoritmos, para estimar el tiempo hasta que suceda la colisión y finalmente decidir cuándo se convierte en inevitable. Este es un aspecto clave en estos sistemas, ya que condiciona el tipo de acción que el vehículo debe tomar de forma automática, a partir del análisis en tiempo real de la situación, el sistema debe calcular el tiempo de colisión (TTC) y compararlo con el tiempo de evitación. Hayward (1972), describe este indicador como “el tiempo restante para una colisión posible que ocurra si los automóviles comprometidos conservan su velocidad y recorrido. Valores pequeños de TTC revelan una alta posibilidad de colisión”.

TTC	TTC	Riesgo de Colisión
1	1.5-2.0	Bajo
2	1.0-1.5	Moderado
3	0.0-1.0	Alto

Tabla 2. Riesgo de colisión según el TTC

Los autores Cavallo y Laurent (1988), detallan el TTC como “el tiempo restante para alcanzar un obstáculo. Es importante tener en cuenta que cuando hay un curso de colisión, el valor TTC disminuye con el tiempo. La medida crítica en la apreciación de la dureza del conflicto es por lo tanto el mínimo TTC durante el conflicto. El valor máximo es infinito y el mínimo es cero”.

En situaciones críticas de seguridad, como en el caso de seguimiento entre dos vehículos, viajando a corta distancia y a la misma velocidad, el valor calculado para TTC es infinito. En el caso en que dos vehículos viajen en paralelo a corta distancia lateral, el TTC también es infinito puesto que no hay un punto de colisión. Estas situaciones hacen que el indicador TTC sea aplicable principalmente cuando existe una zona definida.

Detección de obstáculos implica las siguientes fases:

- Segmentación: la identificación de la pieza de información que corresponde a un obstáculo.
- Estimación de ego - movimiento.

- La clasificación de objetos.
- El seguimiento del objeto: análisis del movimiento del obstáculo. (Jiménez, Naranjo y Gómez, 2014).

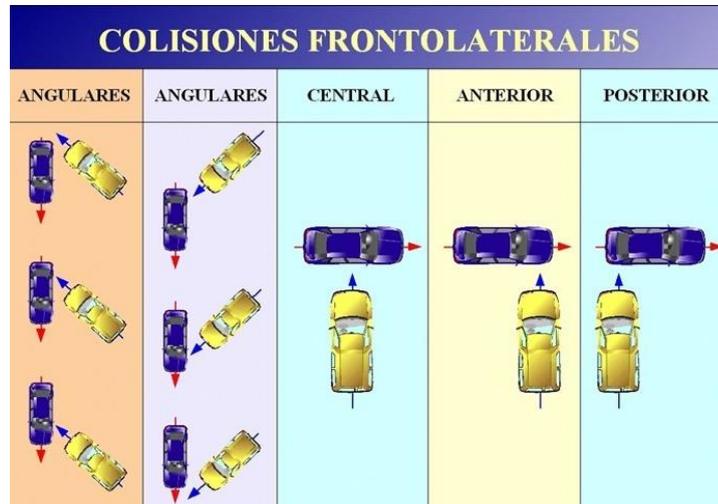


Ilustración 3. Tipos de colisiones fronto laterales

2. EVALUACION DE LOS SISTEMAS USADOS EN ITS

2.1. SISTEMAS DE SENSADO

Los sensores para tráfico perciben, detectan y recogen diferentes parámetros que son utilizados en algoritmos, programas de gestión de tráfico o cualquier otro tipo de sistema ITS, para el procesado y evaluación de la información. El control del tráfico urbano depende de la cantidad, tipo y calidad de los parámetros recibidos. Esta información permite estudiar el comportamiento del tráfico para poder predecir el futuro de este. Dependiendo de la información obtenida, se adoptará una u otra estrategia de control y gestión desde un centro de gestión de tráfico. De ahí la importancia de seleccionar el sensor adecuado para cada aplicación. A estos tipos de sensores los llamaremos sensores ITS.

Gracias a la sinergia de diferentes sectores y a la necesidad de mejores sistemas detectores han surgido este tipo de sensores inteligentes. La idea de estos es evolucionar en que solamente sean capaces de dar una medición a poder comunicarse, interactuar y cooperar entre ellos.

Estos sensores inteligentes se dividen en dos grandes grupos: sensores instalados en los vehículos y en las infraestructuras. Esta división se realiza debido a que se trata de dos sectores diferentes, como es el automotor y el de infraestructura ya que en ambos casos las características de los sensores, su diseño, y su forma de enviar los parámetros son diferentes. En este documento nos enfocaremos en lo que corresponde a los instalados en las infraestructuras.

Los usados en sistemas y aplicaciones ITS más importantes son: espiras magnéticas, sensores magnéticos, piezoeléctricos, radar de microondas, láser escáner, y detectores acústicos y ultrasónicos. Los tres primeros son intrusivos o instalados en la vía, el resto son no intrusivos, los cuales se instalan en puentes, postes o arcos.

2.1.1. SENSORES INTRUSIVOS

2.1.1.1. ESPIRAS MAGNETICAS

En instalaciones donde se pretenda obtener datos de manera permanente, resulta el más adecuado este tipo de detectores, después de instalados pueden funcionar durante años sin presentar fallas o mal funcionamiento. Los más utilizados son los detectores de lazo, o bucles de inducción magnética.

Se basan en la detección de los cambios que se producen en un campo electromagnético cuando pasa un automóvil (masa metálica) sobre un punto determinado de la calzada.

Consisten en una espira electromagnética o cable enterrado en el pavimento, formando un cuadrado, por el que circula una corriente eléctrica que genera el correspondiente campo electromagnético. Al pasar por este lazo la masa metálica del automóvil produce un cambio en las características del campo electromagnético generado que se registra por el contador.

Su funcionamiento se basa en la variación de la impedancia que se registra en la espira al paso de un vehículo. La espira está formada por cuatro partes:

- Un lazo o bucle formado por un cable que da una o más vueltas, enterrado de manera superficial en el pavimento de la autopista.
- Un cable de introducción que une el lazo con una caja de derivación.
- Otro cable de unión entre la caja de derivación y el controlador
- Una unidad electrónica situada en la cabina de control. Esta unidad contiene un oscilador y amplificadores que excitan el lazo inductivo.



Ilustración 5. Espiras magnéticas

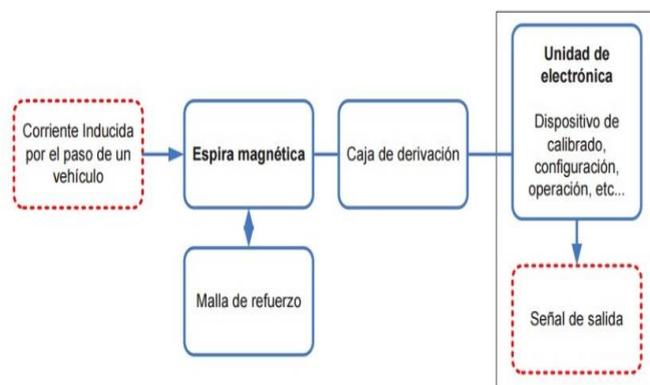


Ilustración 4. Esquema lazo inductivo

Esta tecnología puede detectar variables como el volumen de tráfico, la presencia, la velocidad o determinar la clasificación por su longitud y número de ejes utilizando una configuración simple o doble.

El paso del vehículo por la espira número 1 queda guardado en el detector. Después de un intervalo de tiempo, pasa por la espira número 2 y también hace lo mismo en el detector. Como se conoce la distancia que separa las espiras y el detector se determina el tiempo que ha empleado el vehículo en pasar de una espira a otra, se puede conocer la velocidad, calculándola como el cociente entre esta distancia y el tiempo empleado. Asimismo, también se registra el tiempo de ocupación de la espira, se realiza la clasificación de los vehículos, según su longitud, y se calcula la distancia entre automóviles.

Como inconveniente, presentan la necesidad de detener el tráfico en el carril en el que están instaladas para realizar cualquier reparación, por lo que este tipo de actuaciones deben realizarse en horas de poco tráfico. Asimismo, si se realiza alguna modificación en el pavimento (refuerzos de firme, etc.) se debe adaptar a la nueva configuración.

Las líneas de investigación actuales en el área de las espiras magnéticas se centran en nuevos diseños que permitan con una espira la detección de bicicletas.

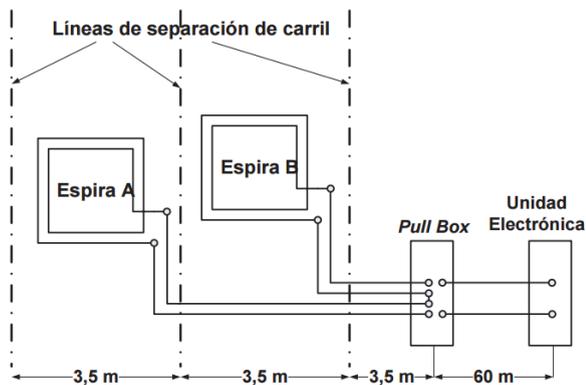


Ilustración 7. Esquema de instalación en 2 carriles

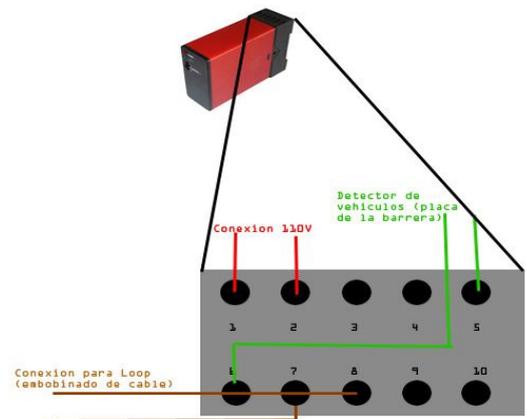


Ilustración 6. Conexión detector de lazo

2.1.1.2. MAGNETICOS O MAGNETÓMETROS

Estas unidades constantemente miden el campo magnético de la tierra y pueden determinar la presencia de un vehículo cuando el campo magnético cambia.

Actualmente, esta tecnología está disponible en una unidad pequeña que se instala por perforación de un agujero en la superficie de la calzada; la unidad se coloca en el agujero y es sellada en el lugar con una resina epóxica. Los detectores de magnetómetro funcionan con pilas, con una vida útil de al menos 5 años.

Se comunican a través de un enlace inalámbrico, que se traduce en las unidades que no tienen las conexiones de cable a ellos en todo.

Por lo tanto, no hay ningún requisito para conductos y cajas de detección, que es uno de los elementos más costosos de una nueva instalación de señales de tráfico.

Aplicaciones: Optimización de las señales de tráfico, detección de accidentes en carretera, violación de sistemas – señales de tránsito, exceso de velocidad, calle unidireccional, no hay carril de entrada (control de áreas de tráfico prohibido), no hay espacio de estacionamiento, sistema de acceso de entrada – contar los vehículos en la entrada o salida de un estacionamiento, sistema de monitoreo de control urbano.



Ilustración 8. Sensores Magnéticos

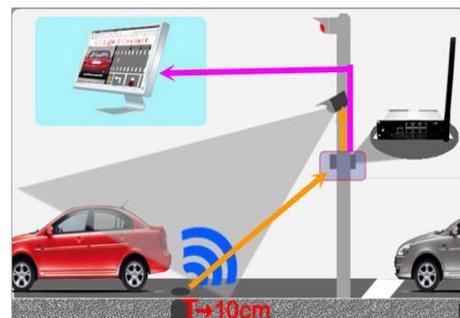


Ilustración 9. Esquema de instalación

2.1.1.3. PIEZOELÉCTRICOS

La detección se realiza en base a la presión que genera el vehículo al pasar sobre ellos. Detectan el paso del vehículo en base a la carga eléctrica que se genera en el material piezoeléctrico cuando es pisado por una rueda y éste se deforma.

Existen dos clases Clase I y Clase II. La Clase I son sensores muy precisos para su uso en aplicaciones de peso en movimiento; Clase II son los sensores utilizados en la medida de velocidad y clasificación del vehículo. Las conexiones del cable coaxial al sensor se sellan totalmente dentro de la cubierta de poliuretano.

Los sensores para instalaciones fijas se embeben en la calzada y para utilización temporal se instalan sobre la calzada, y se fijan con una cinta adhesiva al pavimento.

Sus aplicaciones varían un solo sensor es suficiente para el contaje de ejes, permitiendo obtener los datos del flujo de tráfico de una forma muy sencilla. También se utiliza como detector de entrada o salida de vehículos en los estacionamientos de automóvil para el accionamiento de la barrera o para control de dispositivos de seguridad. Es sensible a todas las clases de vehículos, y el sensor de Clase I, más preciso, puede usarse para determinar el peso por eje.

Dos sensores colocados perpendiculares al sentido de la circulación y distancia conocida constituyen un muy exactos procedimiento de medida de velocidad. Este dato es importante en los estudios de flujo de tráfico. Se usan dos sensores para supervisar las limitaciones de velocidad. En la interface del sensor piezoeléctrico se utiliza un acondicionador de señal para que no sean detectables las señales solo a partir de cierto nivel. Para visualizar o medir la señal producida por el sensor es suficiente conectar directamente el cable de señal del sensor (cable coaxial) a un osciloscopio o a otro equipo de alta impedancia de entrada.

La interface es un circuito de acondicionamiento específicamente diseñado para proporcionar un enlace versátil y ligero entre los detectores piezoeléctricos y el equipo de ingeniería de tránsito para contaje y clasificación vehicular.

Un único diseño permite su instalación en varias configuraciones para detectar tanto los vehículos estacionarios como los que se mueven a alta velocidad, y distinguir entre motocicletas, automóviles y vehículos de ejes múltiples.

En el interface estándar el pulso es disparado por peatones, bicicletas, automóviles y vehículos de carga, pero tiene la opción de filtrar peatones o bicicletas, si así se desea.



Ilustración 10. Piezoeléctricos

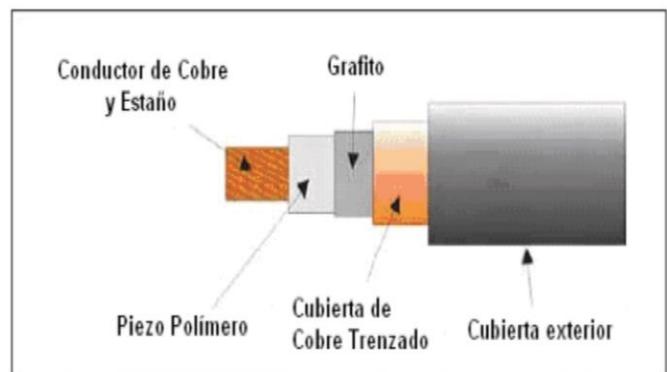


Ilustración 11. Esquema sensor piezoeléctrico

2.1.2. SENSORES NO INTRUSIVOS

Los detectores no intrusivos empleados en la actualidad son, principalmente de dos tipos:

- Sensores activos: Aquellos que emiten una señal y captan la respuesta reflejada sobre el objeto. De este tipo son los radares de microondas, radares láser y los sensores ultrasónicos.
- Sensores pasivos: Este tipo de sensores capta variaciones producidas, en ciertos parámetros, por el paso de un vehículo. Sensores pasivos son las cámaras de vídeo, los sensores infrarrojos y los sensores acústicos.

2.1.2.1. SENSORES ACTIVOS

2.1.2.1.1. RADARES DE MICROONDAS

La detección del vehículo por medio del radar se consigue a través de la emisión de una señal de microondas (entre 1 y 30 GHz, típicamente 10,525 GHz). Las microondas son reflejadas por objetos y el radar calcula el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal y la recepción de la señal reflejada.

Este tiempo de recorrido es la variable básica a partir de la cual se extrae información acerca del vehículo, su posición, su velocidad.

Su ubicación depende de la finalidad deseada. Se puede colocar sobre la calzada, en el centro de un carril, para medir el carril en concreto o bien, se puede situar en un lado de la calzada para medir parámetros de tráfico a través de todos los carriles.



Ilustración 13. Radar de microondas

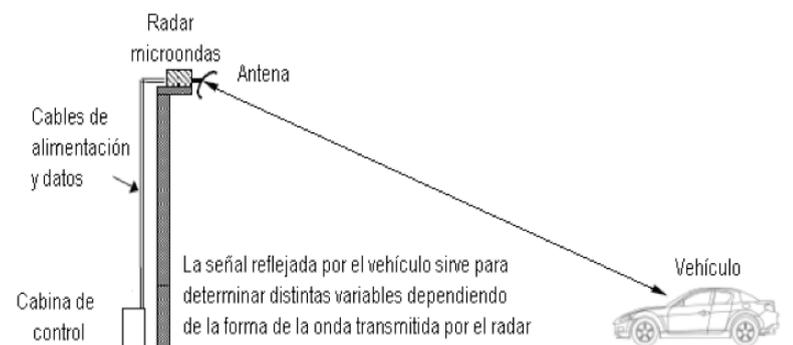


Ilustración 12. Esquema de funcionamiento del radar microondas

Por su situación es posible diferenciar dos tipos de radares de microondas:

- Radares CW (continuous wave): Transmiten a una longitud de onda continua de Doppler y detectan paso de vehículos y miden la velocidad de los mismos y son capaces de clasificarlos por su longitud.
- Radares FMCW (Frequency modulated continuous wave): Detecta además del paso de vehículos y su clase, su presencia, es decir, detectan vehículos parados.

2.1.2.1.2. LASER ESCANER

En la detección basada en escáner láser el equipo posee un detector láser de área, este dispositivo funciona midiendo el tiempo de vuelo un haz láser, tiene un diodo láser pulsado que emite un rayo hacia la zona de detección, la vía en este caso, y su reflexión difusa es registrada por el receptor del sensor. La distancia se determina mediante la medición del tiempo transcurrido entre el envío del haz y la detección de la reflexión al ser este directamente proporcional a la distancia entre el sensor y el objetivo que transite por la vía.

Conociendo la distancia a la misma en ausencia del objeto a detectar, se puede precisar la altura de los objetos que pasan por la zona de detección del sistema. Los sensores suelen trabajar en el espectro infrarrojo (con una longitud de onda aproximada de $0,9 \mu\text{m}$).

El equipo no mide alturas directamente, sino que mide distancias que existen desde su posición a la superficie sobre la que se enfoque, medida A de la figura. Con lo cual, para obtener las alturas hay que realizar simples cálculos trigonométricos. En primer lugar, se realiza un escaneo inicial sobre la vía en ausencia de vehículos con el objetivo de generar un vector de referencia o de offset. Es decir, se almacenan las distancias del láser a cada uno de los puntos de la vía en ausencia de vehículos, valores B de la figura. Cada una de estas distancias se mide con un ángulo de escaneo determinado, efecto denominado de ángulo, con lo que es necesario conocer el ángulo que corresponde a cada una de las medidas a la hora de calcular los valores de altura. Por simple trigonometría se pueden obtener los valores de las alturas de cada uno de los puntos.

En condiciones ideales todos los valores de este vector debieran ser iguales, pero hay que tener en cuenta tanto posibles irregularidades del asfalto como objetos estáticos situados sobre la vía que harán que esta situación no sea la de condiciones normales de medida. Ambos vectores (vector de offset (Y_B) y vector de offset linealizado (Y_A)) se almacenan en la configuración del equipo, y a no ser que existan cambios en la superficie de la vía o se modifique la instalación del equipo no será necesario volver a medirlos.

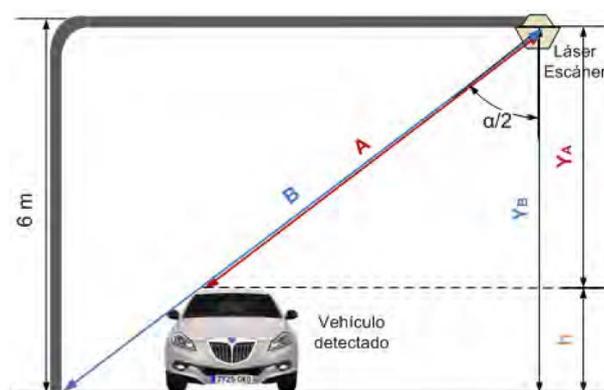


Ilustración 14. Medida de alturas

El láser escáner funciona realizando sucesivos escaneos, o barridos a lo largo de la vía, perpendiculares a esta, con un determinado ángulo de escaneo y resolución angular. Los sensores cuentan con un elemento móvil que es el que permite realizar el movimiento de barrido y definirá

la frecuencia de escaneo y el tiempo de respuesta. Se define la frecuencia de escaneo como el tiempo que tarda el sensor en realizar un escaneo completo sobre la vía.

Los sensores cuentan con un elemento móvil que es el que permite realizar el movimiento de barrido y definirá la frecuencia de escaneo y el tiempo de respuesta. Se define la frecuencia de escaneo como el tiempo que tarda el sensor en realizar un escaneo completo sobre la vía.

La información obtenida por el escáner debe ser corregida, en una primera estancia, debido al movimiento del vehículo, que crea variaciones en las medidas de acuerdo al mismo.

Se puede utilizar un sistema de GPS para medir el movimiento del objetivo y corregir este desplazamiento en las medidas.

Luego de detectados los diversos obstáculos, se crean patrones para vehículos y para peatones. Estos patrones son eficientes, pero insuficientes para una detección positiva de los diferentes obstáculos.

Se recomienda una etapa de seguimiento, para calcular el movimiento de los diferentes obstáculos y seguir su movimiento a lo largo del tiempo. Donde se pueden añadir varios filtros para descartar falsos positivos, por ejemplo movimientos improbables, cambios imprevistos de tamaño, etc. (García, Jiménez, Puertas, Naranjo, Armingol y Fernández, 2013).

2.1.2.1.3. ULTRASÓNICOS

Los sensores ultrasónicos transmiten ondas sonoras a una frecuencia entre 25 y 50 kHz, siempre por encima del rango auditivo humano.

El sistema envía pulsos ultrasónicos de duración T_p con una separación de T_o mayor que el tiempo que tarda en llegar la onda ultrasónica a la calzada de la autopista y volver al sensor. El sensor está “abierto” a intervalos regulares de tiempo, para la detección de vehículos.

La variación en la recepción de pulsos reflejados en presencia de un vehículo se transforma en una señal eléctrica y es procesada en un sistema de tratamiento de señal, para su interpretación.

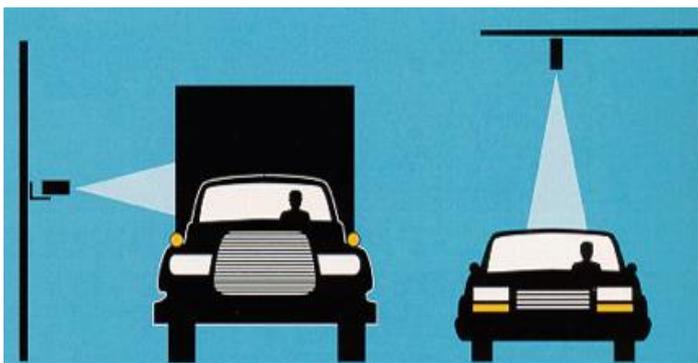


Ilustración 15. Colocación de sensores ultrasónicos

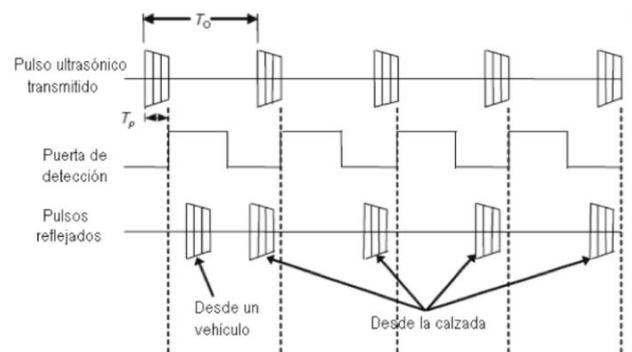


Ilustración 16. Pulsos ultrasónicos emitidos y reflejados

Estos sensores son capaces de detectar vehículos en movimiento (o parados) así como de calcular su velocidad.

Estas tecnologías son maduras en aplicaciones de gestión de tráfico pero no todas ellas se aplican del mismo modo ante distintas situaciones o en distintas aplicaciones finales.

Se debe tener en cuenta tanto las necesidades de la vía, como las de las entidades gestoras, los costos, la duración de la aplicación y la finalidad ya que la elección de una u otra necesita de un

profundo conocimiento de sus características, para poder elegir correctamente la que mejor se ajuste a cada uno de los casos de uso y aplicación.

2.1.2.2. SENSORES PASIVOS

2.1.2.2.1. CAMARAS DE VIDEO

Los sistemas video se introdujeron en la gestión de autopistas para labores de vigilancia remota por parte de un operario físico. Sin embargo, en la actualidad se emplean técnicas de visión artificial para extraer, de manera automática, distintos tipos de información.

Es el dispositivo encargado de transformar las señales luminosas que aparecen en la escena, en señales analógicas capaces de ser transmitidas. Se divide en dos partes, el sensor, que captura las propiedades del objeto en forma de señales luminosas y lo transforma en señales analógicas, y la óptica que se encarga de proyectar los elementos adecuados de la escena ajustando una distancia focal adecuada.

Los sensores de visión usados más recientemente son los basados en matrices de dispositivos acoplados por carga CCD; estos transductores proporcionan una señal con amplitud proporcional a la luminosidad de la escena y realizan una digitalización espacial completa en dos dimensiones (líneas y columnas), pues descomponen la imagen en una matriz de puntos.

La codificación de la brillantez de cada elemento de imagen o pixel, obtenido de la digitalización espacial, se hace generalmente en 8 bits, mientras que la resolución de la discretización espacial de una imagen puede ser por ejemplo de 320*240 pixeles.

Existen dos tipos de tecnología de CCD la interline transfer (IT) y frame interline transfer (FIT), cada uno de ellos tiene aspectos positivos y negativos.

El ámbito de aplicación de las cámaras ha aumentado, y se emplean, además de la vigilancia, para la detección y conteo de vehículos e identificación de los mismos por extracción automática de la matrícula, entre otras cosas.

Un sistema de procesamiento de video está formado típicamente por una o varias cámaras, un equipo basado en un microprocesador para digitalización y análisis y un software para interpretar las imágenes y extraer la información deseada.

Conviene destacar la importancia de la colocación y calibración de la cámara ya que esto afecta el resultado del sistema.

Para la colocación de la cámara existen multitud de aspectos a tener en cuenta a continuación se mencionan una serie de los más importantes y genéricos que permiten obtener imágenes útiles para la etapa de visión artificial.

- La localización debe buscar la minimización de vibración y movimiento.
- Evitar la presencia de obstáculos en el campo de visión de la cámara. Minimizar también las oclusiones entre vehículos.
- En lo posible, conviene eliminar la presencia del horizonte en la escena, para evitar enfocar al sol.
- La colocación de la cámara debe minimizar la recepción de destellos provenientes de los faros de los coches, reflejos del pavimento, etc.

- Otro aspecto importante de las cámaras es la calibración. Este proceso es necesario para identificar las dimensiones reales del área captada.

	Parámetro	Interpretación
CONOCIDOS	Distancia focal	La distancia focal de la lente de la cámara (presente en las especificaciones de la cámara)
	Tamaño del array CCD/CMOS	Tamaño del array CCD o CMOS empleado en la cámara (presente en las especificaciones de la cámara)
NECESITAN CALCULARSE	Área de la imagen	Se define un rectángulo pintado sobre la superficie de la carretera, mostrado en el monitor. Es necesario conocer la dimensión de uno de los lados de dicho rectángulo (o, como alternativa la distancia que separan las líneas discontinuas que separan dos carriles adyacentes)
	Número de carriles	Número de carriles en los que se recogen datos de tráfico.
	Posición de la zona de detección	Posición de los marcadores que definen dos zonas de detección en cada carril. También la distancia entre los mismos.
	Dirección del tráfico	Para cada carril definir si el tráfico se dirige hacia abajo o hacia arriba o en ambos sentidos de la imagen.
	Edición de zonas de detección	Modificación de la localización y tamaño de las zonas de detección

Tabla 3. Calibración de un sistema video para detección de vehículos

A partir de la lente y la colocación de la cámara es posible calcular las dimensiones reales (en metros) de las dimensiones presentes en la imagen (en píxeles).

2.1.2.2.2. ACÚSTICOS

El funcionamiento de los sensores acústicos se basa en la detección de la energía acústica (sonidos audibles) producida por el tráfico vehicular (ruido del vehículo y contacto de las ruedas del vehículo con la calzada). Cuando un vehículo atraviesa la zona de detección se produce un aumento de la energía acústica y esta energía es convertida en señal eléctrica.

Los sensores acústicos suelen estar formados por un arreglo bidimensional de micrófonos y ofrecen detección en un único carril o en varios. Es posible realizar medidas de detección de vehículos y velocidad.



Ilustración 17. Sensores acústicos

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Espiras Magnéticas	Diseño flexible a cada aplicación Tecnología madura y muy estudiada	La instalación requiere realizar cortes en el pavimento Instalaciones defectuosas disminuyen la vida del pavimento
	Proporciona parámetros básicos (volumen presencia, flujo, velocidad...) Insensible a las inclemencias meteorológicas, como: lluvia, niebla y nieve Proporciona mejor precisión en el conteo de vehículos que otros sensores	La instalación y mantenimiento requiere cerrar la vía al tráfico Sistemas sometidos a fatiga por el tráfico y la temperatura Si se instalan múltiples espiras se necesitan controlar simultáneamente
Sensores Magnéticos	Menos susceptible que las espiras a las fatigas del tráfico Algunos modelos envían la información de forma inalámbrica	La instalación requiere realizar cortes en el pavimento Instalaciones defectuosas disminuyen la vida del pavimento
	Pueden utilizarse donde las espiras no se pueden instalar Insensible a las inclemencias meteorológicas, como: Lluvia, niebla y nieve	La instalación y mantenimiento requiere cerrar la vía al tráfico No puede detectar vehículos parados sin el uso de SW y HW especial
Piezoeléctricos	Es una de las tecnologías más baratas No sufren fatiga con el tráfico	La instalación requiere realizar cortes en el pavimento Instalaciones defectuosas disminuyen la vida del pavimento
	Tecnología madura y muy estudiada	Sensibles a variaciones de temperatura
Radar de Microondas	Proporciona medidas directas de velocidad	Los sensores que emiten onda continua no detectan vehículos parados
	Puede trabajar en varios carriles a la vez Tecnología madura en detección de vehículos y cálculo de velocidad	Tecnología no apta para clasificación de vehículos
Visión Artificial	Controla y detecta múltiples carriles o zonas Facilidad en modificar/añadir carriles o zonas	Requiere mantenimiento periódico de las lentes Sensible a las inclemencias meteorológicas, como: lluvia, niebla y nieve
	Proporciona multitud de información Proporciona detección de amplia área cuando se juntan varias cámaras	Durante las horas de oscuridad necesita iluminación en las vías Da lugar a fallos si se produce movimiento en las cámaras debido al viento o vibraciones del soporte
Sensores Acústicos	Detectores pasivos	Bajas temperaturas pueden afectar a la precisión en el conteo de vehículos
	Insensible a las precipitaciones Algunos modelos pueden detectar múltiples carriles	Algunos modelos no son recomendados en el caso de tráfico lento o incluso parado
Sensores Ultrasónicos	Detecta en múltiples carriles Sistemas capaces de detectar vehículos pesados	Sensible a cambios de temperatura y turbulencias Si los sensores trabajan con pulsos de periodo muy largo pueden producir errores en las medidas si los vehículos circulan a altas velocidades
	Tecnología muy estudiada y extendida en Japón	
Sensores IR Pasivos	Proporcionan medidas de velocidad utilizados en modo multizona	Pueden ver reducida su sensibilidad ante fuertes lluvias o nevadas
	Sistemas capaces de detectar bicicletas	Necesita varios sensores para detección de velocidad
Sensores IR Activos	Medidas muy precisas de detección y clasificación de vehículos Sistemas capaces de cubrir varios carriles	Su funcionamiento se ve afectado antes cambios bruscos de intensidad luminosa en la vía Pueden requerir mantenimiento periódico de las lentes

Tabla 4. Comparativa de las tecnologías usadas en ITS

Tecnología	Parámetros proporcionados					Detección en múltiples carriles	Coste del equipo (\$)
	Conteo	Detección	Velocidad	Ocupación	Clasificación		
Espiras Magnéticas	✓	✓	✓ ^a	✓	✓ ^b	✗	Bajo ^c 500-800
Sensores Magnéticos	✓	✓	✓ ^a	✓	✗	✗	Medio ^c 900-6.300
Piezoelectrónicos	✓	✓ ^d	✓ ^a	✓	✗	✗	Bajo-Medio ^c 385-2.000
Radares de microondas	✓	✓ ^e	✓	✓ ^e	✓ ^e	✓ ^e	Bajo-Medio 700-3.300
Visión Artificial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Medio-Alto ^f 5.000-26.000
Sensores Acústicos	✓	✓	✓	✓	✗	✓ ^g	Medio 3.100-8.100
Sensores Ultrasónicos	✓	✓	✗	✓	✗	✗	Bajo-Medio 600-1.900
Sensores IR pasivos	✓	✓	✓ ^h	✓	✗	✗	Bajo-Medio 700-1.200
Sensores IR activos	✓	✓	✓ ^h	✓	✓	✓	Medio-Alto 6.500-14.000

Tecnologías: Información proporcionada y coste del equipo

^aLa medida se realiza mediante: dos sensores instalados a una distancia conocida; un sensor y la distancia de la zona de detección; o bien mediante las longitudes de los vehículos.

^bLa clasificación se realiza con unidades electrónicas especiales que contienen el firmware que clasifica vehículos.

^cIncluye el sensor instalado en la superficie así como los detectores locales o receptores electrónicos.

^dRequiere un diseño especial del sensor y un software de procesado.

^eMediante radares de microondas que transmiten la onda apropiada y disponen de una unidad de procesado de la señal.

^fDepende del tipo de información enviado al CGT: información sin procesar, parámetros procesados o imagen de video.

^gCon modelos que presentan la forma de onda apropiada y disponen de una unidad de procesado.

^hUsando modelos con detección en múltiples vías.

Tabla 5. Comparativa parámetros de medición

2.2. PROCESAMIENTOS DE INFORMACIÓN

Los datos de tránsito pueden ser almacenados en sitio en un computador de propósito especial situado, y transmitidos a la central periódicamente vía telefónica o celular, o pueden ser transmitidos a la central en tiempo real. En este caso conviene utilizar transmisión vía radio (microondas a 900 MHz o 2,4/5.8 GHz).

En el caso de los sensores invasivos encontramos que para los de conexión alámbrica deben conectarse a un controlador de tráfico, el cual incluye un software que hace el análisis de datos existen diferentes empresas que brindan estas soluciones como por ejemplo la empresa TDC systems con su producto HI-TRAC 100; para los sensores magnéticos inalámbricos la transmisión de los datos se hace a un modem el cual los enviara a través de internet para hacer su análisis con un software de gestión de tráfico.

Para los no invasivos la transmisión de los datos hasta el centro de control se puede hacer de muy variadas formas, y protocolos: cables de cobre o fibra óptica y sistemas de transmisión radio en frecuencias desde 900 MHz hasta 5.8 GHz normalmente, y protocolos serie RS 232, RS 422 y RS 485, aunque actualmente se está extendiendo para todo este tipo de señales la utilización del protocolo TCP/IP, que permite conexión directa a Internet.

2.2.1. VISIÓN ARTIFICIAL

La visión por computador o artificial es un campo de las ciencias de la informática y una sub área de la Inteligencia Artificial , que realiza la extracción de información del mundo físico a partir de una o más imágenes, utilizando sus propiedades como formas, iluminación y distribución del color. (Szeliski, 2010).

La visión artificial es usada en una gran variedad de aplicaciones como las siguientes:

- Reconocimiento óptico de caracteres (OCR): Simula la capacidad del ojo humano para reconocer objetos como reconocimiento de placas de vehículos, números de las tarjetas postales, etc.
- Inspección y control de calidad: Inspección visual y automática a un producto como por ejemplo partes de vehículos, circuitos, transistores, etc. Para encontrar algún defecto.
- Imágenes médicas: Procesamiento de imágenes casi siempre orientadas hacia el diagnóstico de dolencias o enfermedades, por ejemplo; radiografías, resonancias magnéticas, tomografías.
- Reconocimiento y clasificación: Reconocimiento de objetos por su tamaño y establecer propiedades entre estos.
- Seguridad vehicular: Detección de objetos como por ejemplo: peatones en la calle, vehículos, señales de tránsito, bajo ciertas condiciones donde se utilizan técnicas de visión artificial usando radares o cámaras de vídeo.
- Vigilancia: Monitoreo de intrusos, análisis de tráfico en autopistas, monitoreo en piscinas para detectar posibles víctimas de ahogamiento.
- Reconocimiento dactilar y biométrico: Procesos para la autenticación automática y aplicaciones forenses.
- Construcción de modelos 3D: Construcción automática de modelos en 3D para uso de fotografías aéreas como los mapas.

La visión artificial comienza con el proceso de detectar un objeto, el cual es captado por un sistema de cámaras de diversos tipos. En el interior de estas cámaras es donde se forma la imagen que, posteriormente, será pre procesada para mejorar su calidad en caso de ser necesario.

Una vez adquirida la imagen se procede a su análisis mediante la extracción de las características más relevantes o, simplemente, aquellas que necesitamos para reconocer y localizar el objeto captado. Con la información obtenida se interpreta la imagen y, finalmente, se lleva a cabo la toma de decisiones. Cabe destacar que la extracción de características es una de las fases críticas en el proceso, pues de ella depende el resultado final. Este paso ha sido estudiado por gran cantidad de investigadores (W. Zhao et al., 2003), llegándose a desarrollar diversos métodos (Szeliski, 2010) (Jafri & Arabnia, 2009), pero, habitualmente, todos ellos constan de una detección de entornos

seguida de una división de la imagen en varias regiones u objetos, proceso conocido como segmentación. (Barba, 2015).

Un sistema de procesamiento de video está formado típicamente por una o varias cámaras, un equipo basado en un microprocesador para digitalización y análisis y un software para interpretar las imágenes y extraer la información deseada.

2.2.1.1. ETAPAS DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

2.2.1.1.1. PRE PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

Una etapa importante de la VA es el pre procesamiento de imágenes, es decir, la transformación de la imagen original en otra imagen en la cual hayan sido eliminados los problemas de ruido granular de cuantización o de iluminación espacialmente variable. La utilización de estas técnicas permite el mejoramiento de las imágenes digitales adquiridas de acuerdo a los objetivos planteados en el sistema de VA.

Algunas de estas técnicas son las siguientes:

2.2.1.1.1.1. CONVERSIÓN A ESCALA DE GRISES

En esta parte se trata la conversión de una imagen en color a escala de grises, el equivalente a la luminancia de la imagen. Como sabemos el ojo percibe distintas intensidades de luz en función del color que se observe, esto es debido a la respuesta del ojo al espectro visible, por esa razón el cálculo de la escala de grises o luminancia de la imagen debe realizarse como una media ponderada de las distintas componentes de color de cada pixel.

La ecuación de la luminancia es la expresión matemática de ese fenómeno, y los factores de ponderación de cada componente de color nos indican la sensibilidad del ojo humano a las frecuencias del espectro cercanas al rojo, verde y azul.

$$Y=R*0.3+G*0.5+B*0.11$$

Para realizar esta conversión basta con aplicar la ecuación a cada pixel de la imagen de color, entonces resultará una nueva matriz de un byte por pixel que daría la información de luminancia.

2.2.1.1.1.2. FILTRO ESPACIAL

El empleo de máscaras espaciales para el procesamiento de las imágenes, se denomina frecuentemente filtrado espacial, y las propias máscaras se denominan filtros espaciales. Dentro del filtrado espacial, existen los filtros suavizantes, que se emplean para hacer que la imagen aparezca algo borrosa y también para reducir el ruido.

2.2.1.1.2. PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

2.2.1.1.2.1. CLASIFICADOR HAAR

Este clasificador puede detectar cualquier objeto en una imagen. La primera versión donde se utilizó este proceso o técnica tomo el nombre de Haar wavelets propuestas por Papageorgiou (Papageorgiou, Oren, y Poggio, 1998) para la detección de caras y peatones, pero su uso no fue muy significativo hasta unos años más. La idea que propone esta técnica consiste en identificar aquellos rasgos que van a definir a un objeto en base a la estructura de los niveles de intensidad que presentan sus píxeles en una imagen. Esta información será extraída aplicando sobre la imagen del objeto una serie de funciones implementadas bajo las denominadas características Haar. La ventaja de esta técnica es que permite detectar la estructura de los objetos aunque esta no sea uniforme.

Para entender mejor esta técnica, se puede detallar como una ventana de píxeles, de tamaño y orientación variable, dividida en regiones rectangulares, pudiendo ser cada una de estas regiones de dos tipos a las que se les llamará positivas o negativas (Paul Viola y Jones, 2004).

Esta ventana compuesta por píxeles recorre toda la imagen, sumando los píxeles positivos y negativos respectivamente, luego se realiza una diferencia que se denomina valor de la característica. Este valor se puede representar a través de la siguiente ecuación:

$$H(x, y) = \sum_p I(x, y) - \sum_n I(x, y)$$

Donde:

$I(x, y)$ = Imagen a evaluar.

p y n = región positiva y negativa.

$H(x, y)$ = valor de la característica Haar en el punto x y.

2.2.1.1.2.2. TRANSFORMADA DE HOUGH

Es una poderosa técnica que puede ser utilizada para detectar características de una forma particular dentro de una imagen.

Lleva el nombre de Paul Hough que patentó el método en 1962 (Hart, 2009). El estándar transformada de Hough requiere que las características de la forma deseada puede ser descrita por una ecuación paramétrica. Por lo tanto, se utiliza más comúnmente para una detección de líneas, círculos, elipses, etc. La principal ventaja de la transformada de Hough es que es tolerante de lagunas en los bordes de las formas hasta cierto punto y es relativamente no es afectado por el ruido de una imagen y la iluminación desigual (Szeliski, 2010).

2.2.1.1.2.3. SEGMENTACIÓN

La segmentación de una imagen es la búsqueda de píxeles que tienen algo en común, seguidamente se los trata de agrupar de acuerdo a esta característica, con la única finalidad que sea más fácil analizarlo (Mart, 2004).

El tema de segmentar una imagen fue investigado ya en 1970, por Brice y Fennema, ellos hablaron de una técnica para segmentar una imagen en regiones atómicas de intensidad uniforme, y luego utilizan la heurística para unirse a regiones similares entre sí (Brice y Fennema, 1970).

Existen muchos métodos de Segmentación que han surgido durante este tiempo (Szeliski, 2010) (Zuva, Olugbara, Ojo, & Ngwira, 2011), es por eso que ha sido necesario clasificarlos de acuerdo a sus propiedades:

- Segmentación basada en el umbral.
- Segmentación basada en el borde.
- Segmentación basada en la región.

2.2.1.1.3. RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Para reconocer un objeto es necesario tener una descripción de los mismos (descriptor o modelo del objeto). Los descriptores deben de ser independientes del tamaño, localización u orientación del objeto, y deben ser suficientes para discriminar objetos entre sí. Los descriptores se basan en la evaluación de alguna característica del objeto.

Uno de los principales problemas en el reconocimiento de patrones, es encontrar una manera óptima de representar la información original que describe a cada uno de los patrones.

2.2.1.1.3.1. METODOLOGÍAS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES

2.2.1.1.3.1.1. HEURÍSTICAS

Esta metodología es la que hace uso de la experiencia y la intuición humana. Por lo general, los sistemas que son desarrollados bajo estos métodos, están hechos a la medida del problema que se desea resolver.

2.2.1.1.3.1.2. MATEMÁTICAS

Este tipo de metodología hace uso de las propiedades comunes de los patrones y se basan en las reglas de clasificación formuladas en un marco matemático. Además, este enfoque se divide a su vez en otras dos categorías: las determinísticas y las estadísticas.

2.2.1.1.3.1.3. LINGÜÍSTICAS (SINTÁCTICAS)

Las técnicas de este tipo reducen un objeto (habitualmente ya binarizado) a un conjunto de elementos estructurales o 'primitivas'. Si a esto unimos una sintaxis para relacionar estos elementos de forma espacial, obtenemos lo que se llama una representación sintáctica. Se trata de descomponer objetos complejos en términos de conjuntos de primitivas simples (como son arcos, ángulos, rectas, etc.) con reglas para describir la relación espacial entre ellas.

Hay que decir que es importantísimo el diseño de la sintaxis y de sus primitivas y se requiere habitualmente la especificación de un complejo conjunto de reglas que den una correspondencia unívoca entre la estructura y su representación. Además suelen surgir problemas de dependencia de la orientación de la estructura, tamaño, varias representaciones para una misma estructura, etc.

En general, a menor número de primitivas, más difícil es la representación y más largas son las cadenas de representación.

2.2.1.1.3.1.4. REDES NEURONALES

La técnica consiste en la introducción de una serie de patrones, para que estos sean detectados en las imágenes de entrada. Como ventaja de esta técnica se encuentra la robustez de sus resultados, una vez que se ha introducido un gran número de patrones, la red neuronal puede reconocer lo que se va a detectar. Por otro lado, se encuentra la desventaja de que el número de patrones en el caso de los vehículos es muy amplio y deben ser todos introducidos en un procedimiento de aprendizaje. Además hay que añadir el problema del enfoque de las cámaras ya que los patrones no pueden ser cualquiera, deben coincidir con el punto de vista que posean las cámaras del sistema instalado. El modo de análisis implica la configuración de una red de neuronas artificiales y el entrenamiento de la red para determinar cómo las neuronas individuales pueden afectar uno a la otra. El modo de reconocimiento implica el envío de datos a través de la red y la evaluación a que clase se aproximará más.

2.2.1.1.3.2. RECONOCIMIENTO ESTADÍSTICO DE PATRONES (REP)

En REP un patrón se representa por un vector numérico de dimensión n ; de esta forma, un patrón es un punto en un espacio de características. N -dimensional.

Funciona en dos modos diferentes: entrenamiento y reconocimiento. En modo de entrenamiento, se diseña el extractor de características para representar los patrones de entrada y se entrena al clasificador con un conjunto de datos de entrenamiento de forma que el número de patrones mal identificados se minimice. En el modo de reconocimiento, el clasificador ya entrenado toma como entrada el vector de características de un patrón desconocido y lo asigna a una de las clases o categorías.

El proceso de toma de decisiones en un REP se puede resumir como sigue. Dado un patrón representado por un vector de características.

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T$$

2.2.1.2. LIBRERÍAS PARA PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Existen muchas librerías de código abierto con métodos y funciones de visión artificial que posee ventajas y desventajas en el procesamiento de imágenes en tiempo real. A continuación describimos algunas de ellas:

2.2.1.2.1. OPEN CV

El 13 de Junio del 2000, Intel® Corporation anunció que estaba trabajando con un grupo de reconocidos investigadores en visión artificial para realizar una nueva librería de estructuras/funciones en lenguaje C. Esta librería proporcionaría un marco de trabajo de nivel medio-alto que ayudaría al a desarrollar nuevas formas de interactuar con los ordenadores.

Open CV es multiplataforma, es decir, las interfaces C, C++, Python y Java que contiene, funcionan a la perfección en diversos Sistemas Operativos: Windows, GNU/Linux, Android y Mac OS X. Estas librerías contienen más de 500 funciones optimizadas, que abarcan distintas áreas en el proceso de visión artificial, como el reconocimiento de objetos, calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica avanzada. Gracias a esta diversidad, ya que Open CV fue publicada bajo la licencia BSD (software libre), que permite su uso libre tanto para propósitos comerciales como de investigación, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones, desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicaciones de control de procesos donde se requiere el reconocimiento de objetos. Algunas de las funcionalidades que tiene Open CV Son:

- Procesamiento de imágenes y transforma (filtrado, morfología, pirámides).
- Transformaciones geométricas imagen (rotaciones, cambio de tamaño).
- Histogramas.
- Segmentación.
- Detección de características (Canny, Harris, Hough, MSER, SURF).
- Análisis de movimiento y seguimiento de objetos.
- Calibración de la cámara y la reconstrucción 3D.
- Máquina de aprendizaje.

2.2.1.2.2. VXL

VXL (Vision-X-Libraries) es una colección de bibliotecas de C++ diseñados para la investigación y la aplicación de visión artificial. VXL está escrito en C++ y está diseñado para ser portátil sobre muchas plataformas. Las bibliotecas del núcleo en VXL son:

- VNL (numéricos): contenedores numéricos y algoritmos. por ejemplo matrices, vectores, descomposiciones, optimizadores.
- VIL (imágenes): Cargar, guardar y manipular imágenes en muchos formatos de archivo comunes, incluyendo imágenes muy grandes.
- VGL (geometría): Geometría de puntos, curvas y otros objetos elementales en 1, 2 o 3 dimensiones.
- SL (streaming I/O), VBL (plantillas básicas), VUL (utilidades): miscelánea de funciones.

Además de las bibliotecas del núcleo, hay bibliotecas que cubren algoritmos numéricos, procesamiento de imágenes, sistemas de coordenadas, la geometría de la cámara, manipulación de vídeo, estructura de recuperación por el movimiento, modelado de probabilidad, de diseño GUI, de clasificación, de estimación robusta, seguimiento de función, manipulación estructura, imágenes 3D, entre otros.

Cada biblioteca núcleo es de peso ligero, y se puede utilizar sin referencia a las otras bibliotecas del núcleo. Del mismo modo, las bibliotecas no estratégicas no dependen de las otras, para que pueda compilar y vincular sólo las bibliotecas que realmente necesita (University, 2015).

2.2.1.2.3. IMAGEJ

ImageJ es un software en el lenguaje Java para uso en el procesamiento de imágenes, es de dominio público inspirado por el Instituto Nacional de la Salud.

Se ejecuta, ya sea como un applet en línea o como una aplicación descargable, en cualquier ordenador con una máquina virtual de Java 1.4 o superior. Distribuciones descargables están disponibles para Windows, Mac OS, Mac OS X y Linux.

Puede mostrar, editar, analizar, procesar, guardar e imprimir 8 bits, imágenes de 16 bits y 32 bits. Puede leer muchos formatos de imagen, incluyendo TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS y "crudo". Es compatible con "pilas", una serie de imágenes que comparten una sola ventana. Puede ejecutar multiprocesos, por lo que las operaciones que consumen mucho tiempo como la lectura del archivo de imagen se puede realizar en paralelo con otras operaciones.

Puede calcular el área y el valor de píxel estadísticas de selecciones definidas por el usuario. Puede medir distancias y ángulos. Puede crear histogramas de densidad. Es compatible con las funciones estándar de procesamiento de imágenes como la manipulación de contraste, nitidez, suavizado, detección de bordes y el filtrado de la mediana.

Calibración espacial está disponible para proporcionar mediciones dimensionales del mundo real en unidades tales como milímetros. Densidad o calibración de escala de grises también está disponible.

ImageJ fue diseñado con una arquitectura abierta que proporciona extensibilidad a través de plugins de Java. De adquisición de clientes, análisis y procesamiento de plugins se pueden desarrollar. Plugins escritos por el usuario permiten resolver casi cualquier problema de procesamiento de imágenes o análisis (National Institute Health, 2015).

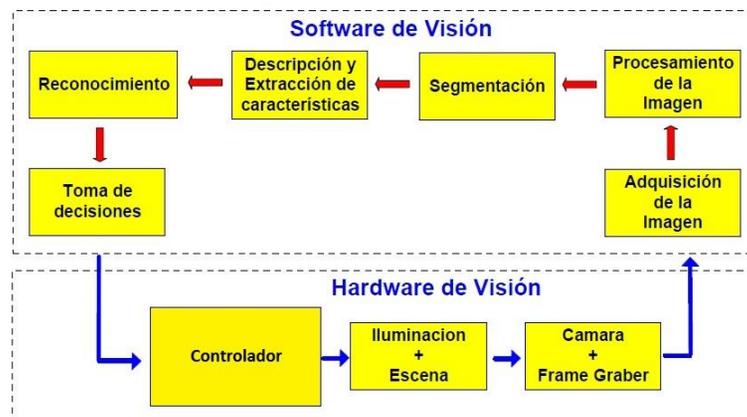


Ilustración 18. Esquema general sistema de visión artificial

3. RESULTADOS

Realizando el análisis del estado del arte hay bastantes desarrollos de sistemas de anticolidión pero estos solo son para los vehículos, y no se está teniendo en cuenta las intersecciones en las cuales se generan bastantes accidentes por la falta de señalización y otros factores, por esta razón hicimos nuestra propuesta así complementar los sistemas anticolidión que existen de diferentes fabricantes de vehículos.

De acuerdo al análisis realizado y al estudio de las diferentes soluciones, encontramos que las más viables y que se pueden implementar para reducir costos al evitar la instalación de semáforos en las principales ciudades del país y en especial en los cruces alrededor de la UECCI, son sensores laser y cámaras.

Con estos sensores se puede hacer el análisis de datos a través de visión artificial mediante software, otra ventaja que vale la pena destacar. Existen diversos software con licencia BSD (software libre); estas tecnologías se conectan a los sistemas de tráfico inteligente (SIT) en los que se hace el monitoreo y análisis de datos. En Colombia ya contamos con centros de gestión de tráfico (CGT) en algunas ciudades. Estas tecnologías también se pueden combinar con el fin de generar un sistema más robusto.

4. CONCLUSIONES

Una vez logrado el objetivo, se espera que la índice de accidentalidad en la ciudad de Bogotá disminuya de forma considerable anualmente y es una forma más económica que la implementación de semáforos.

5. REFERENCIAS

[1] ANDI-FENALCO. (2016). Informe del Sector Automotor a Marzo de 2016. Marzo 2016, de FENALCO Sitio web: www.fenalcoantioquia.com/publicaciones/otros-nacionales34

[2] Dirección de Seguridad Vial. (2015). Balance De Accidentalidad Vial Para La Ciudad De Bogotá D.C. 2014, de SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD Sitio web: www.movilidadbogota.gov.co/hwebx_archivos/ideofolio/accidentalidad-balance-2014_v0-20_37530.pdf

[3] Secretaria de Movilidad (2012). Plan de Desarrollo Movilidad. 2012-2016, de SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD Sitio web: www.movilidadbogota.gov.co/?sec=403

[4] Secretaría de Movilidad (2015). “El destino son las decisiones que tomamos”. Septiembre 14 de 2015, de SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD Sitio web: www.movilidadbogota.gov.co/?pag=2270

[5] Vicente Milanés M. (2010). Sistema De Control De Tráfico Para La Coexistencia Entre Vehículos Autónomos Y Manuales Mediante Comunicaciones Inalámbricas-Universidad de Alcalá Sitio web: <http://hdl.handle.net/10017/8675>

[6] Jiménez, Naranjo y Gómez (2014). Autonomous collision avoidance system based on accurate knowledge of the vehicle surroundings. Doi:10.1049/iet-its.2013.0118

[7] Matsuzaki, Nitta y Kato (2008). Development of An Intelligent Traffic Light for Reducing Traffic Accidents. Doi: 10.1109 / ICCAS.2008.4694681

[8] Nieves (2010). Requisitos técnicos para la aplicación de sensores de tecnología láser en sistemas inteligentes de transporte (ITS) - Universidad politécnica de Valencia. Doi: 10.4995/Thesis/10251/7381

[9] Plataforma tecnológica española de la carretera PTC (2011). Sistemas de adquisición de información de tráfico: Estado actual y futuro. Sitio web: http://www.ptcarretera.es/wp-content/uploads/2015/09/Cuaderno-PTC_1-2011_Sistemas-de-adquisici%C3%B3n-de-control-de-tr%C3%A1fico.pdf

[10] Sobrado (2003). Sistema de visión artificial para el reconocimiento y manipulación de objetos utilizando un brazo robot - Pontificia universidad católica del Perú. Sitio web: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/68/SOBRADO_EDDIE_VISION_ARTIFICIAL_BRAZO_ROBOT.pdf;jsessionid=BC295C01EE57E324BF10871CAFA2E72E?sequence=2