

# Innovaciones en el diseño del sistema "SACH" de prevención de choques frontales para automóviles

**Prat, Miguel A.**  
[mpratutn@gmail.com](mailto:mpratutn@gmail.com)

**Oris, Ramón A.**  
[orisram@gmail.com](mailto:orisram@gmail.com)

**Campos, Juan E.**  
[jec\\_2230@yahoo.com.ar](mailto:jec_2230@yahoo.com.ar)

**Rodríguez, Gustavo A.**  
[ing.gusarielrodriguez@gmail.com](mailto:ing.gusarielrodriguez@gmail.com)

*Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional.  
Bernardino Rivadavia 1050, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina*

Fecha de recepción: 16/06/2019

Fecha de aprobación: 01/10/2019<sup>8</sup>

## RESUMEN

Actualmente Argentina tiene a nivel mundial una de las tasas de mortalidad más elevada debida a accidentes de tránsito. En este contexto y a los fines de ayudar a reducir los índices de siniestralidad vial se elabora el proyecto SACH. La propuesta mencionada anteriormente consiste en el diseño de un sistema inteligente de toma de decisiones que contribuya a evitar colisiones frontales. SACH podrá incorporarse y adaptarse a automotores de media y baja gama, tanto usados como nuevos. En el caso de peligro de colisión el sistema inicialmente emitirá una señal de advertencia al conductor. Seguidamente, SACH a través de un automatismo, tomara el control de los frenos y la dirección del vehículo, con el objeto de evitar el choque. Estas características del sistema estarán basadas en el concepto de Lógica Difusa, empleando para ello un Controlador Lógico Difuso (Fuzzy Logic Controller o FLC). El FLC se diseñará utilizando Fuzzy Logic Toolbox en MATLAB. Asimismo, es importante destacar que tanto el aviso de colisión como la acción sobre los frenos y dirección del automotor dependerán de un Controlador Proporcional, Integral y Derivativo (Proportional Integral Derivative Controller o PID). El objetivo del Proyecto SACH es desarrollar un dispositivo económico que sea de fácil montaje, dando de esta forma una respuesta al problema de las colisiones en las rutas del país.

**Palabras Claves:** Choques frontales; Automotores; Fuzzy Logic Controller

---

<sup>8</sup> **Primer Premio**, categoría: Innovación y Gestión de Productos; XII COINI (Río Gallegos, 2019)

## **Innovations in the design of the "SACH" system for the prevention of frontal collisions for cars**

### **ABSTRACT**

Argentina currently has one of the highest mortality rates due to traffic accidents worldwide. In this context, and in order to help reduce road accident rates, the SACH project is prepared. The aforementioned proposal consists of the design of an intelligent decision-making system that contributes to avoiding frontal collisions. SACH will be able to incorporate and adapt to medium and low-end motor vehicles, both used and new. In the event of a collision hazard, the system will initially issue a warning signal to the driver. Next, SACH through an automatism, will take control of the brakes and the direction of the vehicle, in order to avoid the crash. These characteristics of the system will be based on the concept of Fuzzy Logic, using for it a Fuzzy Logic Controller (Fuzzy Logic Controller or FLC). The FLC will be designed using Fuzzy Logic Toolbox in MATLAB. Likewise, it is important to highlight that both the collision warning and the action on the brakes and direction of the automotive will depend on a Proportional Integral Derivative Controller (PID). The objective of the SACH Project is to develop an economic device that It is easy to assemble, thus giving an answer to the problem of collisions on the country's routes.

**Keywords:** head-on collisions; Automotive; Fuzzy Logic Controller

## **Inovações no projeto do sistema "SACH" para a prevenção de colisões frontais para automóveis**

### **RESUMO**

Atualmente, a Argentina possui uma das mais altas taxas de mortalidade por acidentes de trânsito no mundo. Nesse contexto, e para ajudar a reduzir as taxas de acidentes rodoviários, o projeto SACH está preparado. A proposta acima mencionada consiste em projetar um sistema inteligente de tomada de decisão que contribua para evitar colisões frontais. A SACH poderá incorporar e adaptar-se a veículos a motor médios e low-end, usados e novos. Em caso de risco de colisão, o sistema emitirá inicialmente um sinal de aviso para o motorista. Em seguida, o SACH, através de um automatismo, assumirá o controle dos freios e a direção do veículo, a fim de evitar o acidente. Essas características do sistema serão baseadas no conceito de Fuzzy Logic, utilizando para isso um Fuzzy Logic Controller (Fuzzy Logic Controller ou FLC). O FLC será projetado usando o Fuzzy Logic Toolbox no MATLAB. Da mesma forma, é importante destacar que o alerta de colisão e a ação sobre os freios e a direção do automóvel dependerão de um Controlador Derivativo Integral Proporcional (PID). O objetivo do Projeto SACH é desenvolver um dispositivo econômico que É fácil de montar, dando uma resposta ao problema das colisões nas rotas do país.

**Palavras chave:** colisões frontais; Automotivo; Controlador lógico distorcido

## 1. INTRODUCCIÓN

La lógica difusa fue formulada por Lotfi Zadeh de la Universidad de Berkeley a mediados de la década de 1960, basado en un trabajo anterior en el área de la teoría de conjuntos difusos [1]. Zadeh también formuló la noción de control difuso que permite utilizar un pequeño conjunto de "reglas intuitivas" para controlar el funcionamiento de los dispositivos electrónicos. En 1974 Ebrahim Mamdani emplea los conceptos de lógica difusa en el control de procesos desarrollando el primer control difuso para la regulación de un motor de vapor [2].

En la década de 1980, el control difuso se convirtió en una gran industria en Japón y otros países donde se integró en electrodomésticos, como aspiradoras, hornos de microondas y cámaras de video. Tales aparatos podrían adaptarse automáticamente a diferentes entornos; por ejemplo, una aspiradora aplicaría más succión a un área especialmente sucia.

En 1985 Takagi y Sugeno aportan a la teoría del control difuso un nuevo método llamado Takagi-Sugeno-Kang (TSK) [3], como alternativa del método Mamdani. En la actualidad, los FLC se utilizan cada vez más en aplicaciones prácticas de control, predicción, clasificación, inferencia y toma de decisiones. Los conceptos de lógica difusa desarrollados por Zadeh y el de control de procesos se aplican en distintas disciplinas tales como la medicina, aeronáutica y electrónica [4].

En términos simples un controlador difuso es un controlador automático, es un mecanismo de acción o regulación automática que controla un objeto de acuerdo con un comportamiento deseado. El objeto puede ser, por ejemplo, un robot configurado para realizar una tarea determinada. Un FLC opera mediante reglas en un lenguaje más o menos natural, basado en una característica distintiva, esto es la lógica difusa.

## 2. LA LÓGICA DIFUSA EN LA SEGURIDAD AUTOMOTRIZ

Los términos "Activo" y "Pasivo" son términos simples pero significativos e importantes en el mundo de la seguridad automotriz. La "seguridad activa" se emplea para referirse a la tecnología que ayuda a prevenir una colisión [5] [6] y el término "seguridad pasiva" hace referencia a los componentes del vehículo (principalmente airbags, cinturones de seguridad y la estructura física del vehículo) que ayudan a proteger a los ocupantes durante un choque. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud el número de muertes por accidentes de tráfico a nivel mundial alcanza anualmente los 1.25 millones de personas; constituyéndose además en una de las principales causas de muerte entre jóvenes de 15 a 29 años de edad. La mayoría de estas muertes se producen en países emergentes, donde el rápido crecimiento económico ha ido acompañado de un mayor uso de automotores.

La complejidad de la tarea de conducción y la incertidumbre del entorno hacen que conducir un vehículo sea en cierta medida una tarea peligrosa. Este aspecto plantea la necesidad de contar con dispositivos de seguridad automotriz, que apunten a una contribución significativa a la seguridad vial en general. Por esta razón, hay un mayor interés en actividades de investigación y de desarrollo centradas en sistemas de asistencia al conductor tendientes a reducir la carga de trabajo y a la prevención de accidentes. En tal sentido, se han propuesto varios tipos de sistemas de seguridad para ayudar a disminuir el peligro y ayudar al conductor [7]. La incorporación de la inteligencia artificial a vehículos automotores permite que los dispositivos de asistencia a la conducción interactúen con el medio ambiente [8].

Con el fin de asistir al conductor y garantizar la seguridad se introdujeron sistemas que toman el control del vehículo [9]. Algunos ejemplos son el regulador de velocidad o Adaptive Cruise Control (ACC) que

actúa directamente en el sistema de frenos del vehículo, el asistente de estacionamiento [10], parada de emergencia por colisión inminente, asistente de evitación de colisión [11], administrador de intersección automático [12], sistemas para mantener dentro del carril al vehículo [13]. Sin embargo, los sistemas más avanzados requieren mayores niveles de detalle y precisión para detectar el entorno, a fin de evaluar si las maniobras que realizarán los conductores son lo suficientemente seguras, requiriéndose una fusión de sensores.



Figura 1 *Adaptive Cruise Control (ACC o AAC) regula la velocidad seleccionada teniendo en cuenta la distancia con respecto al vehículo precedente entre 30 y 200 km/h, reaccionando ante vehículos que se encuentran a una distancia de hasta 180 metros.* Fuente: <https://www.audisport-iberica.com/foro/topic/219939-adaptive-cruise-control-acc-y-braking-guard/>

### 3. NORMA SAE J3016. NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN

En la actualidad, la conducción autónoma o semiautónoma es un tema de investigación muy importante, de hecho, existen desarrollos bien conocidos como los realizados por Google, competidores de DARPA Challenge [14], grupos de investigación como el VisLab de la Universidad de Parma [15] o el Programa PATH de la Universidad de California en Berkeley dedicados a la investigación de sistemas de transporte inteligente [16].

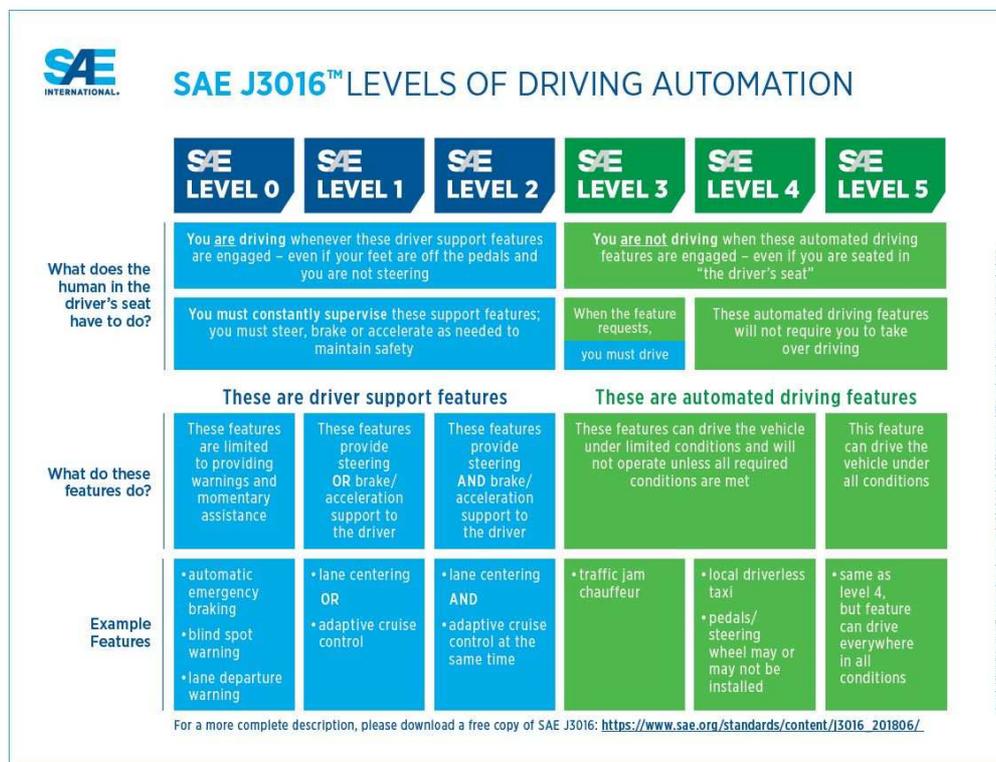
En este contexto la SAE (Society of Automotive Engineers) ha implementado una clasificación, para determinar el grado de automatización en la conducción de un vehículo, en su normativa SAE J3016 [17] [18] cual establece 6 niveles, los que se clasifican en:

- **Nivel 0 sin automatización:** en este nivel la conducción es asumida de forma completa por el conductor, responsable de su guiado, aceleración/frenado y además monitorizar el entorno. Se aplica a cualquier automóvil convencional. Asimismo, los vehículos un poco más modernos que cuentan con sistema de frenado autónomo de emergencia o con un asistente de mantenimiento en el carril, también se consideran de nivel 0.
- **Nivel 1 asistido:** en determinadas situaciones un sistema autónomo es capaz de controlar el desplazamiento lateral del vehículo (guiado) o bien el longitudinal (acelerar/decelerar), pero no ambos al mismo tiempo. Sobre el conductor recae la responsabilidad del resto de tareas de conducción, así como de monitorizar el entorno y asumir el control si fuese necesario. Los

automóviles con un sistema de control de velocidad de crucero adaptativo entran en este nivel, así como aquellos que poseen un sistema de estacionamiento asistido que solo actúa sobre la dirección, pero no sobre el acelerador y el freno.

- **Nivel 2 automatización parcial:** según determinadas condiciones el sistema es capaz de asumir de forma continua tanto el movimiento lateral del vehículo (guiado) como el longitudinal (acelerar/decelerar). El conductor sigue siendo responsable del resto de tareas de la conducción, así como de monitorizar el entorno para responder ante un posible evento, asumiendo el control. Automóviles que poseen sistemas de piloto automático en ruta como por ejemplo el Mercedes-Benz Clase E con Drive Pilot.
- **Nivel 3 automatización condicional:** en este nivel y en determinadas condiciones, el sistema es capaz de asumir de forma completa la conducción del vehículo, incluido la monitorización del entorno. En esta situación el conductor tiene que permanecer atento por si se le requiere para que asuma el mando, ya sea para finalizar las condiciones en las que el sistema puede conducir de forma autónoma o bien por un fallo del sistema.
- **Nivel 4 alta automatización:** el sistema se encarga por completo de la conducción, en determinadas condiciones, incluyendo la monitorización del entorno y sin esperar la intervención del conductor.
- **Nivel 5 automatización total:** el sistema realiza por completo la conducción de forma autónoma y sin restricciones de condiciones, asumiendo también la tarea de monitorización del entorno.

Seguidamente se muestran en la Figura 2 los distintos niveles de automatización según la norma SAE J3016.



#### 4. FUSIÓN DE DATOS

Es importante destacar que debido a la gran complejidad de escenarios que se pueden presentar en las rutas o incluso en ambientes urbanos, los dispositivos como el SACH requieren de una gran cantidad de información confiable del vehículo y del entorno. Los sistemas de detección de obstáculos son fundamentales a la hora del diseño de los dispositivos de asistencia al conductor, ya que son los encargados de proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones al momento de conducir. Considerando estos aspectos, se considerará para el diseño del SACH la integración de los siguientes sistemas:

- Sensores ultrasónicos frontales, laterales y traseros.
- Cámaras de 360 grados frontal, trasera y retrovisores.
- Una cámara frontal en el parabrisas.
- Sensores de radar de medio alcance en las esquinas del vehículo.
- Sensor de radar de largo alcance en la parte frontal.



Fig 3: Sensores ultrasónicos de Tesla Motors  
Fuente: <http://electromovilidad.net/sensores-ultrasonicos-de-tesla-asi-funcionan/>



Fig 4: Cámara montada en el parabrisas y sensores  
Fuente: <http://www.mercedesmedic.com/mercedes-radar-sensor-problems-solutions/>



Fig 5: Sensores de parachoques  
Fuente: <http://www.mercedesmedic.com/mercedes-radar-sensor-problems-solutions/>



Fig 6: Cámara delantera  
Fuente: <http://www.mercedesmedic.com/mercedes-radar-sensor-problems-solutions/>

Las tecnologías que se integrarán en el SACH permitirán de acuerdo a la norma SAE J3016 alcanzar un nivel 3 de automatización del vehículo.

A medida que el hombre y los animales han evolucionado, han desarrollado la capacidad de usar sus sentidos para sobrevivir, por ejemplo, evaluar la calidad de una sustancia comestible es imposible si solo se usa el sentido de la visión; es más efectivo usar la combinación de vista, tacto, olfato y gusto. De manera similar, cuando la visión está limitada por estructuras y vegetación, el sentido de la audición puede proporcionar una advertencia avanzada de peligros inminentes.

Por lo tanto, la fusión de datos brindados por los sentidos permite a animales y humanos evaluar con mayor precisión el entorno circundante e identificar amenazas, lo que mejora sus posibilidades de supervivencia [19] [20]. Es por ello que, en los últimos años, se ha dado una atención significativa al área de la fusión de datos procedentes de distintos sensores, en una amplia gama de ciencias.

Diversos sinónimos se utilizan para referirse a la materia de fusión de datos, tales como: fusión de información, fusión de sensores, integración de datos, integración de información, etc. La definición de fusión de datos más aceptada data es de 1991, cuando el grupo de trabajo de fusión de datos del "Joint Directors of Laboratories", JDL[21], proporcionó la siguiente definición: *"Un proceso multinivel que trata con la detección automática, asociación, correlación, estimación y combinación de los datos e información desde múltiples fuentes"*.

Hall & Llinas [22] definieron la fusión de datos como: *"la combinación de datos de distintos sensores, y su información relacionada proporcionada por las bases de datos asociadas, para conseguir una mejor precisión e inferencias más específicas de las que se pueden obtener con un solo sensor"*.

La fusión de datos es un área de investigación que evoluciona rápidamente y requiere conocimiento interdisciplinario en teoría de control, procesamiento de señales, inteligencia artificial, probabilidad y estadística, entre otros. La fusión de datos se refiere a la combinación sinérgica de datos provenientes de múltiples sensores relacionados para proporcionar una información más confiable y precisa que la que podría lograrse utilizando un solo sensor [23]. En realidad, tal como se expresara anteriormente, la fusión de datos provenientes de múltiples sensores es un proceso multifacético y multinivel que trata con la detección automática, asociación, correlación, estimación y combinación de datos de fuentes de información única y múltiple.

Los resultados de un proceso de fusión de datos ayudan a los usuarios a la toma de decisiones en escenarios complejos. Aunque los métodos de fusión de datos se desarrollaron principalmente para aplicaciones militares, de hecho, en los últimos años esta metodología se ha aplicado en el ámbito civil, de la medicina, robótica y sistemas de transporte inteligentes [24].

En la conducción de vehículos, el objetivo es apoyar al conductor en situaciones donde la toma de decisiones es crítica; o incluso en casos particulares eliminar por completo la intervención del conductor. Tales sistemas solo son deseables si tienen la capacidad de funcionar como lo haría el operador humano. Por ejemplo, la fusión de varios sensores, como cámaras 3D, sensores de sonar y radares de ondas milimétricas, tiene la ventaja de mantener una mayor confiabilidad en la conducción incluso en condiciones climáticas adversas o polvorientas [25], [26].

Los sensores internos brindan información sobre el estado del vehículo anfitrión, como su velocidad y la información del ángulo de dirección, mientras que los sensores externos (por ejemplo: cámaras, sensores ultrasónicos) detectan información externa al vehículo, como la detección de obstáculos u otros vehículos. De esta manera será posible proporcionar un área de detección segura alrededor del automóvil con un alto grado de certeza. Todos los sensores y la unidad de fusión de datos podrían conectarse a través de buses CAN [27], [28].

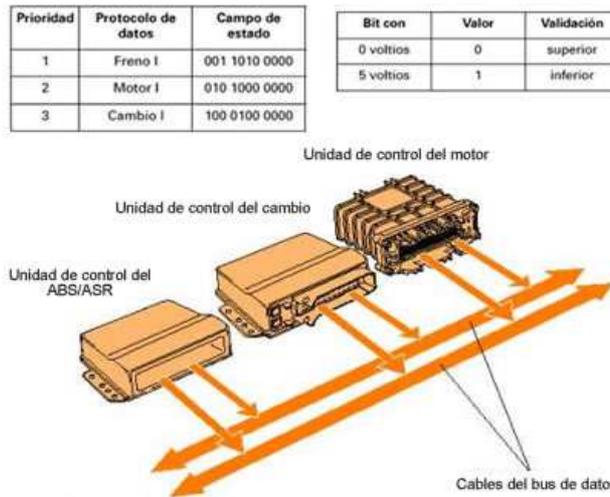


Figura 7 Buses CAN Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/canbus.htm>

En esta investigación se desarrollará un algoritmo de lógica difusa para fusionar y administrar los datos recopilados de los sensores incorporados en el vehículo anfitrión. El algoritmo tendrá como función principal administrar la dirección general, la velocidad y la aceleración del vehículo durante un viaje en ruta [29].

## 5. LA SOLUCIÓN PROPUESTA POR “SACH”

De acuerdo a datos del Centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI) Argentina, la causa principal de la siniestralidad vial es el error humano (89,5%), seguido por el medio (8,8%) y muy atrás, el estado del vehículo (1,6%). Además, CESVI analizó cuáles son las fallas humanas más comunes y allí la invasión de carril ocupa el 44,2% de los casos, seguida por la distracción (14%) y la maniobra abrupta (10%). Pero también se registraron velocidades indebidas (9%), no respetar la señalización (6,9%), no respetar la prioridad de paso (6,5%), distancia de seguimiento inadecuada (5,2%), y cansancio (2,7%), entre otros. Los datos revelan asimismo que el 88,4% de las colisiones se producen sobre asfalto seco, mientras que solo el 6,1% corresponde a zonas de pavimento mojado y un 2,9% en pavimento húmedo.

Siguiendo con las colisiones se encontró que un 63% se producen en recta y tan sólo un 20% en curva. De los siniestros relevados por CESVI en el periodo enero 2004-diciembre 2016, el 51% de las colisiones se produjeron en rutas nacionales, el 25% en rutas provinciales, y el 8,2% en autopistas. Sólo el 7,6% correspondió a avenidas y el 6,9% a calles.

En cuanto al estado de las rutas se mencionan como principales fallas de la calzada: falta de señalización vertical (25,1%), ausencia de iluminación artificial (19,2%) y de señalización horizontal (17,5%), mientras que la calzada deteriorada (14,8%) y la banquina descalzada (5,6%), entre otros. Los informes elaborados por CESVI permiten discriminar por tipo de impacto donde el frontal se lleva la mayor parte: 32,2%, luego le siguen el impacto fronto-angular (20,9%), lateral (15%) y trasero por alcance (12,4%).

Asimismo, las colisiones se pueden clasificar en:

**a. Colisiones Frontales:** ambos vehículos colisionan con su parte delantera entre sí. Dependiendo del ángulo en el que colisionan existen tres tipos de colisiones frontales:

- **Frontal central**, en este tipo de colisión los ejes longitudinales de ambos vehículos son paralelos y se superponen.
- **Frontal excéntrica**, en este caso los ejes longitudinales son paralelos, desplazado uno con respecto al otro, o sea no coincidentes, y pueden ser excéntrico derecho o izquierdo.
- **Frontal angular**, en este caso los ejes longitudinales forman un ángulo inferior a  $90^\circ$  entre sí.

**b. Colisiones fronto-laterales:** se producen cuando un vehículo golpea a otro en su parte lateral. Dependiendo del ángulo pueden ser:

- **Perpendiculares:** un vehículo colisiona en el lateral de otro formando sus ejes un ángulo de  $90^\circ$  entre sí. Dependiendo de la ubicación de la colisión del vehículo con respecto al otro estos choques se denominan perpendiculares posteriores, perpendiculares centrales o perpendiculares anteriores.
- **Oblicuas:** un vehículo colisiona en el lateral de otro formando sus ejes un ángulo diferente de  $90^\circ$  entre sí, y dependiendo de la parte en la que colisiona un vehículo sobre el otro se denominan colisiones oblicuas posteriores, oblicuas centrales u oblicuas anteriores.

**c. Colisiones reflejas:** los vehículos colisionan entre sí dos o más veces sucesivamente.

**d. Colisiones por alcance:** se producen cuando un vehículo circula a mayor velocidad que el que le precede y golpea con su parte frontal la parte trasera del otro. Como en las colisiones frontales estas dependen del ángulo de colisión pudiendo ser angulares, excéntricas o centrales.

**e. Colisiones por raspado:** se dan cuando existen roces o fricciones entre los laterales de ambos vehículos. Existen dos tipos dependiendo del sentido de circulación que lleven ambos vehículos, siendo negativo cuando circulan en la misma dirección y positivo cuando circulan en sentido contrario.

En todas las situaciones donde un vehículo debe sobrepasar a otro, sobre todo en rutas de una mano por lado, se presentan problemas de falta de visión que obligan a efectuar maniobras complicadas y peligrosas. En el gráfico siguiente se podrá ver claramente las dificultades relatadas, al considerar las dimensiones estándar de los elementos más relevantes que participan en el trabajo presente. Por ejemplo:

- ancho total de las rutas (ambas manos, sin banquetas) = 7 m
- ancho de un camión = 2,5 m
- ancho de un automóvil (sin espejos) = de 1,65 m a 1,90 m (con espejos entre 20 y 35 cm más)
- distancia de la cabeza del conductor al espejo retrovisor exterior de su lado = 65 / 75 cm
- largo de un camión = 12 m (semiremolque) a 18 m (semi con acoplado)
- largo de un automóvil = hasta 5 m

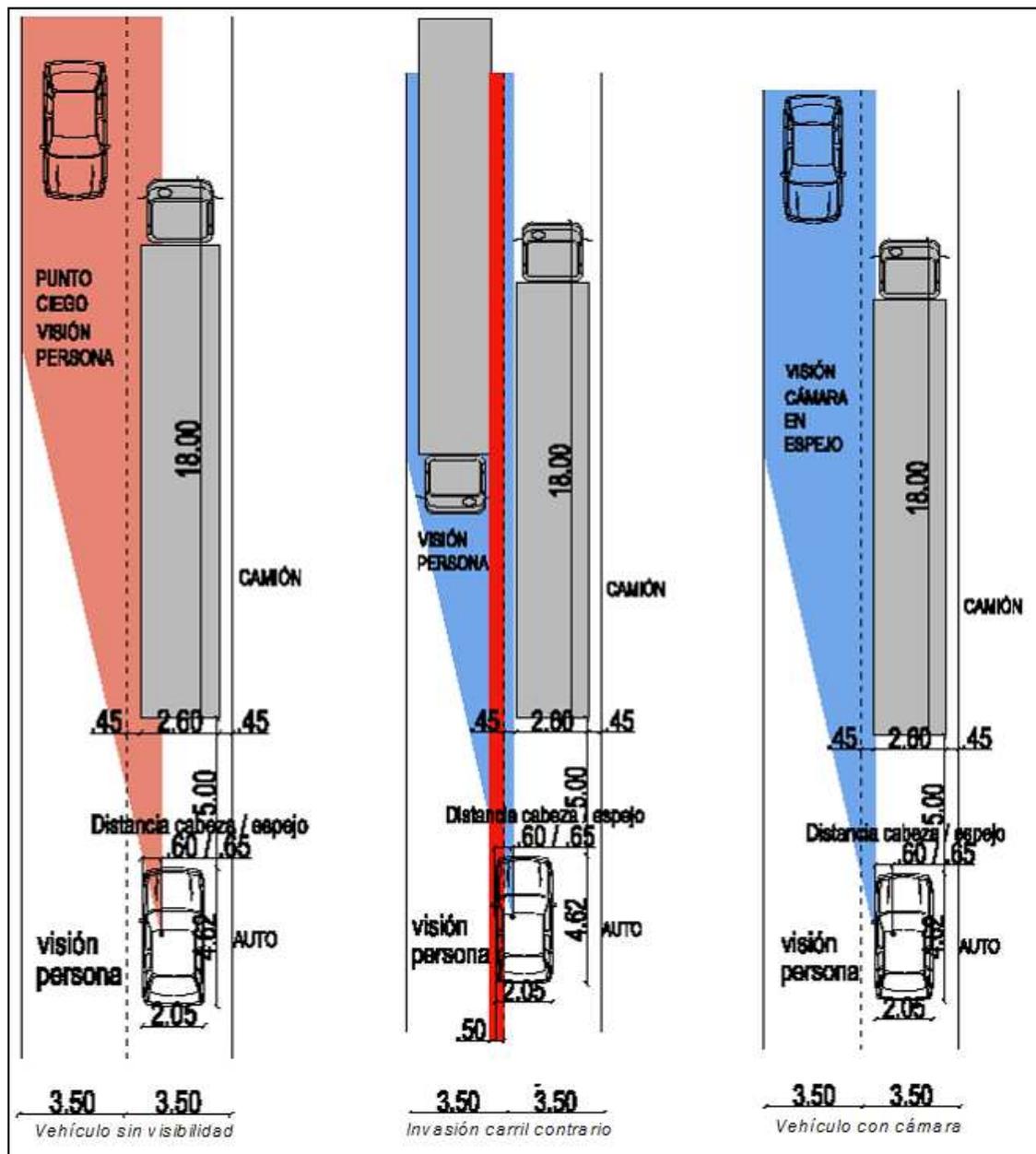


Figura 8 Problemas de visuales descriptos y la solución propuesta por "SACH".

**Vehículo sin visibilidad:** puede notarse claramente que el conductor dispuesto a efectuar el sobrepaso, no puede ver al vehículo que se aproxima en el otro sentido hasta que está muy próximo (ver sombreado).

**Invasión carril contrario:** puede verse que el conductor debe invadir la mano contraria para poder visualizar correctamente si se aproxima un vehículo en el otro sentido (sombreado azul). La franja roja muestra así que se trata de un peligro permanente de colisión. Pero además éste se acentúa cuando se trata de camiones, por el ancho y trayecto serpenteante que presentan.

**Vehículo con cámara:** se nota que utilizando una asistencia visual como la propuesta en el trabajo (o los otros sistemas alternativos / adicionales como se relatara anteriormente) se consigue tener un

panorama preciso de lo que sucede en la mano contraria sin necesidad de “asomarse”; evitando así realizar una maniobra complicada y riesgosa, minimizando las posibilidades de accidentes.

Es importante mencionar que un automóvil que se desplaza a 100 km/h necesitará para sobrepasar a un camión (de 18m de largo que va a 80 km/h) aproximadamente 220 m. Esto obliga a que cuando se tiene intención de hacer el sobrepaso, se necesite un mayor acercamiento al móvil que se encuentra delante, disminuyendo enormemente la visión como puede verse en el caso del vehículo sin visibilidad. Pero si se tiene un automóvil enfrente que avanza también a 100 km/h la distancia será casi el doble, aproximadamente 440 m, a fin de evitar maniobras apresuradas y el impacto frontal. Por otro lado, si ambos vehículos (el que sobrepasa y el que avanza por la otra mano) van a una velocidad mayor, como por ejemplo unos 120 km/h (cosa muy probable en rutas de la República Argentina) la distancia necesaria será aproximadamente de unos 550 m.

Es importante destacar también que las situaciones de análisis en los gráficos presentados suponen que los vehículos circulan perfectamente “centrados” en el eje de cada mano de la ruta, condición ideal que es imposible que se cumpla de modo permanente. Esto hace todavía aún más peligroso el sobrepaso en las condiciones actuales de los automotores y caminos de Argentina, resaltando aún más la necesidad de la implementación del sistema “SACH”.

## **6. CONCLUSIONES**

El documento realiza una breve descripción de la lógica difusa e inteligencia artificial en sistemas de seguridad automotriz. Se puede apreciar que la inteligencia artificial es una disciplina prometedora en este campo, y que es necesario desarrollar tecnología que no solo se aplique a vehículos de alta gama. De hecho, en el contexto actual de Argentina es necesario avanzar en el diseño de un producto que, de una manera económica y eficiente, disminuya los choques frontales en las rutas, en particular, como así también los accidentes con vehículos motorizados en general. Este sistema estará constituido por un equipo -que podrá incluir diferentes sensores, cámaras, láser y otros implementos, más un software específico de asistencia al conductor- que además permitirá evitar accidentes urbanos, colaborando y promoviendo entonces al desarrollo de las llamadas “ciudades inteligentes”. Con lo cual el “Diseño de un Sistema de Prevención de Choques Frontales para Vehículos y Automotores “SACH”” generara un impacto por demás positivo en la comunidad toda, proponiendo disminuir drásticamente las posibilidades de muertes y accidentes en las rutas, calles y todo tipo de caminos de la República Argentina.

## **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad Regional Tucumán (UTN) así como al Departamento de Ingeniería Mecánica de la FRT por el apoyo brindado para llevar adelante este trabajo y de este modo tener la posibilidad de disminuir los accidentes en las rutas de Argentina. Asimismo, agradecemos al Esp. Miguel Ángel Risetto por su apoyo en la elaboración de este trabajo. Finalmente, agradecemos la iniciativa de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y de su Dirección de Acción Social (DASUTEN) por sus iniciativas y proyectos relacionados con la prevención de accidentes viales.

## REFERENCIAS

- [1] Zadeh, L.A., (1965) Fuzzy sets. Information and Control, vol 8, pp 338-353.
- [2] Mamdani, E. H., (1974) Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant, Academic Press: Nueva York, 1974.
- [3] Takagi, Y and Sugeno, M (1985) Fuzzy Identification of Systems and Its Application to Modeling and Control, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. 15 (1) (1985), pp. 116-132.
- [4] Altrock, C. V., (1995) Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Applications Explained, Prentice Hall: Nueva York.
- [5] Mazzae, E.N. and Riley Garrott, W Evaluation of the performance of available back over prevention Technologies for light vehicles, National highway traffic safety administration US Paper number 07-0292, pp.1-10.
- [6] Cerone, V., Milanese, M., Regruto, D. (2009). "Yaw Stability Control Design Through a Mixed-Sensitivity Approach", IEEE transactions on control systems technology, vol. 17, no. 5, pp.1096- 1104.
- [7] Hsieh, Y., Lian, F., Hsu, C. (2007). "Optimal Multi-Sensor Selection for Driver Assistance Systems under Dynamical Driving Environment", Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 696-701, Sept. 30 - Oct. 3, 2007, Seattle, WA, USA.
- [8] Verma, R., del Vecchio, D. (2011). Semiautonomous vehicle safety. A hybrid control approach. IEEE Robotics and Automation Magazine. vol.18(3), pp. 44-54.
- [9] Anaheim (2005). Adaptive Cruise Control system overview. 5th Meeting of the U.S. Software System Safety Working Group, Abr. 2005.
- [10] Endo, T., Iwazaki, K., Tanaka, Y. (2003). Development of reverse parking assist with automatic steering, in Proc. ITS Congr., Madrid, Spain.
- [11] Eidehall, A., Pohl, J., Gustafsson, F., Ekmark, J. (2007). Toward Autonomous Collision Avoidance by Steering, IEEE Transactions on ITS, vol. 8, issue 1, pp. 84-94.
- [12] Hausknecht, M., Au, T., Stone, P. (2011). International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), San Francisco.
- [13] Wu, S.J., Chang, H.H., Perng, J-W., Chen, C.J., Wu, B.F., Lee, T.T. (2008). The Heterogeneous Systems Integration Design and Implementation for Lane Keeping on a Vehicle, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 9, No. 2.
- [14] Travis, W., Daily, R., Bevely, D., Knoedler, K., Behringer, R., Hemetsberger, H., Kogler, J., Kubinger, W., Alefs, B. (2006). SciAutonics Auburn Engineering's Low-Cost High ATV for the 2005 DARPA Grand Challenge, Journal of Field Robotics, v.23(8), pp. 579-597
- [15] Broggi A., Bertozzi M., Fascioli A., et al. (1999). The ARGO Autonomous Vehicles Vision and Control Systems, International Journal of Intelligent Control and Systems, Vol. 3-4, p 409-441.
- [16] Hessburg T., Tomizuka M. (1994). Fuzzy Logic Control for Lateral Vehicle Guidance, IEEE Control Systems, vol 14-4, p. 55-63.

- [17] SAE "Automated driving," Accesado en diciembre, 2017, en [https://cdn.oemoffhighway.com/files/base/acbm/ooh/document/2016/03/automated\\_driving.pdf](https://cdn.oemoffhighway.com/files/base/acbm/ooh/document/2016/03/automated_driving.pdf)
- [18] SAE "J3016 - Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles Accesado en Diciembre, 2017 en [http://standards.sae.org/j3016\\_201609/](http://standards.sae.org/j3016_201609/).
- [19] Hall, D. L., Lias, J. L., (2001) "Handbook of Multisensor data fusion", CRC Press LLC.
- [20] Klein, L. A., (1993) "Sensor and Data Fusion Concepts and Applications", SPIE Optical Engineering Press, Volume TT 14.
- [21] JDL (1991). Data Fusion Lexicon. Technical Panel for C3 (F.E. White, Code 4202, San Diego, CA).
- [22] Hall, D. L., Lias, J. L., (1997). An introduction to multisensor data fusion. Proceedings of the IEEE, 85(1), 6-23.
- [23] Luo, R., C. Luo, Chou,Y., Chen, O., (2007) "Multisensor Fusion and Integration: Algorithms, Applications, and Future Research Directions", Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 1986-1991, August 5 - 8, 2007, Harbin, China.
- [24] Macci, D., Boni, A., Cecco, M., Petri, D. (2008) "Multisensor Data Fusion", IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, Part 14, pp. 24-33, June 2008.
- [25] Tokoro, S., Moriizumi, K., Kawasaki, T., Nagao, T., Abe, K., . Fujita, K., (2004) "Sensor Fusion System for Pre-crash Safety System", IEEE Intelligent Vehicles Symposium, University of Parma, pp. 945-950, June 14-17, Parma, Italy, 2004.
- [26] S. Tokoro, K., Kuroda, T. Nagao, T. Kawasalti,, T. Yamamoto., (2003) "Pre-Crash Sensor for Pre-Crash Safety", The 18th ESV Conference, Paper No.545-W, 2003.