

AUTOS Y SU INDEPENDIZACIÓN

Jonathan Buitrago
Escuela de Ingeniería
de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander
Email: vryhok@gmail.com

María Vera
Escuela de Ingeniería
de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander
Email: mafervera.1203@gmail.com

Jair Niño
Escuela de Ingeniería
de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander
Email jair.eduardo.n@gmail.com

Abstract— The implementation of computer systems for driving automation is undoubtedly one of the greatest technological advances today. However, this important development still has a great way to go, mainly in the architectural aspects, so that it becomes a reality and can be used in uncontrolled environments.

This document presents a conceptual design for the architecture of autonomous vehicles. The proposed design is based on a comprehensive review of the literature and documentation on this subject. Finally, the characteristics to be taken into account, the architectural patterns for the correct implementation of the design have been defined and the conclusions are presented.

Resumen—La implementación de sistemas computacionales para la automatización de la conducción es, sin duda, uno de los mayores avances tecnológicos en la actualidad. Sin embargo, este importante desarrollo aún tiene un gran camino que recorrer, principalmente en los aspectos arquitecturales, para que convertirse en una realidad y pueda utilizarse en ambientes no controlados.

En este documento se expone un diseño conceptual para la arquitectura de vehículos autónomos. El diseño planteado está fundamentado en una amplia revisión de la literatura y documentación sobre este tema. Por último, se han definido las características a tener en cuenta, los patrones arquitecturales para la correcta implementación del diseño y se presentan las conclusiones.

I. INTRODUCCIÓN

Partimos inicialmente sabiendo de dónde provienen cada uno de estos autos y es a raíz de competencias, así como existe la programación competitiva, también existen competencias acerca de vehículos autónomos. Según lo anterior, los dos prototipos más próximos a la verdadera realidad de esta tecnología fueron dados a conocer en 2005 con *DARPA* y 2007 con *Junior*, que a partir de este último nació el auto autónomo de Google.

Los autos autónomos a groso modo funcionan bajo sensores y cámaras, existe diversidad de autos autónomos donde prima la tecnología oriental, es decir, universidades como: Xi'an JiaoTong University, Shanghai Jiaotong University, singhua University. No obstante el avance de este tipo de tecnología viene a cabo basándose en la revolución de hardware y software, así como existen ahora procesadores que realizan cantidades inmensas de operaciones en un intervalo de tiempo

muy corto, en los autos autónomos se debe desarrollar la arquitectura y el software adecuado para dar solución al problema. Para dar un acercamiento a esto, Mercedes Benz lanzó un prototipo Clase S 500 el cual contaba con una equipación de hardware de sensor cercano a la producción y basado únicamente en sensores de visión y radar en combinación con precisión digital, mapas para obtener una comprensión completa de la ubicación espacial.

En la actualidad, las empresas más interesadas en desarrollar el avance de los autos autónomos tienen prioridad acerca de algoritmos y nuevos diseños para éstos, estamos hablando de compañías de gran renombre en el campo automovilístico como por ejemplo: **Tesla Motors, Mercedes Benz, Audi y BMW**, también otras que están más enfocadas en las tecnologías de información como: **Google, Uber y Baidu**. A partir de esto, es importante aclarar que los esfuerzos que existen entre estas compañías están ligadas a la comunicación inalámbrica entre vehículos la cual se conoce comúnmente como *sistema multiagente tems*, a pesar de cada uno de estos esfuerzos aún existe una falencia en el desarrollo de este tipo y de autos y es básicamente que han dejado de lado el estudio y el avance de la arquitectura usada en los autos.

II. ESTADO DEL ARTE

El mundo se prepara para un nuevo escenario de la movilidad el cual tiene como protagonista al automóvil autónomo. El departamento de energía de Estados Unidos está implementando herramientas avanzadas de simulación y modelado de estos automóviles para predecir su impacto en la movilidad y en la matriz energética de las áreas metropolitanas. “Nuestro objetivo es adquirir una comprensión sobre el sistema y sobre cómo el transporte está cambiando, incluyendo cómo interactúan los diferentes modos de transporte, las decisiones tomadas por los viajeros y cómo la automatización afecta todo”, explicó el ingeniero de transporte computacional de Argonne, Joshua Auld. “Este nivel de comprensión proporcionará información para ayudar a las ciudades a planificar mejor y adaptarse a los futuros cambios de transporte”, agregó. El equipo de Auld ha desarrollado un modelo que representa la adopción de los autos parcial y totalmente automatizados, y a diferentes niveles de aceptación en el mercado. Posteriormente integraron estos datos junto a

un modelo de flujo de tráfico en un simulador de sistemas de transporte denominado **POLARIS** por sus diferentes siglas en inglés: Plataforma de Simulación Integrada Regional de Lenguaje de Planificación y Operaciones.

POLARIS simula la movilidad y el flujo de tráfico al predecir el comportamiento individual de los “agentes” que en él intervienen. Estos agentes pueden representar a personas, hogares u organizaciones. Analiza cómo millones de estos agentes interactúan y toman decisiones sobre el uso de automóviles, bicicletas o cualquier otro modo de moverse. A su vez, estas decisiones individuales afectan al sistema de transporte en su conjunto. De este modo, los investigadores utilizan **POLARIS** para simular la movilidad y el impacto de los flujos de viaje en cada uno de los diferentes escenarios contemplados.

Para complementar los análisis de **POLARIS** y medir la energía empleada, los investigadores utilizaron la herramienta **Autonomie** de Argonne. **Autonomie** es la herramienta líder en la industria para predecir el consumo de combustible de los vehículos actuales y futuros, por lo que los investigadores confiaron en ella para medir el impacto de los autos automáticos en el uso de la energía.

Para aumentar su capacidad para representar y analizar las complejas interacciones que afectan el transporte y la movilidad, los investigadores ya están trabajando para perfeccionar **POLARIS** y **Autonomie** para mejorar las opciones de la tecnología de los autos autónomos. También para estudiar los posibles futuros escenarios, en los que intervendrán variables como los diferentes niveles de automatización y su impacto en el flujo de tráfico. También se tendrán en cuenta las tecnologías emergentes y los nuevos modos de movilidad como los servicios de automóviles compartidos.

“Nuestro enfoque de modelado y simulación es vital para anticipar las necesidades de transporte y energía del futuro. Al continuar mejorando estas herramientas y técnicas, estaremos mejor equipados para ofrecer herramientas y soluciones que aborden las necesidades que surjan ante los nuevos escenarios”, concluye Rousseau.

Teniendo en cuenta empresas, **General Motors** es una de las principales que viene trabajando en el desarrollo de un auto autónomo. Tenemos como ejemplo su modelo **Cruise AV**, el cual es un automóvil sin volante ni pedales y con conducción autónoma. Sin embargo, pese a no tener timón, durante las pruebas de conducción siempre va un operador por si algo sale mal.

Ford también está desarrollando un vehículo que no tendrá pedales ni volante. La empresa se asoció con **Domino's Pizza** para probar sus vehículos autónomos y ver cómo reaccionaba la gente al ver este tipo de autos llevándoles su respectiva

comida.

La empresa matriz de Google, **Alphabet**, lleva años desarrollando un sistema de conducción autónoma, sus vehículos se han desplazado ocho millones de kilómetros hasta enero de 2018, pero, no todo lo recorrieron en las calles de Estados Unidos, pues también lo han hecho en vías virtuales mediante sistemas de simulación, **Waymo** ha empezado a realizar pruebas de conducción automática en Phoenix, con esto la empresa desea seguir mejorando los sistemas autónomos adaptándose a todas las condiciones urbanas y climáticas.

Tesla también está explorando la conducción automática con su sistema **autopilot**, **tesla** propone que este software se actualice para recibir una conducción automática, sin tener que cambiar partes del auto. El modelo **Hyundai Nexa** ha recorrido unos 200 km a una velocidad media de 90 km/h. Aunque el automóvil se conducía sólo, dentro del vehículo había una persona por si ocurría algún incidente.

En el CES de 2018, **Lyft** realizó una demostración de su vehículo autónomo desarrollado por **Aptiv**. Utilizó un **BMW 540i** equipado con 10 radares y 9 sensores **LIDAR** demostrando las características de su automóvil. Su proyecto es crear una flota de taxis autónomos a corto plazo. **BMW** es otra de las marcas que planea lanzar y adelantarse en el mercado de autos autónomos. Para ello, trabaja en el asistente **BMW i Vision Dynamics**, que se posicionará entre los ya existentes **BMW i3** y **BMW i8**.

La firma rusa **Yandex** también está interesada en desarrollar taxis autónomos. Si bien no están fabricando sus propios vehículos, vienen trabajando con una flota de **Toyota Prius**. Sin embargo, un reto para desarrollar estos autos es que tienen con el clima intenso. La empresa china **Baidu** también está inmersa en el desarrollo de la conducción autónoma. Sin embargo, les podría tomar tiempo debido a las normas regulatorias con los sistemas de navegación en el gigante asiático.

La empresa sueca **Volvo** también trabaja en desarrollar esta tecnología, aunque recién aparecería en 2021 para no lanzar ningún tipo de beta al mercado comercial. Hasta que ello ocurra, seguirá afinando la tecnología de su proyecto **Drive Me**. **Intel** fue otra de las firmas que presentó su primer automóvil autónomo beta en el CES 2018. Intel quiere hacer una flota de 100 vehículos en Estados Unidos, Europa e Israel para probar su conducción autónoma.

III. MARCO TEÓRICO

A. Definición

Se entiende como automóvil autónomo aquel vehículo que posee la capacidad de simular las técnicas humanas de control y manejo, por medio de la captación e identificación de las imágenes que conforman el medio en el cual se desplaza,

analizar la información recibida y tomar decisiones oportuna con base en los datos previamente procesados.

B. Conducción dinámica

Contienen todos los aspectos de operación y táctica, tales como manejo del volante, frenos, cambio de carril, pero no los estratégicos como establecer destino, origen y rutas.

C. Movimiento Longitudinal

Hace referencia al control sobre la velocidad, la aceleración y los frenos que ejerce sobre el automóvil el sistema de conducción automatizado para mantenerse a una distancia prudente de los vehículos que lo rodean.

D. Movimiento Lateral

Hace referencia a la capacidad que tiene el sistema de conducción de detectar los límites del carril, y la posición del auto respecto a estos, y de mantenerse dentro del carril incluso al tomar curvas.

E. Niveles de autonomía

Los niveles de autonomía expuestos en la norma **SAE J3016** son los siguientes:

- 1) **Sin automatización:** El conductor tiene toda la responsabilidad y control del automóvil en la conducción dinámica, sin embargo puede recibir ayuda de sistemas de alerta.
- 2) **Asistencia al conductor:** Existe un sistema de respaldo que puede activar un modo de conducción específico que controla el volante o la aceleración, no obstante el conductor sigue teniendo el control de las demás funciones de la conducción dinámica.
- 3) **Automatización parcial:** Existen varios sistemas de respaldo que pueden activar un modo de conducción específico que controla el volante y la aceleración pero dejando el control de las demás tareas de conducción dinámica al conductor.
- 4) **Automatización condicionada:** Existe un sistema de conducción que posee el control de todos los aspectos de la conducción dinámica, pero el conductor tiene la posibilidad de intervenir en cualquier momento.
- 5) **Alta automatización:** Existe un sistema de conducción que posee el control de todos los aspectos de la conducción dinámica, el sistema se activa incluso si el conductor no contestó una solicitud de intervención.
- 6) **Automatización completa:** Existe un sistema de conducción que posee el control de todos los aspectos de la conducción dinámica y se ejecuta para cualquier tipo de medio en el que un conductor podría actuar.

IV. HARDWARE

Para realizar el respectivo análogo a un auto autónomo, se piensa en una persona, ¿qué necesita una persona para movilizarse sin chocar contra algún obstáculo?, así es, necesita ojos, necesita un cerebro y por obvias razones, un cuerpo. De igual manera ocurre con los autos autónomos, ellos necesitan ojos, cerebro y cuerpo que se ven reflejados por medio de actuadores, CPU y sensores, esto permite que los autos logren percibir, pensar y realizar las labores humanas. En este caso nos enfocaremos en dos aspectos, el primer aspecto está relacionado a la compleja instalación, pero de vital importancia y el segundo aspecto a la implementación del piloto automático que permitirá trabajar como actuador para controlar la dirección, pedal acelerador, pedal de freno y selector de marchas.

Una de las cualidades más relevantes que usan este tipo de vehículos son sus sensores, por lo general este tipo de sensores abarcan cada tipo típico disponible en el mercado, es decir, abarcan cámaras, radar de ondas milimétricas, sensores ultrasónicos, LiDAR, que no es más que un dispositivo que permite determinar la distancia entre un objeto láser y un objeto receptor. La distancia es calculada por medio del tiempo de retrasado entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. Además estos sensores manejan GPS y sensores inerciales, que estos últimos nos permiten medir aceleración y velocidad angular y se usan más que todo para captura y análisis de movimiento.

Los sensores que incorporan los autos autónomos son de vital importancia ya que si alguno de estos fallan o no están bien equilibrados se pueden producir accidentes graves debido a puntos ciegos, clima, entre otros. Por lo tanto, para dar una breve introducción hacia los sensores se comienza describiendo la arquitectura de las cámaras, para implementar cámaras en autos autónomos se usan diferentes distancias visuales, cubiertas a través de diferentes lentes. Por lo general, un foco de 16mm se usa para la detección frontal para equilibrar la distancia y ángulo de campo de visión (*FOV*) que es uno de los factores más importantes a la hora de trabajar con cámaras.

Así mismo, también podemos encontrar cámaras de 6 mm o incluso una cámara ojo de pez puede ser una alternativa. También se ofrece otra alternativa y es una tecnología bastante usada y eficaz para algunos ambientes, LiDAR brinda mayor estabilidad que las cámaras debido a la insensibilidad a la luminancia, así mismo, este dispositivo genera una nube de puntos que abarcan un área por lo que proporciona una mejor aproximación a la distancia real con la que se trata, sin embargo, este dispositivo no es aplicable cuando hablamos de un terreno al cual está actuando una fuerte lluvia o existe nieve, además que es 10 veces más caro que una cámara común.

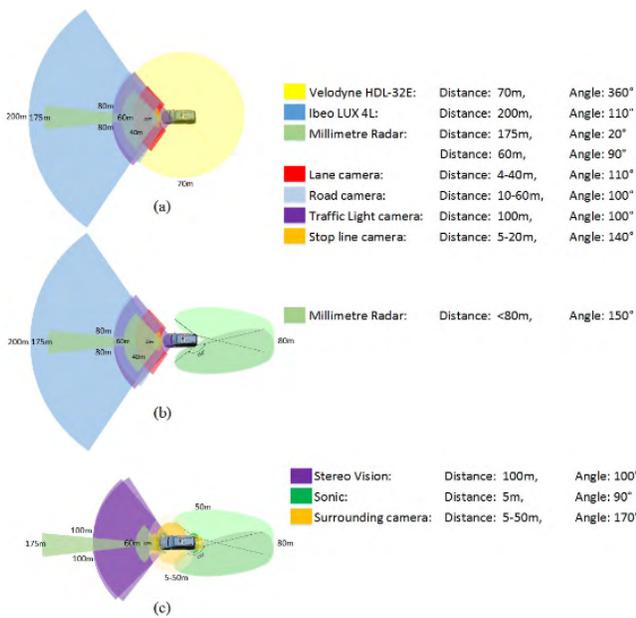


Figura 1. Planos de sensores, parte trasera y parte delantera del auto.

Por otro lado, también se puede encontrar en este tipo de automóviles un sensor de onda milimétrica, que funciona como la combinación de cámaras para detectar objetos metálicos en movimiento, aunque la sensibilidad de radar de onda milimétrica es relativamente débil la resolución es inversamente proporcional al rango, así el radar generalmente tiene que detectar rango y distancia. Debido a esto, este tipo de sensor es muy bueno en distintos climas ya que su penetrabilidad es alta. También podemos contar con otro tipo de sensor, estamos hablando del sensor ultrasónico, este está incorporado en la gran mayoría de los autos modernos y se utilizan en gran parte en estacionamientos de baja velocidad debido a la capacidad de detección de corta distancia típicamente menos de 5 metros, por obvias razones, este es el sensor más baratos de los tres mencionados anteriormente. Adicionalmente, en la figura No. 1 se pueden observar tres planos de sensores tanto en la parte trasera del auto y delantera del mismo.

En este orden de ideas se describirán tres prototipos con diferentes implementaciones de sensores. Cada uno se enfoca en un ambiente particular que está gráficamente en la figura No. 1, atacando diversidad de problemas como pueden ser el clima, de tal forma que lo que se piensa hacer es generalizar el funcionamiento de un auto de forma eficaz y también tener un panorama económico según el tipo y la cantidad de sensores usados.

1) Prototipo A.

Cuatro cámaras, un RADAR de onda milimétrica, una de 32 capas LiDAR, un LiDAR de 4 capas y un GPS + sensor inercial son utilizados en este plan.

Las cámaras se pueden utilizar para muchos tipos de detecciones con la ayuda de LiDAR y onda milimétrica RADAR. Análogamente, este plan es el más cercano al de Google. La ventaja de este plan es que puede cubrir la mayor parte del área circundante el coche, además de adaptarse a diferentes escenas de tráfico y las condiciones climáticas. Sin embargo, las desventajas de este plan son su costo extremadamente alto y su inadaptabilidad para tareas de estacionamiento como distancias menores a 1 metro son indetectables. En conclusión, este plan es lo mejor para conducir en la ciudad, pero es una redundancia en escenas de carretera

2) Prototipo B.

La diferencia entre este plan y el Plan A es que el LiDAR de 32 capas se reemplaza por dos milímetros traseros RADAR de onda. Una mejora considerable en la economía es obtenido a expensas de perder algo de rendimiento de manejo en la ciudad ya que la información circundante se reduce considerablemente. Del mismo modo, el estacionamiento sigue siendo un problema difícil bajo este marco de referencia. Según las cualidades generales, recomendamos Este plan para la mayoría de los usuarios.

3) Prototipo C.

Desde la imagen inferior de la figura No. 1, es fácil observar que este plan es considerablemente diferente de los planes A y B. Solo dos cámaras regulares, tres RADAR de onda milimétrica, una cámara circundante y un sensor ultrasónico de doce unidades son utilizados. Desde la perspectiva de la economía, este es el más barato plan y puede ser aceptado por la mayoría de los fabricantes de vehículos. Sin embargo, dado que el sistema se basa principalmente en la visión por computadora, La estabilidad es el mayor problema. Para este fin, muy relacionado Se está trabajando en todo el mundo. Además, al usar el cámara circundante y sensor ultrasónico, el estacionamiento no es un problema. Mientras se puedan obtener algunos resultados satisfactorios con SLAM basado en visión, detección de área manejable, etc. Este plan económico y liviano será la mejor opción en el futuro cercano. En investigaciones recientes, basadas en el aprendizaje profundo las soluciones de visión de extremo a extremo han sido propuestas por compañías como NVIDIA y Comma.ai

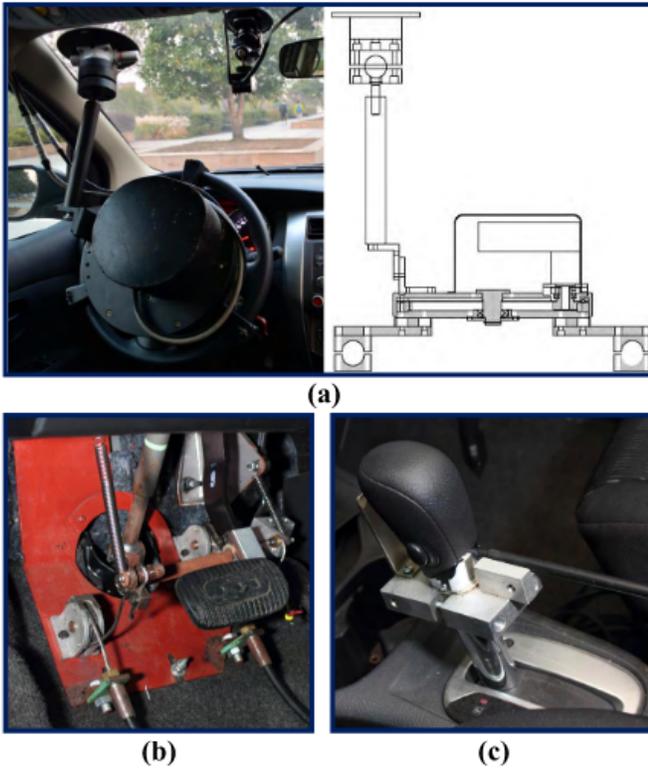


Figura 2. Chasis auto, incorporación de piloto automático.

Teniendo esto en cuenta, se dará inicio a la segunda sección de este apartado y es ver el comportamiento del piloto automático, que ya como se dijo éste permitirá el control de ruedas, control de acelerador, control de freno y selector de marchas.

Un piloto automático es un dispositivo que permite que un vehículo automáticamente girar, cambiar, acelerar y desacelerar. Este piloto automático se aplica bajo la circunstancia de que el vehículo no está equipado con un chasis de control con cable. Aunque el control por cable debe ser el tendencia futura, la mayoría de los vehículos necesitan ese dispositivo ahora ya que el período de actualización del vehículo es típicamente de 5 a 10 años. Como se muestra en la figura No. 2 , cinco partes principales, incluido el volante, pedales de acelerador / freno, activador de marcha y un controlador central, constituyen el dispositivo de control del chasis. El principal de nuestro diseño es eficiente, sin pérdidas y factible para la mayoría de la situaciones. No queremos que los actuadores sean como un robot sentado en el asiento del conductor.

V. SOFTWARE

La arquitectura del sistema de software de un vehículo autónomo está dividida en 5 partes principales categorizadas por su función que son: percepción (lo que se puede captar a través de los sensores y demás dispositivos sobre el medio en el que se está utilizando, además de los algoritmos que

permiten el reconocimiento de los objetos adyacentes) , decisión y planeación (donde se toman la decisiones y se planifica la trayectoria), control y chasis (donde se emiten las órdenes a seguir para cumplir la ruta planificada). Esta definición se puede encontrar gráficamente en la figura No. 3.

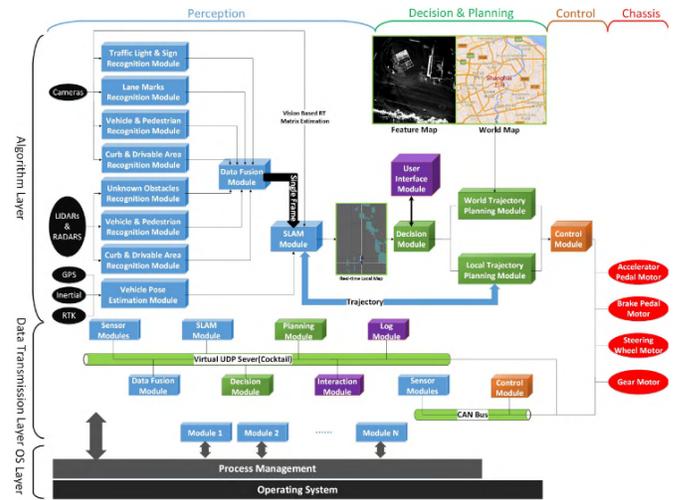


Figura 3. Arquitectura del sistema de software de un vehículo autónomo

A. Percepción

Si bien es cierto que no todas las tecnologías que se describen a continuación están implementadas en todos los modelos de este tipo de autos la lista nos permite hacernos una idea del tipo de dispositivos que permiten que el automóvil circule sólo:

- 1) **GPS:** Ofrece la localización del vehículo con un grado de exactitud de 1,9 metros. Se trata de un margen demasiado grande para una conducción autónoma, con lo que la medición es depurada con la utilización de taquímetros, altímetros y giroscopios.
- 2) **Lidar:** Sistema de 64 láseres que realiza un escaneo continuo del entorno del vehículo que identifica objetos con una precisión de 2 centímetros.
- 3) **Radar:** Detecta obstáculos en puntos ciegos de otros sistemas.
- 4) **Estereovisión:** Dos cámaras montadas en el parabrisas permiten reconstruir una visión 3D de la carretera, lo que permite detectar obstáculos.
- 5) **Cámaras de infrarrojos:** Se colocan junto a las luces delanteras. Emiten unas ondas que son recogidas por las cámaras de visión global y permiten la visión nocturna.

- 6) **Guía de carril:** Consiste en una cámara colocada en el espejo retrovisor interno y que es capaz de distinguir entre los bordes de la carretera y esta misma.
- 7) **Sensores de ruedas:** Las ruedas vienen dotadas de sensores que suministran datos de la conducción y de las maniobras que realiza el vehículo.
- 8) **Sensores ultrasónicos:** Se colocan también en las ruedas y permiten identificar pequeños objetos o cambios en la carretera, como bordillos, cunetas u otros vehículos mientras se aparca.
- 9) **Ordenador central:** se trata del elemento “inteligente” del vehículo. Recibe todos los parámetros y variables, toma las decisiones y ejecuta las acciones, ordenando al motor que acelere, al volante que gire o al freno que detenga el vehículo. Estas son las tecnologías principales que se usan en la percepción de los objetos y el posicionamiento del vehículo autónomo y de los autos colindantes.

B. Decisión y Planificación

En esta parte está el núcleo principal de lo que es la conducción autónoma, pues se encarga de la toma de decisiones y la planeación de las acciones a seguir. Al momento de definir una arquitectura que se encargue de la parte de planeación y toma de decisiones se deben tener en cuenta múltiples aspectos claves para una implementación exitosa del vehículo autónomo, algunos de estos cuestionamientos son: la manera en que los vehículos deciden la ruta a seguir, la forma en que los vehículos usan los datos proporcionados por sus sensores para tomar decisiones con horizontes a largo plazo, cómo la interacción con otros vehículos afecta la manera de actuar, el modo en que los vehículos pueden aprender a conducir desde su historia y desde la conducción humana, cómo garantizar que los sistemas de control y planificación del vehículo sean correctos y seguros, y cómo asegurar que múltiples vehículos en la carretera al mismo tiempo coordinen y se las arreglan para mover personas y paquetes a sus destinos de la manera más efectiva.

A pesar de que se han hecho enormes avances en cuanto a planificación y toma de decisiones, pues ingenieros y científicos se han encargado de desarrollar algoritmos altamente complejos de planificación y también se ha avanzado a pasos agigantados en aprendizaje automático y visión por computador, aún queda mucho camino por recorrer pues los automóviles que funcionan en ambientes controlados aún no logran una tasa de error aceptable para la conducción autónoma. A pesar de esto, se ha observado con resultados prometedores, que la integración de decisión y planeación ha llevado a muy buenas soluciones.

C. Control y chasis

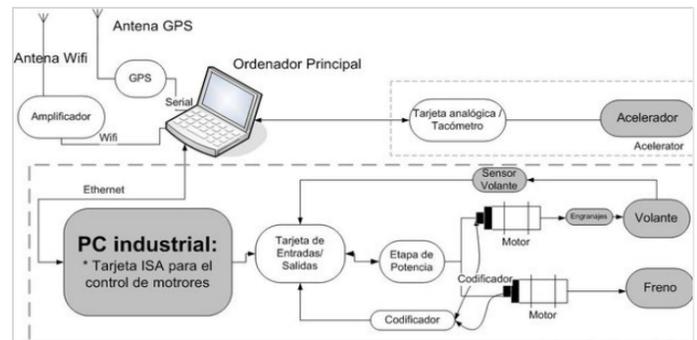


Figura 4. Arquitectura de control de vehículo autónomo.

VI. RETOS ÉTICOS

Antes de hablar de los diferentes retos que contempla planear, diseñar autos autónomos; debemos observar la raíz de estos; como se mencionó en el documento; uno de los logros más interesantes en el desarrollo de sistemas computacionales es la implementación de sistemas inteligentes para la conducción autónoma en vehículos; se podría decir que se basan en una inteligencia artificial; por ende debemos conocer qué es y qué campos abarca la inteligencia artificial.

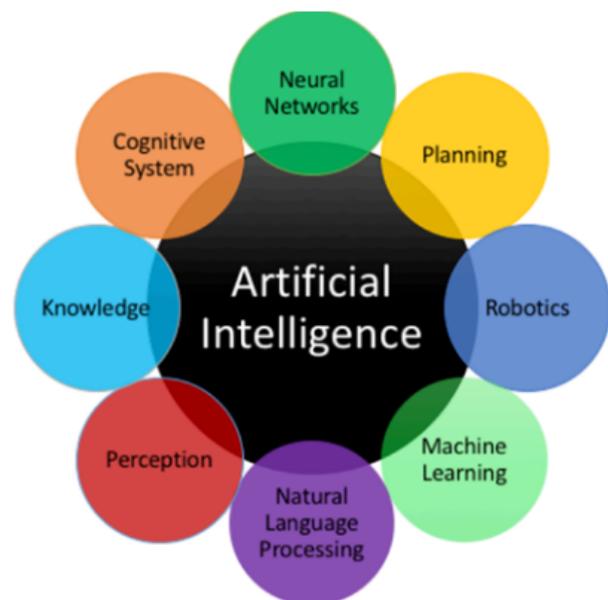


Figura 5. Campos relacionados a la inteligencia artificial.

La inteligencia artificial abarca diferentes campos los cuales son; las redes neuronales, la planificación, la robótica, el aprendizaje automático, el tratamiento del lenguaje natural, la percepción, el conocimiento y el sistema cognitivo; partiendo

del concepto básico, la inteligencia artificial es la simulación de inteligencia humana por las máquinas, esto incluye el aprendizaje; donde una máquina adquiere información y las reglas para usar la información; el razonamiento el cual es el uso de reglas para alcanzar conclusiones aproximadas y la autocorrección. En conclusión; la inteligencia artificial es la teoría y el desarrollo de sistemas informáticos para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana.

Los sistemas de inteligencia artificial aprenden continuamente utilizando técnicas como el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo para resolver problemas de visión artificial, habla y lenguaje natural. El aprendizaje automático proporciona a los sistemas capacidad de aprender y mejorar automáticamente mediante la experiencia, es decir, sin ser programado explícitamente, para entender esto un poco mejor, en la programación tradicional tenemos que un computador mediante un algoritmo y unos datos nos da una salida (conocemos la entrada que son los datos y el algoritmo) , con el aprendizaje automático un computador puede darnos el algoritmo si le proporcionamos los datos y la salida que queremos; esto genera amplios mecanismos de ayuda a problemas que solo con inteligencia artificial o no solo sino que sería relativamente más sencillo de resolver con IA.

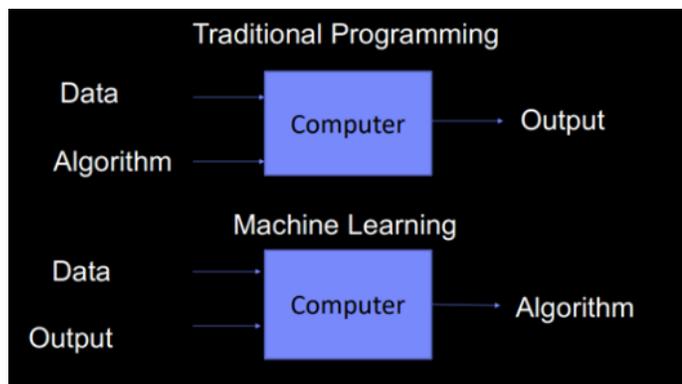


Figura 6. Comparación entre la programación tradicional y el aprendizaje automatizado.

Abarcando el tema central, al crear un automóvil autónomo este requiere tomar ciertas decisiones en ciertos momentos, por lo cual, muchas de las compañías que trabajan en esto se plantean la siguiente pregunta; ¿Qué se necesita para confiar en una decisión tomada por una máquina?, esta pregunta se volvió algo compleja para muchos; por lo cual, decidieron responder mediante cuatro preguntas relativamente más sencillas; si mi sistema cumple o responde afirmativamente a las preguntas, se podría decir que es confiable la decisión que tome, las preguntas planteadas son: ¿Es justo?, ¿Es fácil de entender?, ¿alguien lo manipulo?, ¿es responsable?

La ética en la inteligencia artificial debe tomarse con la misma responsabilidad y cautela que se toma la parte de hardware y software y mucho más en estos casos donde el ser

humano hace parte de esto, un ejemplo sencillo para entender estos grandes problemas que abarca el poder de decisión que debe o debería tener un auto autónomo es el siguiente; una empresa lanza al mercado una línea de automóviles autónomos, un usuario contento por esto, lo adquiere, luego de un tiempo se presenta una situación, “él va” por una carretera cuando de la nada pasa un niño, el auto autónomo se da cuenta rápidamente de las opciones que tiene, el niño está tan cerca que aun frenando podría matarlo, si gira a la derecha se choca con otro auto donde se encuentra una pareja de adultos de la tercera edad, si choca con ellos, puede que mueran los tres, el piloto y la pareja, pero salvaría al niño, y a la izquierda se encuentra un precipicio, si gira hacia allí, salva al niño y a la pareja de ancianos; ¿Qué decisión debe tomar el auto en ese momento?

En decisiones como esta se observa el poder de decisión que le estamos relevando a una máquina, cabe recalcar que el objetivo principal de los fabricantes ha sido crear un sistema de automóviles autónomos que sea clara y demostrablemente más seguro que un auto promedio controlado por humanos, por ello, es poco probable que el auto gire a la izquierda y mate a su piloto. ¿Qué persona compra un auto sabiendo que si se presenta una situación así su vida no tiene mucha importancia?. La empresa busca lo mejor para sus clientes, por ende, girar a la izquierda no es una opción que tenga el auto, ahora viene el problema planteado por muchas personas, el poder de decisión que tendrían estas máquinas sobre la vida humana y observando las preguntas mencionadas anteriormente, ¿es justo que el auto mate al niño y salve a su piloto?, ¿esto es una acción responsable?, ¿al no girar izquierda es manipulado por la empresa?, ¿ si toma una decisión, esta decisión es fácil de entender?.

Como conclusión; aunque llevamos grandes avances de hardware y software en la automatización de automóviles, parece que aún estamos cortos o no le damos la suficiente importancia a temas éticos que estos abarcan; es un tema sumamente importante en el que pocas empresas, compañías o personas como tal se atreven a afrontar por su grado de complejidad, por esto plantear la siguiente pregunta en cada persona debe ser clave en el proceso de automatización de autos, ¿Es bueno que una máquina tome decisiones por nosotros para el bienestar de nosotros o nos está quitando el poco de humanidad o las pocas cualidades que nos hacen superiores a estas?

VII. CONCLUSIONES

- 1) En el presente artículo se definieron las características principales que debe tener un vehículo autónomo, además se proporcionó una visión general de los avances actuales en cuanto a planificación de rutas y tomas de decisiones por parte de estos automóviles. El campo de los vehículos autónomos es uno que ha presentado múltiples avances en los últimos años, sin embargo hay muchos cuestionamientos que siguen sin

encontrar respuestas.

- 2) La creciente popularidad de los algoritmos basados en datos tanto en los sistemas de percepción como en los sistemas de planificación requiere una segunda ola de innovación; la verificabilidad, la seguridad y la explicabilidad son requisitos clave para permitir la transición de sistemas adecuados para exhibiciones a vehículos autónomos listos para la producción en nuestra vida cotidiana. Además, los sistemas autónomos que operan en entornos complejos, dinámicos e interactivos requieren inteligencia artificial que se generalice a situaciones y razones impredecibles de manera oportuna sobre las interacciones con muchos participantes del tráfico. Los sistemas autónomos aún necesitan alcanzar la confiabilidad a nivel humano en la toma de decisiones, la planificación y la percepción, y las precisiones actuales de detección y segmentación aún no son suficientes en condiciones difíciles, como las inclemencias del tiempo. Se requieren avances adicionales en cuanto a los algoritmos que se utilizan para imitar el comportamiento humano en la conducción y la toma de decisiones en situaciones impredecibles que pueden surgir en cualquier momento.
- 3) Cuando se habla de la implementación necesaria para poder tener un auto autónomo en funcionamiento respecto al hardware, y que es una de las partes más fundamentales ya que es la visión y percepción del auto, se debe tener en cuenta los sensores y la cantidad de ellos que se usarán, como se estudió anteriormente, la diversidad de sensores existentes varía según el clima y el terreno en el que se está movilizand, así como también la economía que se requiere para dicha implementación. Cada uno de los sensores juega un papel muy importante, porque allí se tendrá un óptimo comportamiento en función de la eficaz captura de información sin interrupciones del medio.
- 4) Es evidente que los costos de cada uno de los componentes del hardware son elevados, aunque si se hace un previo estudio de la ubicación espacial donde operará el auto se tomarán en cuenta los componentes más óptimos para dicho espacio y se implementarán, reduciendo así costos y dándole una certeza de funcionamiento al auto, sabiendo que la información recibida será procesada por el software de manera correcta para tener el comportamiento deseado.

VIII. REFERENCIAS

[1] **Wongpiromsarn T.**[2010]. Formal methods for design and verification of embedded control systems: application to an autonomous vehicle. PhD Thesis, Calif. Inst. Technol., Pasadena, CA

[2]**Zhang, C., Wang, Z., Zhu, J., Chen, Q. & Zong, W.** [2018]. Architecture Design and Implementation of an Autonomous Vehicle. IEEE Access. Introduction to algorithms. 2da. Boston: McGraw-Hill, 2001.

[3] **Peres, J., Milanés, V., Alonso, J., Onieva, E. & Pedro, T.**[2010]. Adelantamiento con Vehículos Autónomos en Carreteras de Doble Sentido. Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial.

[4] **Rodriguez, H.** 2018. El futuro de los coches autónomos y conectados. Recuperado de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/futuro-coches-autonomos-y-conectados_13619

[5] **Equipo editorial La Network.** 2018.El vehículo autónomo tiene un largo camino por recorrer en las ciudades. La Network. Recuperado de: <https://la.network/el-vehiculo-autonomo-tiene-un-largo-camino-por-recorrer-en-las-ciudades/>

[6] **Redacción EC.** 2018. Autos autónomos: Las empresas que vienen desarrollando estos vehículos. El comercio. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/tecnologia/actualidad/autos-autonomos-empresas-vienen-desarrollando-vehiculos-noticia-505990>