



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

ESTUDIO, CÁLCULO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN VEHÍCULO AUTÓNOMO

AUTOR: DAVID BORRAZ MORÓN

DIRECTOR: PEDRO J. NAVARRO LORENTE



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena septiembre 2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar dando las gracias a mi hermano Raúl quien ha sido un pilar importante en mi vida, por ser más que un hermano y amigo, quien me ha guiado en todo momento durante la carrera, así como mostrarme y enseñarme sus conocimientos.

A mis compañeros y amigos de carrera Mario, Julio, Denis, José Domingo, Javier, Cristina y Leanne sois los mejores compañeros que uno ha podido tener en la carrera.

A mi director de proyecto Pedro Javier Navarro Lorente por darme la oportunidad, de guiarme, revisar y acompañarme en todo el trabajo realizado.

A mis padres y hermanos, suegros y cuñados, gracias, gracias, gracias por todo el cariño, apoyo e interés que me habéis dado en todo momento.

A mis hijas Elsa y Lara por darme fuerzas para terminar y a mi esposa Silvia por su apoyo incondicional, su cariño, su paciencia, por darme dos preciosas hijas. Gracias Silvia por hacer de esta vida un lugar maravilloso, sin ti no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

Y no me quiero olvidar del que fue el causante mayor de este título. Tu ausencia me hizo abrir los ojos, que cambiara de estilo de vida y me aferrara al campo del estudio, donde comencé con un ciclo formativo de grado superior de construcción y donde concluyo con un grado de ingeniería mecánica. Richar donde quieras que estés, espero que te sientas orgulloso de mí. Te dedico a ti especialmente este título. Que sepas que nunca me olvido de ti. Te quiero y siempre te llevaré en mi corazón hermano.

RESUMEN

Partiendo de la definición de vehículo autónomo (VA) como un sistema a motor capaz de operar de forma completamente autónoma sin necesidad de que actúe un ser humano, ya se intuye que el desarrollo de un VA es un camino que requiere mucho estudio y cálculos. Para llevar a cabo la automatización es importante definir una serie de tareas principales como son:

- Localización: saber dónde situado en cada momento el vehículo.
- Escena: Es importante conocer en cada momento todo lo que rodea al vehículo, así como todo lo que está sucediendo en tiempo real en su entorno.
- Capacidad de movimiento: el vehículo tiene que ser capaz de moverse de un punto A, a un punto B
- Monitorizar el estado del conductor. Tiene que haber un conductor en el vehículo para aquellas situaciones que el vehículo no pueda controlar.

El propósito de este trabajo de fin de grado es, en primer lugar, documentar mediante un capítulo de estado del arte, en qué situación se encuentra la conducción autónoma.

En segundo lugar, explicar la robotización del Cloud Incubator car (CICar) mediante la descripción de los sistemas de visión y sensores (cámaras de vuelo, cámara frontal, GPS&IMU, LiDAR 2D y 3D), sistema de procesado (PC industrial y CompactRIO) e implementación mecánica que se han realizado en el vehículo (modificación de dirección, freno, acelerador y sentido de la marcha).

En tercer lugar, (1) descripción del armario eléctrico que se ha introducido detrás del habitáculo del conductor donde se recoge los sistemas de procesado. (2) Enumeración de los elementos eléctricos. Teniendo en cuenta la legislación aplicable, (3) justificación de los cálculos eléctricos donde se refleja el sumatorio de la potencia total prevista de la instalación y los cálculos justificativos de la sección de líneas alimentación de los equipos.

Y, por último, el TFG concluirá con un capítulo de conclusiones y trabajos futuros que pueden continuar desarrollándose como resultado de la investigación.

ABSTRACT

Starting from the definition of an autonomous vehicle as a motor system capable of operating completely autonomously without the need for a human being, it is predictable that developing an autonomous vehicle requires a lot of study and calculations.

In order to carry out the automation of a vehicle it is important to define a series of main tasks such as:

- Location, knowing where the vehicle is located at all times.
- Scene. It is important to know at all times everything that surrounds the vehicle, and everything that is happening life in its environment.
- Movement capacity: the vehicle has to be able to move from point A to point B
- Monitor the driver's condition. There must be a driver in the vehicle for those situations that the vehicle cannot control.

The purpose of this TFG is, in first place, evidence through a chapter of the state of the art, what is the situation of autonomous driving.

Secondly, explain the robotization of the cloud incubator car (CICar) through the description of the vision systems and the sensors (flight cameras, front camera, GPS & IMU, 2D and 3D LiDAR), processing systems (an industrial PC and CompactRIO) and mechanical implementation that have been made in the vehicle (modification of direction, brake, accelerator and direction of travel).

Third, (1) description of the electrical cabinet that has been placed behind the driver's compartment where the processing systems are collected. (2) Enumeration of electrical elements taking into account the legislation, (3) justification of the electrical calculations that reflect the sum of the total power expected of the installation and the supporting calculations of the section of power lines of the equipment.

And finally, the TFG will conclude with a chapter of conclusions and future studies that can be developed as a result of the research.



INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS GENERALES	2
1.3 JUSTIFICACION	2
1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO	3
CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE	4
2.1 BREVE HISTORIA.....	4
2.2 NIVELES DE AUTONOMIA.....	5
2.3 PRINCIPALES EMPRESAS QUE ESTAN DESARROLLANDO TECNOLOGÍA AVANZADA DE CONDUCCIÓN AUTONOMA.....	7
2.4 FUTURO.....	9
CAPITULO 3. ROBOTIZACION DEL CLOUD INCUBATOR CAR (CICAR) ..	11
3.1 ANTECEDENTES	11
3.2 IMPLEMENTACION MECANICA	11
3.2.1 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	12
3.2.2 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO.....	13
3.2.3 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA ACELERADOR Y SELECCIÓN SENTIDO DE LA MARCHA	14
3.3. SISTEMA DE PERCEPCIÓN	14
3.3.1 SISTEMA DE PERCEPCIÓN CORTO ALCANCE (SRR)	15
3.3.2 SISTEMA DE PERCEPCIÓN LARGO ALCANCE: LIDAR HDL-64E.....	18



3.3.3 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.....	18
3.4 SISTEMA DE PROCESADO.....	19
3.4.1 COMPACTRIO 9082.....	19
3.4.2 PC INDUSTRIAL.....	20
CAPITULO 4. ELECTRIFICACIÓN Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	21
4.1. INTRODUCCION	21
4.2 ANTECEDENTES	21
4.3 DESCRIPCIÓN DEL ARMARIO ELÉCTRICO	22
4.4 NUMERACIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS DEL VEHÍCULO	26
4.5 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS SECCIÓN DE LINEAS ALIMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS	27
4.5.1 LEGISLACIÓN APLICABLE	27
4.5.2 POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	27
4.5.3 CRITERIOS APLICADOS Y BASES DE CÁLCULO	28
4.5.4 CÁLCULOS.....	32
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	34
5.1. CONCLUSIONES.....	34
5.1. TRABAJOS FUTUROS.....	35
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	36
ANEXO: PLANOS.....	39
01 ESQUEMA GENERAL INSTALACIONES VA	40



02 ESQUEMA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA VA	41
03 ESQUEMA SEÑALES VA.....	42
I APENDICES.....	43
I.I CARACTERISTICAS RENAULT TWIZY.....	43
I.II ESQUEMA UNIFILAR RENAULT TWIZY	44
I.III HOJAS DE CARACTERISTICAS DEL HARDWARE INSTALADO	45
I.III.I MOTOR.....	45
I.III.II REDUCTOR.....	46
I.III.III ENCODER	47
I.III.IV DRIVER	48
I.III.V LASER 3D VELODYINE LIDAR.....	49
I.III.VI UNIDADES DE MEDIDAS INERCIALES IMU.....	51
I.III.VII SENSORES DE PROFUNDIDAD TOF	52
I.III.VIII ANTENA GPS 2G15A-XS-1	52
I.III.IX ESCÁNER LÁSER 2D.....	53



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Los vehículos autónomos (VA), como su nombre indica, son vehículos que sin presencia del ser humano y combinando sensores, software y hardware son capaces de controlar, navegar y conducir por sí mismos.

En la actualidad no existen vehículos con un nivel de autonomía entre 4 y 5 (los niveles de autonomía se explican en el capítulo 2), sino que estos se encuentran en un nivel parcialmente autónomo.

La tecnología de conducción autónoma cada vez está más presente en las carreteras, por lo que se prevé un cambio radical en nuestras leyes y sistema de conducción. Según los estudios que se están llevando a cabo los fabricantes de automóviles y de las empresas de tecnología, los VA de nivel 4 podrían estar en las carreteras al final de la presente década.

Fabricantes como Google, Uber, Tesla, Nissan y junto importantes empresas de tecnología e investigadores, ya han desarrollado varias tecnologías de conducción autónoma.

Si bien los diseños entre ellos pueden variar, el sistema en el que se basa es muy similar: mediante sensores y dispositivos como radar, cámaras de tiempo de vuelo, cámaras de visión, LiDAR, GPS, crean un mapa del entorno. Como ejemplo encontramos los VA de Uber y de Google, para construir el mapa del entorno, emplean radares, LiDAR y otros sensores.

Tras la creación del mapa del entorno, el software es quien procesa esas entradas, calcula una ruta y envía instrucciones a los actuadores del vehículo, que controlan la aceleración, el frenado y la dirección. Los datos codificados y algoritmos para evitar obstáculos, el modelado predictivo y la discriminación de objetos inteligentes (conocer la diferencia entre una bicicleta y una motocicleta) ayudan al software a seguir las normas de tráfico y sortear obstáculos.

La diferencia entre vehículos semi autónomos y totalmente autónomos es que los primeros requieren la intervención de un conductor para situaciones en el que el vehículo no está programado. A diferencia de los vehículos totalmente autónomos que es posible que el conductor no interfiera en la conducción.

La idea de la conducción autónoma es que los vehículos e infraestructura (como semáforos de próxima generación) estén conectados entre sí, cosa que los vehículos actuales no tienen esa capacidad.



Los costes y beneficios de los VA siguen siendo inciertos ya que es importante saber qué impacto tendrá la conducción autónoma en los conductores, la economía y en el medio ambiente.

La seguridad vial es una constante permanente en nuestras actividades cotidianas con la conducción, miles de personas mueren en accidentes de tráfico cada año. Por ello, los VA podrían disminuir ese número.

No podemos obviar los beneficios, en cuanto a la movilización e independencia se refiere en aquellas personas ancianas o discapacitados que no pueden conducir por sí mismas.

Una preocupación a tener en cuenta son los impactos ambientales. Los VA podrían aumentar el número total de kilómetros recorridas cada año. Si esos vehículos funcionan con gasolina, las emisiones se verían aumentadas. En cambio, si los vehículos se electrifican y se combinan con una red eléctrica limpia, estas emisiones podrían disminuir considerablemente. Si a estos vehículos electrificados permiten viajes compartidos a través de servicios como Uber o BlaBlaCar las emisiones disminuirán aún más.

1.2 OBJETIVOS GENERALES

Documentar el estudio, cálculo e implementación de la electrificación del sistema de control que permita la conducción autónoma de un vehículo eléctrico comercial (Renault Twizy). En el interior del vehículo, detrás del asiento del conductor, se implementará un armario tipo envolvente modular metálico para ubicar y ordenar los sistemas de control, procesado y comunicaciones. El objetivo principal del trabajo de fin de grado documentar y describir todo el montaje eléctrico del vehículo, así como los elementos que lo conforma.

1.3 JUSTIFICACION

Una de los principales problemas a la hora de automatizar el vehículo es donde ubicar todo el hardware que esta implementado en el mismo. Todos los aparatos y sistema de procesado y cableados, deben de quedar de una forma ordenada para evitar aglutinamientos que puedan provocar fallos en el sistema de conducción autónoma, o detectar los mismos fallos de una forma eficiente y eficaz en el caso en que se produjesen. Es por ello que se va a realizar:

1. Un estudio de la ubicación de cada uno de los elementos para una mejor disposición para futuros reemplazos de los equipos en caso de deterioro o de mejora de los mismos.
2. Un cálculo de secciones de líneas eléctricas alimentación de equipos y sistemas del VA:
 - ✓ Suministro eléctrico con total seguridad y con un mínimo de pérdidas de energía.
 - ✓ Caída de tensión(ΔV) esté dentro de limites admisibles.



- ✓ Que el calentamiento por efecto Joule no destruya el material aislante del conductor.
- ✓ Elementos de protección, en caso de corto circuito.

1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

El presente trabajo de fin de grado se divide en cinco capítulos:

El **capítulo 1**, consta una introducción, en el que se incluye una breve presentación del marco actual en el campo de los vehículos autónomos, de los objetivos generales y justificación del TFG.

En el **capítulo 2** se desarrolla el estado del arte, donde haremos un breve resumen de los comienzos de la conducción autónoma, explicaremos los distintos niveles de automatización que hay en la conducción autónoma, un apartado donde se recoge las principales empresas que están desarrollando tecnología avanzada en la conducción autónoma y se concluirá el capítulo con lo que se espera en el futuro de la conducción autónoma.

En el **capítulo 3** comenzaremos con la descripción de los cambios mecánicos implementados en el volante, freno, acelerador y sentido de marcha, que se le han realizado al vehículo para llevar a cabo su automatización, para posteriormente explicar todo el hardware del vehículo, 2 cámaras de vuelo (ToF), cámara frontal, 2 laser 2D, laser LiDAR 3D, IMU. Todos estos dispositivos son controlador y operados el sistema de procesado.

En el **capítulo 4** Se describe la implementación eléctrica del cuadro eléctrico del vehículo, así como cada uno de los elementos eléctricos que lo conforman. Se aportará los cálculos realizados para la selección de cableados que unen los distintos equipos. Se aportarán planos eléctricos donde se representará los diferentes circuitos que componen y que definen las características de del cuadro eléctrico y donde se detallan las particularidades de los materiales y dispositivos existentes.

En el **capítulo 5** se dará unas conclusiones al trabajo de fin de grado realizado, así como los trabajos futuros.

Al final del presente trabajo de fin de grado se encontrará la referencia bibliográfica y los anexos en el cual me he basado en este trabajo de fin de grado.



CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 BREVE HISTORIA

Hoy en día son muchas las empresas y fabricantes que compiten para ver quien llega antes en crear un vehículo 100% autónomo. Parece que es una idea novedosa, pero no es así. Ya a finales de siglo XIX, grandes visionarios pronosticaron con la llegada del mismo vehículo, un vehículo totalmente autónomo.

El inicio de dicho sueño es difícil de datar de una forma aproximada, pero lo más cercano fue en la década de 1920, en la ciudad de Milwaukee (EEUU). Una pequeña empresa local, Achen Motor Company, anunció en el periódico *El coche de motor fantasma* [1], un vehículo capaz de arrancar, embragar, girar y tocar el claxon sin necesidad de un ser humano. El experimento en sí consistía en el control del VA mediante otro, que era quien le daba órdenes por medio un sistema de radio, ordenes que recibía a través de un receptor instalado en el coche autónomo.

A raíz de ese momento creció el interés por la conducción autónoma y fueron muchas las empresas que empezaron a mostrar interés en dicho campo.

El mayor cambio se produce en 1939 cuando con motivo de la Exposición Universal, Norman Bel Geddes presentó en la feria de Futurama, la idea de coches eléctricos conducidos de forma autónoma a través de carreteras automáticas [2].

Pero el mayor avance del VA se produce en la década de los 80, por el profesor de nacionalidad alemana y experto en inteligencia artificial Ernst Dickmanns de la University Bundeswehr de Múnich, que lideró la construcción del primer VA moderno, usando una tecnología avanzada que combinaba la visión sacádica (un movimiento rápido del ojo, cabeza u otras partes del cuerpo de animales o dispositivos) con cálculos probabilísticos y computación paralela, permitiendo resolver muchos problemas simultáneamente, y que es el modelo utilizado en los procesadores con múltiples núcleos de hoy en día [3].

En 1987, Dickmanns diseñó una furgoneta Mercedes-Benz con esta tecnología y consiguió con éxito conducir por una autopista sin conductor alcanzando velocidades de 100 km/h sin tráfico. Entrando en los 90 (1994) un Mercedes 500 SEL rebautizado como "VAmP" (figura 1) recorrió más de 1.000 kilómetros en la carretera de circunvalación que rodea la ciudad de París, incluso era capaz de adelantar a otros vehículos y alcanzar velocidades de hasta 130 km/h. Esta serie de experimentos atrajo la atención de la Comisión Europea mostrando su interés en la idea y en la que realizó una gran inversión de 800 millones de euros en lo que se conoció como proyecto "EUREKA Prometheus" para el desarrollo del VA. De nuevo, en 1995 Dickmanns modificó un Mercedes-Benz Clase S para que realizara un viaje entre Munich y Copenhague, con la visión sacádica y computarizada como principales bazas [4].

Este vehículo alcanzó velocidades de hasta 175 km/h en las Autobahn (red de autopistas sin peaje coordinado a nivel nacional en Alemania), donde el 95 % del trayecto, se llevó a cabo de forma totalmente autónoma, solo necesitó una intervención humana con tiempos medios de 9 kilómetros.

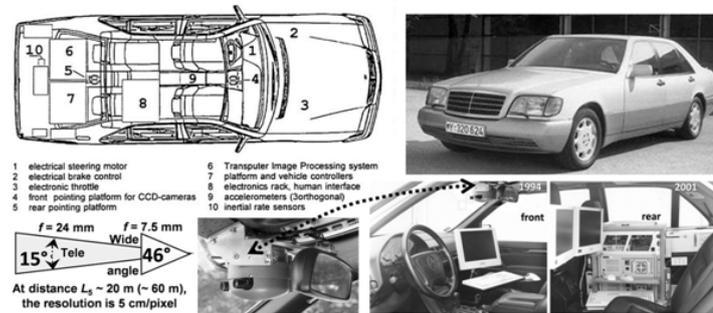


Figura 1: El vehículo experimental sin conductor VaMP

A principios del año 2000, surgió otro principal precursor del VA, la agencia estadounidense ARPA, creadores del DARPA Grand Challenge [5], un campeonato anual de VA que deben llegar desde un punto de los Estados Unidos hasta otro sin intervención humana y disponiendo únicamente de un listado de puntos intermedios entre el principio del circuito y el final.

Ya en la actualidad podemos decir que son muchas las marcas, fabricantes y empresas tecnológicas que están desarrollando el VA, pero es Tesla la que está a la cabeza, con su hardware de conducción asistida Autopilot.

2.2 NIVELES DE AUTONOMIA

La autonomía de un vehículo que conocemos a día de hoy proviene de una escala creada en 2014 por Society of Automotive Engineers (SAE) [6], y aunque un año atrás National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [7] en EEUU creó su propia escala, en 2016 se decidió tomar como estándar la escala creada por la SAE (figura 2). Esta escala se divide en 6 niveles que pasaremos a describir a continuación:

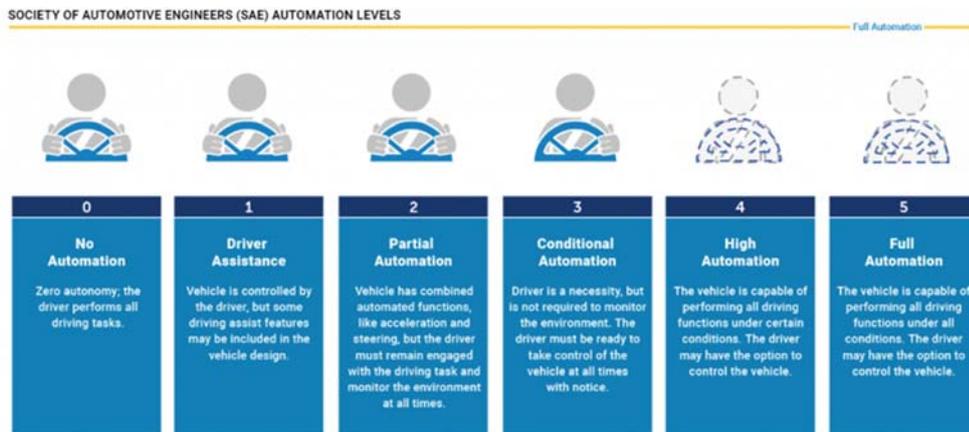


Figura 2: Niveles de autonomía según la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE)



NIVEL 0: PUNTO DE PARTIDA

El nivel 0, es el conductor es quien está a cargo de todas las decisiones del vehículo. Por ello que un vehículo disponga de ESP o el ABS no es síntoma de un nivel superior, ya que no son dispositivos de asistencia automatizada.

NIVEL 1: AUTONOMÍA BÁSICA

En el nivel 1 se encuentran la mayoría de los vehículos que circulan. Como ejemplo de este nivel, tenemos las tecnologías que se aplican como son:

- Alerta cambio involuntario de carril.
- Control de velocidad de crucero.
- Sistema de frenada de emergencia automática (AEB)

NIVEL 2: COCHE SEMIAUTÓNOMO

El nivel 2 es el salto más importante del vehículo ya se consideran semiautónomos. En este nivel el vehículo puede tomar el control en ciertas ocasiones, como ejemplos tenemos:

- Sistema de aparcamiento automático, donde el vehículo es quien controla el volante para estacionarlo.
- Sistema de control adaptativo donde el vehículo es capaz de reducir o aumentar la velocidad en función de la densidad del tráfico.

Los modelos más avanzados de este nivel son Mercedes Clase C, E y S que con su Drive Pilot, hacen que el vehículo no se salga de la calzada, aunque no haya líneas pintadas, solo guiándose por la posición de los vehículos más cercanos, por los guardarraíles, por elementos situados en el borde del asfalto o por señales. El sistema tiene una limitación de hasta los 130km/h.

NIVEL 3: EL COCHE TOMA EL CONTROL

En este nivel los vehículos son capaces de analizar, tomar decisiones y hasta replicar al conductor.

Como ejemplos de este nivel de autonomía tenemos al Honda SENSING Elite [8], la primera tecnología de conducción automatizada de Nivel 3 reconocida por las autoridades japonesas, de acuerdo a los estándares SAE y el Mercedes clase S [9], que contará con radar, cámaras y LIDAR. Cabe destacar que el sistema funcionara en algunas autopistas alemanas y contara con una limitación de velocidad de hasta 60 km/h.



NIVEL 4: ALTA AUTOMATIZACIÓN

El vehículo es capaz de circular y tomar decisiones sin que intervenga el conductor. Eso no significa que el vehículo prescindiera del conductor, todo lo contrario, el conductor responder y asumir el mando en situaciones si existe un obstáculo o una situación imprevista por parte del vehículo.

NIVEL 5: CONDUCCIÓN AUTÓNOMA PLENA

Aquí el vehículo es quien se gobierna así mismo, sin necesidad del ser humano. Ya no es solo capaz de desplazarse de un punto A hacia un punto B, sino también prever todas las situaciones imprevistas que se pueda encontrar en el trayecto.

De momento estamos lejos de alcanzar el nivel 4 y 5 ya que para ello necesitaremos que la comunicación entre vehículos e infraestructuras y una aprobación legislativa.

2.3 PRINCIPALES EMPRESAS QUE ESTAN DESARROLLANDO TECNOLOGÍA AVANZADA DE CONDUCCIÓN AUTONOMA

Para tener una visión global de cuáles son las empresas punteras que están desarrollando la tecnología autónoma tomamos como referencia la publicación de la página web businessinsider [10] donde la firma de investigación Guidehouse Insights ha clasificado a las 10 empresas que están desarrollando hardware computacional para el funcionamiento del software de los VA, que son:

1.- Nvidia [11]: empresa multinacional especializada en el desarrollo de unidades de procesamiento gráfico y tecnologías de circuitos integrados para estaciones de trabajo, ordenadores personales y dispositivos móviles. Es el desarrollador líder de unidades de procesamiento de gráficos (GPU) de alto rendimiento, dicha tecnología se emplea para una serie de aplicaciones como son supercomputadoras y la conducción autónoma.

Para la conducción autónoma (CA) emplean la plataforma Pegasus, diseñada para sistemas automatizados de Nivel 4 y 5 respectivamente, incluida la robotaxis. Utilizando dos GPU Xavier y dos Turing, Pegasus procesa 320 TOPS a una potencia estimada de 400 W. Varias empresas de desarrollo de CA están utilizando Pegasus para realizar pruebas, y su arquitectura podría ser la base de los próximos sistemas informáticos automotrices de Volvo y Daimler.

En la conferencia de desarrolladores de GTC China de 2019, Nvidia anunció el lanzamiento de su procesador Orin, un chip de nueva generación que ofrece casi 7 veces el rendimiento de Xavier. Se espera que los procesadores Orin estén en producción para fines de este presente año 2021.

Las ventajas que destacan el uso de plataformas Nvidia es que todas usan la misma arquitectura y el software para cualquier variación puede escalarse o reducirse según sea necesario para una aplicación en especial.



2.- Intel-Mobileye [12]: Intel en 2017 adquirió Mobileye para afianzarse en el campo de la CA siendo la adquirida una empresa puntera en el desarrollo de la visión artificial para ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) y es una gran potencia en ese tramo del mercado.

De Intel-Mobileye destaca el chip EyeQ4, es un chip de conducción autónoma de cuarta generación dirigido a VA de nivel 3. Este chip ofrece 20% más de potencia.

3.- Qualcomm Technologies [13]: Es una empresa estadounidense en la que destaca los chips de Qualcomm que se usan en aplicaciones de automoción, destacado en sistemas de comunicaciones e información. Pero fue en la feria CES 2020, donde anunció Snapdragon Drive Pilot. Se había creado una nueva generación de procesadores dirigidos más específicamente al mercado de ADAS (aplicaciones de sistemas avanzados de asistencia al conductor) y conducción autónoma. Snapdragon Drive Pilot consiste en dos chips, un procesador de aplicaciones ADAS y el acelerador de conducción autónoma. El procesador de aplicaciones se basa en el procesador 8155 de Qualcomm, que combina núcleos de ARM, GPU y núcleos de motores neuronales. El acelerador consiste en núcleos de motor neural adicionales

4.- Xilinx [14]: Es el mayor suministrador de chips FPGA (matriz de puertas programables en campo). Esta empresa tiene una gran experiencia en el campo de fabricación de silicio para en el sector del automóvil.

5.- Waymo [15]: Hoy en día es una de las empresas punteras en el desarrollo de la tecnología de conducción autónoma. Esta empresa proviene del proyecto de conducción autónoma de Google. Durante estos años, Waymo ha pasado de usar hardware de detección y cálculo estándar, a usar componentes diseñados.

Lo que más destaca de Waymo es que en 2018 fue la primera compañía se llevó a cabo el primer servicio de robotaxis en la zona de Phoenix (EEUU). Este servicio se conoció como Waymo One.

A día de hoy Waymo anuncio un acuerdo con la empresa Volvo para el desarrollo de robotaxis, convenios con UPS para el transporte de mercancías y una unión con Daimler para la fabricación de camiones articulados.

6.- Tesla [16]: es la empresa que más se le asocia en el campo de la VA. Lleva a cabo su la conducción autónoma con su sistema Autopilot que se basa en el uso de un radar de avance, una cámara de visión y 12 sensores ultrasónicos, colocadas alrededor del automóvil, que calculan los elementos que se va encontrando en la trayectoria, midiendo la distancia para que el vehículo cambie de carril de forma segura.

Como curiosidad en 2019, el presidente de la compañía Elon Musk critico el sistema LiDAR diciendo que: “era una tontería y el que confíe en él está condenado”. Pues bien, según la Gonzalo García en la web hibridosyelectricos.com [17], se ha filtrado unas imágenes de un Tesla Model Y con sensor LiDAR.

7.- NXP Semiconductors [18]: Es una de las mayores compañías en fabricación de semiconductores en la industria del automóvil. Los vehículos modernos se nutren de sus microcontroladores. En 2018 nació una unión con la compañía Kalray para usar los chips



de inteligencia artificial de matriz de procesadores paralelos con su chip S32V, con la idea de desarrollar una plataforma informática de sistemas de conducción automatizada

8.- Renesas Electronics Corporation [19]: lo que más destaca esta compañía es la promoción de sus chips R-Car. Estos chips cuentan con un gran potencial dentro de las ADAS. En la actualidad Toyota se nutre de estos chips R-CAR para los sistemas ADAS de sus vehículos.

9.- Apple: aunque se había rumoreado que la empresa estadounidense había cancelado el proyecto del VA, según un artículo de Alejandro González publicado en la web “hibridosyelectricos.com” [20], Apple vuelve a centrarse en la carrera de los coches eléctricos donde se dice que presentará un vehículo en un plazo no mayor de 4 años.

Aun no habiendo confirmación oficial acerca de dicho lanzamiento se conoce el desarrollo de una patente de sensores LiDAR cuyo registro se conoce como “Waveform design for a LiDAR system with closely-spaced pulses” [21], y cuyo registro data el 28 de marzo de 2019 lo que demuestra que Apple lleva tiempo trabajando en el VA

10.- AIomotive [22]: es una empresa de tecnología fundado en 2015 donde desarrolla algoritmos de visión artificial para sistemas de conducción autónoma.

Esta empresa está desarrollando tres ramas de tecnología conectadas a vehículos autónomos:

- aiDrive es una pila de software para conducción automatizada.
- aiSim es un entorno de simulación virtual
- aiWare, una IP de silicio.

2.4 FUTURO

Ante la llegada de la conducción autónoma son muchas las preguntas que nos hacemos, pero la que destaca es cómo influirá la CA a nuestra movilidad y a los atascos. Se prevé que la CA podría reducir los accidentes provocados por las retenciones y aquellos accidentes provocados por el factor humano.

A pesar de que aún existen aspectos legislativos y tecnológicos, vinculados sobre todo con la seguridad, que ralentizan el despegue del vehículo sin conductor, los fabricantes se preparan para un cambio de paradigma en la movilidad que podría producirse, según los más optimistas, a lo largo de la presente década.

Las empresas que están trabajando en automatizar el vehículo buscan asociar su marca mediante la innovación. Como ejemplo de ello tenemos a la empresa de vehículos Hyundai con su vehículo de pila de Hidrogeno (FCEV) que circula por las calles. Otro ejemplo, la empresa Uber está cerca de introducir los taxis voladores.



Actualmente la mayoría de los VA están en torno al nivel 2 y se está viendo como Mercedes clase S y Honda SENSING Elite ya están alcanzado el nivel 3. Pero este Septiembre Valeo [23] presentará en el IAA Mobility 2021 su coche autónomo Valeo Drive4U. Un vehículo que circula por carretera en modo autónomo dentro y fuera de la ciudad de Múnich, capaz de llegar al nivel 4 con sensores Valeo fabricados en serie (LiDARs, cámaras, radares, sensores ultrasónicos, etc.). Este prototipo sabe cómo gestionar las incidencias del tráfico urbano y periurbano. Está dotado de dos nuevas funciones que incrementan la seguridad: la tecnología “Valeo Drive4U Locate” y el sistema Valeo MovePredict.ai. La primera localiza el coche en carretera con una precisión centimétrica (mientras que un GPS estándar llega hasta los 5 metros). Por su parte, el sistema Valeo MovePredict.ai anticipa los movimientos de personas vulnerables alrededor del coche y frena antes de que hayan siquiera iniciado el movimiento.



CAPITULO 3. ROBOTIZACION DEL CLOUD INCUBATOR CAR (CICar)

3.1 ANTECEDENTES

Un vehículo que se pueda conducir de modo autónomo, es un problema bastante complejo, no solo porque conducir implica a saber adaptarse al tipo de carretera, situaciones meteorológicas (sea lluvia, niebla, poca luz debido al amanecer o atardecer) o estilos de conducción ya sea en autopistas o ciudad sino también porque todo lo descrito ha de funcionar en coordinación con otros peatones, conductores u otros elementos impredecibles que pueda aparecer en la carretera.

Antes de abordar el capítulo 4 que es el fin de este TFG para así comprender la electrificación y sus conexiones y elementos, es importante conocer la robotización del vehículo, su sistema de percepción (laser 2D, laser 3D LIDAR, cámara frontal, cámara de vuelo ToF, IMU) y sus sistemas de procesado (PC industrial y CompactRio), así como los cambios mecánicos implementados en el mismo para llevar a cabo la automatización.

En este capítulo tratará de explicar todos y cada uno de los elementos o equipos que contiene el vehículo para así comprender como se lleva a cabo la automatización. En principio abordaremos los cambios mecánicos implantados que se le realizado en el sistema de dirección (volante), freno (pedal), acelerador y sentido de la marcha. Luego se detallará los sistemas de percepción y acabaremos con los sistemas de procesado.

3.2 IMPLEMENTACION MECANICA

Los ensayos y pruebas expuestos en este trabajo de fin de grado se realizaron utilizando un vehículo comercial eléctrico, marca Renault Twizy (Figura 3), cuya arquitectura ha sido modificada para la instalación de equipos cuyos actuadores (sistema volante, freno, acelerador y sentido de marcha) han sido automatizados para permitir una conducción autónoma.



Figura 3. Vehículo comercial, plataforma de investigación sin modificar



El control se lleva a cabo con un PC industrial y controlador embebido CompactRIO de alto rendimiento, módulos de E/S de la Serie C para sintonizar y monitoreo, y software Labview, todo de National Instruments Company.

El sistema de volante y freno se controla mediante 2 Can Driver (uno para cada sistema) tipo EPOS2 70/10 (Figura 4) de la marca Maxon Motor



Figura 4. Can Driver EPOS2 70/10

3.2.1 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Para la robotización del sistema de la dirección se ha realizado montando un conjunto mecánico en paralelo moto-reductor con engranajes, lo que hace rotar el eje de volante de forma directa (Figura 5 (b)).



(a)

(b)

Figura 5. Sistema volante: (a) estado original; (b) modificado

No ha sido necesario desmontar el eje, sino que ha bastado con instalar un engranaje conducido partido en paralelo, que abraza el árbol de dirección.

La implementación de un control de posición y velocidad debe ejecutarse estimando los parámetros a los que está sujeto el sistema. Para ello y como requisito de diseño, hemos establecido que el volante debe girar a una velocidad máxima de 180 grados/segundo (30rpm).

3.2.2 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO

La modificación del sistema freno es también una solución mecánica básica [24]. Consiste en actuar directamente en el empuje del pedal de freno, a través de otro conjunto mecánico moto-reductor con una leva como puede apreciarse en la Figura 6. El desplazamiento de este movimiento es corto, de unos 15° aproximadamente.

El resultado de esta solución mecánica, ha permitido controlar el tiempo de frenado del vehículo para alcanzar posiciones objetivo.

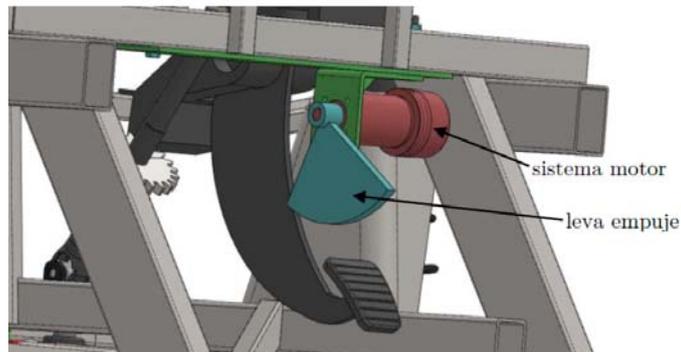


Figura 6. Diseño 3D de la solución adoptada para el freno

El sistema es automatizado por un módulo CAN-DRIVER y un moto-reductor de la marca MAXON [25], como muestra la Figura 7.

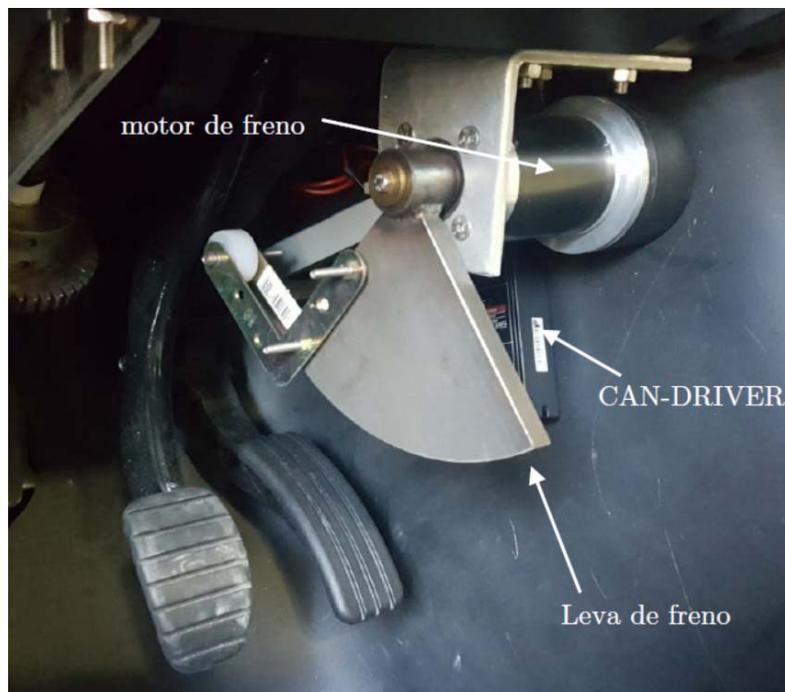


Figura 7. Imagen del sistema automatizado de freno

3.2.3 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA ACELERADOR Y SELECCIÓN SENTIDO DE LA MARCHA

La modificación del sistema acelerador es una solución electrónica [8]. Se ha muestreado los niveles de tensión de funcionamiento con una tarjeta de muestreo y adquisición de datos.

Para la robotización del sentido de marcha, es necesario actuar electrónicamente sobre los pulsadores de dirección de marcha. El vehículo dispone de tres botones de sentido de marcha, hacia adelante (D), hacia atrás (R) y punto neutro o muerto (N). Las señales digitales se generan con un módulo digital de la serie C NI9485, 8 Canales, Relé SSR, 60 VDC/30 Vrms, 750 mA situado en la unidad de control del VA.



Figura 8. Pulsadores sentidos de marcha

3.3. SISTEMA DE PERCEPCIÓN

Para llevar a cabo la automatización del VA Renault Twizy se han utilizado un conjunto de sensores que se han agrupado en dos subsistemas: corto alcance y largo alcance [24]. La Figura 9 muestra una representación 3D del CICar con la ubicación XYZ y su referencia con respecto a un referencial fijo de todos los sensores empleados en el sistema de percepción. La Figura 9b y 9c muestran su orientación y rango de operación real montados sobre el CICar

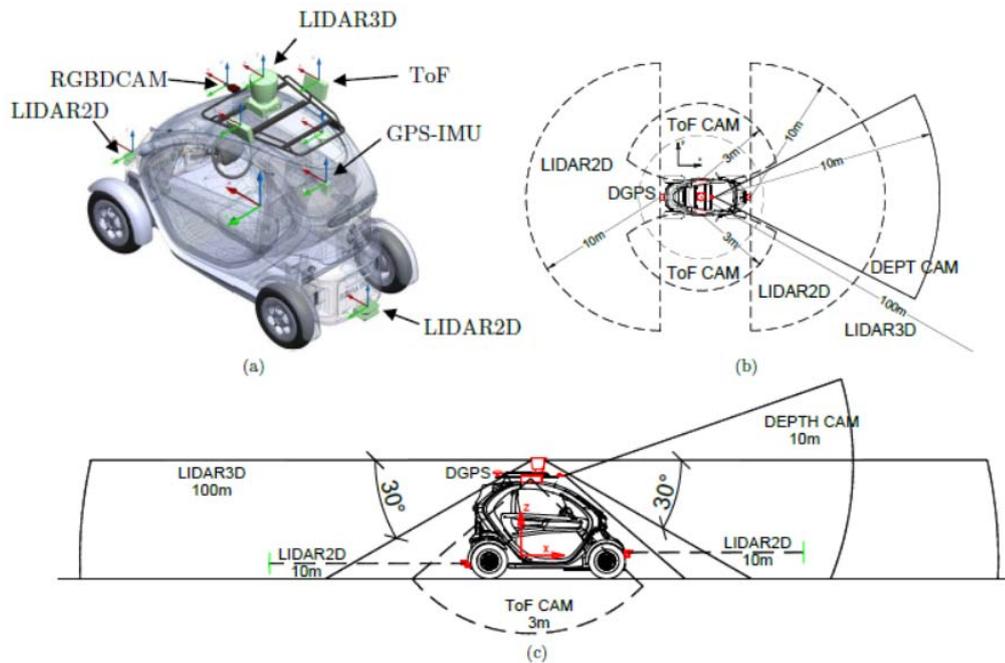


Figura 9. Vista de montaje de sensores

3.3.1 SISTEMA DE PERCEPCIÓN CORTO ALCANCE (SRR)

El objetivo de un sistema de sensores, es recopilar datos del entorno circundante del AV y alimentar esos datos al sistema de control, donde se procesaría y fusionaría para decidir qué debe hacer el AV. Suponiendo que no existe un sensor perfecto, es necesario instalar múltiples sensores en el AV para detectar su entorno. Estos sensores miden diferentes magnitudes físicas, que normalmente se seleccionan para superponerse entre sí, proporcionando la información redundante necesaria para fusionar y correlacionar correctamente la información. Esto es necesario para obtener mejores estimaciones del entorno, ya que fusionar la información recopilada de diferentes sensores ayuda a reducir el número de interpretaciones de los datos medidos en entornos dinámicos y desconocidos. Por lo tanto, la selección de los tipos de sensores y su ubicación son muy importantes.

Esta modificación consiste en instalar una baca metálica, en el techo del vehículo, para soporte de los diferentes sistemas de sensores.



Figura 10 Vista de montaje de sensores

- **SENSORES DE PROFUNDIDAD TOF SENTIS3D-M420KIT**

El sensor TOF Sentic 3D-m420Kit [26], es una cámara de tiempo de vuelo modular, es decir, se basa en un sistema de bloques de construcción que desarrollado para satisfacer una amplia variedad de demandas y aplicaciones



Figura 11. Cámara ToF Sentic3D-M420Kit

- **ESCÁNER LÁSER 2D SICK TIM551**

Los sensores LiDAR 2D [27] (también escáneres láser 2D) Son adecuados para realizar tareas de detección y rango en superficies. Independientemente del ángulo de instalación, los sensores LiDAR 2D de SICK funcionan con una fiabilidad y precisión constantes, y se pueden utilizar tanto en interiores como en exteriores. Para navegación, detección o medición: los sensores LiDAR 2D proporcionan datos de medición confiables para una gran cantidad de tareas.

Más que solo detección de objetos: el sensor TiM551 2D LiDAR es una solución de alcance sin contacto dentro de la serie TiM de SICK. Gracias a su tecnología HDDM, el TiM551 puede monitorear grandes áreas en aplicaciones interiores y exteriores, independientemente de la superficie o la luz ambiental. Encerrado en una carcasa compacta y resistente, el TiM5xx proporciona datos de medición precisos de la superficie escaneada, lo que permite determinar información adicional como el tamaño y la forma de los objetos. El TIM551 es flexible para su uso en una variedad de aplicaciones industriales, así como en la automatización de edificios. La interfaz Ethernet integrada facilita la implementación y el mantenimiento remoto. El TIM551 es una solución eficiente para uso estacionario, así como para uso en vehículos guiados automatizados (AVG) y en otras aplicaciones móviles. El vehículo lleva montado dos unidades, una en la parte frontal y otro en la parte trasera.



Figura 12 (a) SL2D SICK TIM551 Delantero



Figura 12 (b).SL2D SICK TIM551 Trasero

- **CÁMARA DE VISIÓN FRONTAL REALSENSE D435**

La cámara de visión frontal REALSENSE D435 [28] es una solución estéreo que ofrece profundidad de calidad para una variedad de aplicaciones. Su amplio campo de visión es perfecto para aplicaciones como la robótica o la realidad virtual y aumentada, donde ver la mayor cantidad de escena posible es de vital importancia. Su tamaño hace que se puede integrar en cualquier solución con facilidad. Cuenta con un alcance de hasta 10 m.

La combinación de un amplio campo de visión y un sensor de obturador global en la cámara frontal, denominada D435 la convierte en la solución preferida para aplicaciones como la navegación robótica y el reconocimiento de objetos. Los sensores de obturador globales proporcionan una gran sensibilidad con poca luz, lo que permite al vehículo navegar por los espacios con las luces apagadas.

Incorpora el último hardware y software de detección de profundidad de Intel, los empaqueta en productos fáciles de integrar.



Figura 13. Cámara REALSENSE D435



3.3.2 SISTEMA DE PERCEPCIÓN LARGO ALCANCE: LIDAR HDL-64E

Las reconstrucciones realizadas con sensores láser como el LIDAR están siendo utilizadas para resolver problemas en una amplia gama de sectores, que obtienen modelos 3D de ciudades que pueden resolver problemas de tráfico, detectar y prevenir desastres en minas, obtener la topología y cartografía de la tierra para diseñar el crecimiento organizado de las ciudades.

Este sensor de largo rango, LRR, LIDAR HDL-64E [29] está diseñado para la detección de obstáculos y navegación de vehículos terrestres autónomos. Su durabilidad, campo de visión 360° y de muy alta velocidad de datos (Figura 15) hace que este sensor ideal para las aplicaciones exigentes de percepción, así como aplicaciones de captura de datos móviles y cartografía 3D.

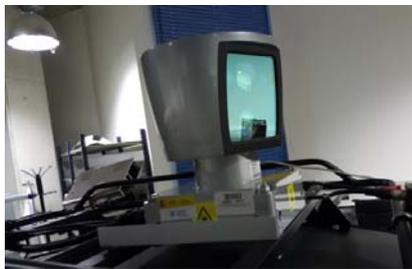


Figura 14. LIDAR HDL-64E Velodyne



Figura 15. Imagen 3D ejemplo LIDAR

3.3.3 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

Los principales sistemas de posicionamiento que están instalados en él VA sería una unidad de medida inercial NAV440CA-202 y una antena GPS 2G15A-XS-1, ambos elementos pasaremos a describirlos a continuación:

- **UNIDAD DE MEDIDAS INERCIALES NAV440CA-202**

La Unidad de Medidas Inerciales (IMU o UMI en español) NAV440CA-202 es un sistema cerrado que combina navegación GPS y sistema de referencia. A través de giroscopios, magnetómetros y acelerómetros, detectan la orientación, localización y movimiento.

Este dispositivo combina el acelerómetro y sensores de velocidad angular (giroscopio) para conocer cómo se está moviendo y su posición.

Este dispositivo mide fuerzas específicas (aceleración inercial-gravedad).

- **ANTENA GPS 2G15A-XS-1**

La antena 2G15A-XS-1[30] utiliza Global Recepción de la señal del sistema de posicionamiento (GPS) en el L1 banda de frecuencia. Esta antena está alojada en una pequeña caja redonda, lo que permite una fácil integración. El robusto recinto puede soportar las duras condiciones ambientales que se ven en aplicaciones militares, aeroespaciales y de otro tipo.



Figura 16. IMU Moog Crossbow NAV440CA-202



Figura 17. Antena GPS 2G15A-XS-1

3.4 SISTEMA DE PROCESADO

Un problema principal en el campo de la conducción autónoma es la incertidumbre del entorno exterior. Otro problema añadido es la cobertura espacial limitada. Se trata de instalar múltiples sensores, con cierta redundancia inherente, que permiten proporcionar la mayor información del entorno para mejorar la inferencia en localización y guiado. El fusionar la información reduce el conjunto de interpretaciones de entornos desconocidos y dinámicos. La información obtenida por estos sensores puede emplearse para aplicaciones como construcción de mapas, detección y monitorización, vigilancia, etc.

3.4.1 COMPACTRIO 9082

El sistema CompactRIO (Figura 18) es un controlador con un procesador y FPGA programable por el usuario se completa con uno o más módulos de E/S acondicionadas. Estos módulos proporcionan conectividad directa a sensores y funciones especiales. Dichos módulos controlan los movimientos del acelerador, los frenos y el volante con el protocolo de comunicación CAN Open, así como las señales de E / S. Está basado en un Intel Core i7 de 1,33 GHz con 2 GB de RAM, un puerto MXI-Express y dos puertos Gigabit Ethernet [31].



3.4.2 PC INDUSTRIAL

PC INDUSTRIAL (Figura 19) utilizado es una computadora embebida sin ventilador de características CORE I7-620M 5 * GBE 2GB RAM HDD [32] de diseño compacto, ampliable con casete de expansión patentado por Neosys. Perfecto para su aplicación con componentes personalizados como CPU, RAM, SSD, HDD, PCIe, etc.



Figura 18. Compact-Rio 908



Figura 19. PC industrial



CAPITULO 4. ELECTRIFICACIÓN Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE CONTROL

4.1. INTRODUCCION

En este capítulo describiremos como se ha llevado a cabo el diseño e implementación del sistema de alimentación eléctrico y de señales de los diferentes dispositivos instalados en el vehículo.

Este TFG se ha enfocado en tres zonas del vehículo en el diseño del sistema eléctrico:

1.- Caja de fusibles: es el origen del suministro eléctrico, a todo el sistema implementado, de 12V y se toma desde una salida de la caja de fusibles que está ubicada en la parte delantera del vehículo. La batería principal, que se encuentra en la parte inferior del vehículo, de 60V en tensión continua [33].

2. Zona delantera del vehículo: en esta zona se instala una caja de conexiones que alimenta a los drivers volante-freno y al scanner láser 2D SICK TIM551 delantero.

3.- Zona trasera del vehículo: en esta zona se ha instalado un armario eléctrico que contiene el PC industrial, CompactRIO, borneros y conectores de LiDAR 3D, 2D SICK TIM551, cámara de profundidad ToF Sentis3D-M420Kit, IMU NAV440CA-202, Antena GPS y la Cámara REALSENSE D435 y fusible.

4.2 ANTECEDENTES

En un principio el suministro eléctrico del hardware del VA se suministraba mediante 2 baterías de 12V, lo que era un problema ya que las baterías se descargaban con mucha frecuencia, por lo que había que recargarlas frecuentemente. El proceso de carga de las baterías requiere tiempo y eso también hay que sumarle el proceso de desmontaje y montaje de las mismas. Para solucionar este problema se optó tomar la energía desde una toma intermedia 12V, desde la batería principal del vehículo (debajo del asiento) de 15kW (20 CV). El proceso de recarga de la batería se realiza con un cable en espiral ubicada en la parte frontal del vehículo. El cable de carga es compatible a una toma domestica de 220V a 10A. Esto hace que el proceso de carga sea sencillo.

- 1) Cable 60v color naranja
- 2) Batería de tracción
- 3) Cárter aerodinámico
- 4) Convertidor
- 5) Cable de 60V de color naranja de conexión entre el convertidor y la batería de tracción
- 6) Barra de refuerzo

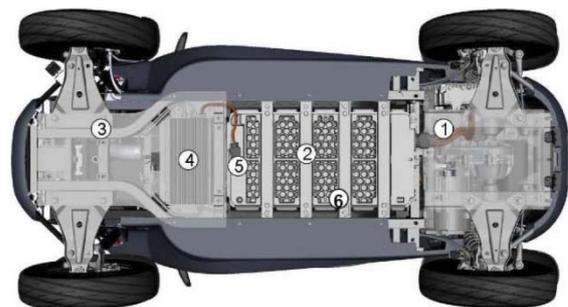


Figura 20. Bajo carrocería del vehículo



CAPITULO 4. ELECTRIFICACIÓN Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE CONTROL

Anteriormente, en la parte trasera del vehículo se instaló una estructura de aluminio (Figura 21) [25], donde se recogía todos los componentes eléctricos y el sistema de procesado. Como prototipo cumplía su función, pero en la práctica, podría suponer un problema, ya que los componentes y el hardware estaban desprotegidos.

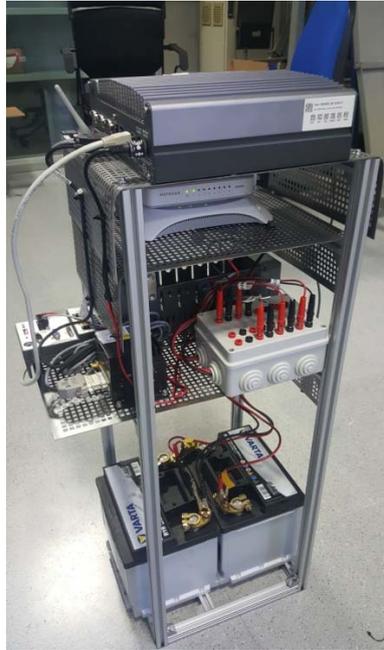


Figura 21. Estructura de Aluminio



Figura 22. Armario Eléctrico

Para dar solución a los posibles problemas, se ha decidido instalar un armario tipo envolvente modular metálico (Figura 22) pensado para que el hardware, dispositivos de cableado, botones de parada de emergencia, bornes, puertos USB, VGA, queden perfectamente recogidos y ordenados.

Esta instalación es sencilla y de amplio espacio para la instalación del cableado y el hardware. El chasis facilita la colocación de los cables y garantiza la protección durante la manipulación.

Las dimensiones de la envolvente modular metálico son 800x300mm con profundidad de 400mm.

4.3 DESCRIPCIÓN DEL ARMARIO ELÉCTRICO

El armario eléctrico (Figura 23) consta de un sistema de procesado, dispositivos electricos como un fusible de 60A y un relé de seguridad, bornes de conexión y cableado. El cableado se distribuye en el interior de en una canaleta de panel ranurada.

Los laterales del armario, se ha provisto de puertos USB, VGA y puertos Ethernet, para conectar las cámaras LIDAR 2D trasero, cámara de profundidad ToF, la cámara frontal



RealSense D435 y el LIDAR 3D, así como una seta de emergencia y el interruptor de encendido.



Figura 23. Componentes eléctricos

Cabe mencionar que el hardware, los bornes, el relé de seguridad y el fusible están fijados sobre una chapa metálica que va atornillada al armario eléctrico. A continuación, se realizará una breve descripción de cada uno de ellos.

- **CANALETA DE PANEL RANURADA**

La función de la canaleta de panel ranurada (Figura 24) no es otra que la de recoger y ordenar todo el cableado que unen a los equipos. Las ventajas que encontramos en estas canaletas son:

- ✓ Sus bordes lisos evitan daños en el aislamiento del cable, además de lesiones en las manos y dedos.
- ✓ Las pestañas se pueden quitar rápida y fácilmente sin dejar bordes afilados, doblando manualmente la pestaña por la muesca.
- ✓ Las tapas son fáciles de montar y quitar, se mantienen con seguridad incluso en una posición vertical y bajo vibraciones.



Figura 24. Canaleta de panel ranurada



- **FUSIBLE CLASE G 60A**

Este dispositivo eléctrico (Figura 25) tiene como fin proteger a la instalación y sus equipos de una posible corriente excesiva que se pueda producir durante el funcionamiento. Son fusibles limitadores de corriente con capacidades de interrupción de 10KA-RMS (valor eficaz) simétricos. Su máxima de tensión de operación es de 300V-DC. Con intensidades nominales hasta los 60A. Son no recambiables, para ser fijados en porta fusibles.

Como se muestra en la Tabla 1, la suma de la intensidad de todos los equipos es de 50.21 A, por lo que se opta a seleccionar un fusible de 60 A.

EQUIPOS	INTENSIDAD(A)
CAMARA PROFUNDIDAD ToF	15
LASER 2D SICK TIM5xx	0,67
LASER 3D VELODYNE	5
REALSENSE 435	0,29
IMU NAV440	0,33
PC industrial NUVO 1300	5,17
NI CompactRIO	6,25
MOTOR MAXON VOLANTE	8,33
DRIVER MAXON VOLANTE	0,42
MOTOR MAXON FRENO	8,33
DRIVER MAXON FRENO	0,42
TOTAL	50,21

TABLA 1: Consumo de intensidad de los equipos



- **RELÉ DE SEGURIDAD**

La misión del relé de seguridad (Figura 26) es un elemento de protección de los equipos instalados.

Al activar el interruptor general del armario el relé se activa, dando servicio eléctrico a los equipos integrados dentro del armario y a los sensores instalados en el vehículo.



Figura 25. Fusible clase G 60A



Figura 26. Relé de Seguridad

- **BORNES DE CONEXIÓN**

Los bornes de conexión (Figura 27) son componentes y sistemas cuya función principal es garantizar la seguridad y asegurar las conexiones del conductor eléctrico y mecánico. En los bornes de conexión diferenciamos dos partes, las conexiones correspondientes a la alimentación y a las señales

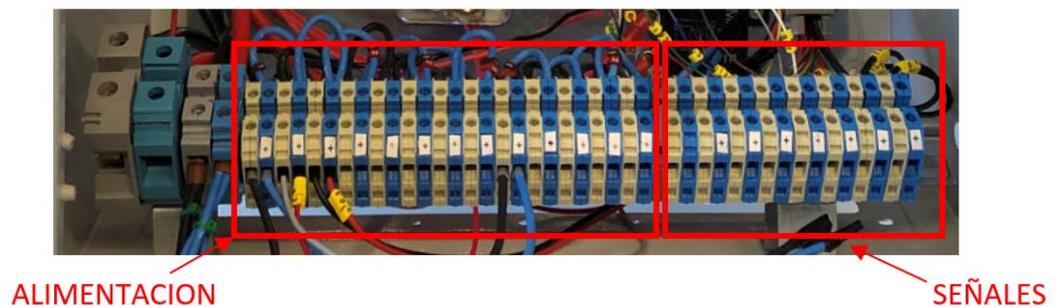


Figura 27. Bornero de conexión



4.4 NUMERACIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS DEL VEHÍCULO

Para entender el esquema unifilar en sí, se ha enumerado los cables para identificar cada uno de las conexiones que conforman la instalación, siendo las que empiezan con 2XX la correspondiente a la alimentación de los equipos y las que empiezan por 3XX las correspondientes a las señales. Ambas numeraciones quedan reflejadas en las siguientes tablas:

DESCRIPCIÓN	NUMERACIÓN
PULSADOR DE EMERGENCIA	201
PC INDUSTRIAL	202
COMPACTRIO	203
ALIMENTACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS SITUADO EN LA PARTE FRONTAL	204
CÁMARA DE PROFUNDIDAD TOF IZQUIERDO	205
CÁMARA DE PROFUNDIDAD TOF DERECHO	206
LIDAR 3D	207
IMU	208
LIDAR 2D TRASERO	209
DRIVER VOLANTE	210
DRIVER FRENO	211
LIDAR 2D DELANTERO	212

TABLA 2: Alimentación eléctrica del VA

Al igual que la alimentación y las señales, los cables Ethernet y los USB tendrán una numeración identificativa.

NUMERACIÓN	DESCRIPCION
301, 302, 303	Modulo CANOPEN control de freno y volante
304, 305, 306	Modulo Digital: Control sentido de la marcha
307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314	Modulo Analógico: Control acelerado

TABLA 3: Señales del VA

Para una mejor comprensión de esta numeración, se aporta tres planos de esquema unifilar en el anexo.



4.5 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS SECCIÓN DE LINEAS ALIMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS

El objeto de este capítulo es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.

4.5.1 LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20460-5-523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- UNE 20434: Sistema de designación de cables.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-HD 60364-4-43: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobrecargas.

4.5.2 POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por los equipos será:

EQUIPOS	POTENCIA(W)	UNIDADES	P.TOTAL (W)
CAMARA PROFUNDIDAD TOF	90	2	180
LASER 2D SICK TIM511	4	2	8
LASER 3D VELODYNE	60	1	60
REALSENSE D435	3,5	1	3,5
IMU NAV440	4	1	4
PC INDUSTRIAL NUVO 1300	62	1	62
NI COMPACTRIO	75	1	75
MOTOR MAXON VOLANTE	100	1	100
DRIVER MAXON VOLANTE	5	1	5
MOTOR MAXON FRENO	100	1	100
DRIVER MAXON FRENO	5	1	5



CAPITULO 4. ELECTRIFICACIÓN Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE CONTROL

Dadas las características de los equipos y los consumos previstos, se tiene la siguiente suma total de receptores:

	P Instalada (kW)	P Demandada (kW)
Equipos	0.602	0.602

4.5.3 CRITERIOS APLICADOS Y BASES DE CÁLCULO

Para el cálculo de la sección de la línea se ha considerado la tensión nominal de 12 V DC se ha usado las siguientes formulas:

- **INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE (POTENCIA MAXIMA ADMISIBLE)**

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f * \cos \varphi} \quad \text{Ec. 1}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- I_n : Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- U_f : Tensión simple en V
- U_l : Tensión compuesta en V
- $\cos(\varphi)$: Factor de potencia

- **CAÍDA DE TENSIÓN**

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos.

Para el de caída de tensión las fórmulas empleadas son las siguientes:

$$\Delta U = R * I * \cos + X * I * \text{sen} \quad \text{Ec. 2}$$



Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta U_1 = 2 \Delta U \quad \text{Ec. 3}$$

Con:

- I: Intensidad calculada (A)
- R: Resistencia de la línea (Ω), ver apartado (A)
- X: Reactancia de la línea (Ω), ver apartado (C)
- φ : Ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga

A) RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

Si tenemos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tcc} (1 + Y_s + Y_p) \quad \text{Ec. 4}$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} [1 + \alpha (\theta - 20)] \quad \text{Ec. 5}$$

$$R_{20cc} = \rho_{20} L / S \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

- R_{tcc} : Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura θ (Ω)
- R_{20cc} : Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (Ω)
- Y_s : Incremento de la resistencia debido al efecto piel;
- Y_p : Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad;
- α : Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en $^\circ\text{C}^{-1}$
- θ : Temperatura máxima en servicio prevista en el cable ($^\circ\text{C}$), ver apartado (B)
- ρ_{20} : Resistividad del conductor a 20°C ($\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$)
- S: Sección del conductor (mm^2)
- L: Longitud de la línea (m)



B) TEMPERATURA ESTIMADA EN EL CONDUCTOR

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T_0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{\text{máx}} - T_0) * (I / I_{\text{máx}})^2 \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- T : Temperatura real estimada en el conductor ($^{\circ}\text{C}$)
- $T_{\text{máx}}$: Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento ($^{\circ}\text{C}$)
- T_0 : Temperatura ambiente del conductor ($^{\circ}\text{C}$)
- I : Intensidad prevista para el conductor (A)
- $I_{\text{máx}}$: Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (A)

C) REACTANCIA DEL CABLE (Según el criterio de la Guía-BT-Anexo 2)

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección (S)	Reactancia inductiva (X)
120 mm ²	0
150 mm ²	0.15 R
185 mm ²	0.20 R
240 mm ²	0.25 R

Para secciones menores de o iguales a 120 mm², la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.



• **CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO**

El método utilizado para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, según el apartado 2.3 de la norma UNE-EN 60909-0, está basado en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de cortocircuito. La fuente de tensión equivalente es la única tensión activa del sistema. Todas las redes de alimentación y máquinas síncronas y asíncronas son reemplazadas por sus impedancias internas.

En sistemas trifásicos de corriente alterna, el cálculo de los valores de las corrientes resultantes en cortocircuitos equilibrados y desequilibrados se simplifica por la utilización de las componentes simétricas.

Utilizando este método, las corrientes en cada conductor de fase se determinan por la superposición de las corrientes de los tres sistemas de componentes simétricas:

- Corriente de secuencia directa I(1)
- Corriente de secuencia inversa I(2)
- Corriente homopolar I(0)

Se evaluarán las corrientes de cortocircuito, tanto máximas como mínimas, en los puntos de la instalación donde se ubican las protecciones eléctricas.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, el sistema puede ser convertido por reducción de redes en una impedancia de cortocircuito equivalente Z_k en el punto de defecto.

Se tratan los siguientes tipos de cortocircuito:

- Cortocircuito bifásico;
- Cortocircuito bifásico a tierra;
- Cortocircuito monofásico a tierra.

La corriente de cortocircuito simétrica inicial $I''_k = I''_{k3}$ teniendo en cuenta la fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I''_k = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_k} \tag{Ec.8}$$

Siendo:

- c: Factor c de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0
- U_n : Tensión nominal fase-fase V
- Z_k : Impedancia de cortocircuito equivalente $m\Omega$



• **CORTOCIRCUITO BIFÁSICO (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.2)**

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

$$I''_{k2} = \frac{c * U_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{c * U_n}{2 * |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} * I''_{k3} \quad \text{Ec.9}$$

Durante la fase inicial del cortocircuito, la impedancia de secuencia inversa es aproximadamente igual a la impedancia de secuencia directa, independientemente de si el cortocircuito se produce en un punto próximo o alejado de un alternador. Por lo tanto, en la ecuación anterior es posible introducir $Z_{(2)} = Z_{(1)}$.

4.5.4 CÁLCULOS

• **SECCIÓN DE LAS LÍNEAS**

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

Caída de tensión:

- 3%: para circuitos.

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

LÍNEA DE CONEXIÓN

	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Sección	I _z (A)	I _B (A)	c.d.t (%)
ALIMENTACION	P+N	0.60	1.00	10.00	2x2.5	65.30	47.92	96.41

- I_B se aplica la ecuación 1.
- I_z, el valor sale de catálogos comerciales del fabricante
- c.d.t se aplica la ecuación 2.

CÁLCULOS DE FACTORES DE CORRECCIÓN POR CANALIZACIÓN

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

	Factor de corrección			
	Temperatura	Resistividad térmica	Profundidad	Agrupamiento
ALIMENTACION	0.91	-	-	1.00



DISPOSITIVOS

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Sección	I _z (A)	I _B (A)	c.d.t (%)
Cámara Profundidad ToF 1	P+N	0.09	1.00	20.00	2x1.5	15.23	7.50	33.87
Cámara Profundidad ToF 2	P+N	0.09	1.00	20.00	2x1.5	15.23	7.50	33.87
Láser 2D SICK 1 TIM551	P+N	0.01	1.00	20.00	2x1.5	15.23	0.83	3.67
Láser 2D SICK 2 TIM551	P+N	0.01	1.00	20.00	2x1.5	15.23	0.83	3.67
Láser 3D	P+N	0.06	1.00	20.00	2x1.5	15.23	5.00	22.26
Cámara Realsense	P+N	0.01	1.00	20.00	2x1.5	15.23	0.83	3.67
IMU NAV 440	P+N	0.01	1.00	20.00	2x1.5	15.23	0.83	3.67
PC Industrial	P+N	0.07	1.00	20.00	2x1.5	15.23	6.25	28.00
Motor 1 MAXON	P+N	0.10	1.00	20.00	2x1.5	15.23	8.33	37.86
Driver Motor 1 MAXON	P+N	0.01	1.00	20.00	2x1.5	15.23	0.83	3.67
Motor 2 MAXON	P+N	0.10	1.00	20.00	2x1.5	15.23	8.33	37.86
Driver Motor 2 MAXON	P+N	0.01	1.00	20.00	2x1.5	15.23	0.83	3.67

- I_B se aplica la ecuación 1.
- I_z, el valor sale de catálogos comerciales del fabricante
- c.d.t se aplica la ecuación 2.



CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo de fin de grado, se han abordado aspectos clave relacionados con el diseño de conexionado de señales y cálculo eléctrico de los dispositivos y sensores implementados en el VA Cloud Incubator Car de la UPCT, habiéndose prestado una especial atención al estudio de soluciones que garanticen el correcto funcionamiento eléctrico.

Seleccionar los cables correctamente, para la instalación eléctrica de los dispositivos y sensores, es muy importante para asegurar un buen funcionamiento de los mismos, pero sobre todo para garantizar la seguridad de la instalación.

A continuación, se describirán las conclusiones del presente trabajo y algunos de los posibles trabajos futuros que pueden continuar desarrollándose como resultado de la investigación.

5.1. CONCLUSIONES

Teniendo en consideración este trabajo de fin de grado, las conclusiones obtenidas tras la resolución son las siguientes:

- Se ha llevado a cabo una revisión del estado actual de la tecnología asociada a los vehículos autónomos, así como se ha realizado un seguimiento de los desarrollos de investigación de diferentes empresas y alianzas asociadas con la conducción autónomo.
- Se ha realizado un estudio en profundidad y documentado la implementación mecánica donde se muestra las modificaciones del sistema de dirección, frenado, acelerador y sentido de la marcha.
- Se ha documentado también cada uno de los sistemas que integran el VA de la UPCT, particularmente, el sistema de percepción y sistemas de procesado sirviendo de base para el capítulo 4, electrificación y cálculo del sistema de control.
- Se ha realizado un nuevo diseño de la electrificación del vehículo autónomo de la UPCT (CICar) como es (1) la instalación de un armario eléctrico donde recogen el sistema de procesado, los elementos eléctricos y de protección; (2) se ha enumerado los elementos eléctricos para una mejor localización visual de los mismos; (3) se muestran cálculos justificativos de la sección de la línea principal y de la alimentación de los equipos.
- Se ha modificado la electrificación original del VA, añadiendo los elementos, cableado de señal, cuadro eléctrico, protección, conexión a batería.



- Se ha desarrollado los esquemáticos unifilares y planos detallados de la nueva instalación eléctrica y de señales de sensores-actuadores. Esta documentación permitirá la identificación de cualquier elemento del VA.
- Como última conclusión, se ha llevado a cabo todos los objetivos planteados en la propuesta del trabajo final grado, logrando tener una documentación detallada de todos los sistemas de percepción, sistema de procesamiento y sistema electromecánico.

5.1. TRABAJOS FUTUROS

A partir del trabajo realizado, lo que se pretende es:

- Realizar la robotización del vehículo 100% eléctrico Renault Zoé que el grupo investigación posee en el laboratorio ELDI. Para ello, se seguirán las pautas de diseño eléctrico relatadas en este trabajo fin grado. Las tareas de robotización incluirían:
 1. Instalación de sistema de percepción
 2. Modificación del sistema de gobierno, intentado aprovechar la dirección asistida del Renault Zoé.
 3. Instalación del bus CAN para comunicaciones
 4. Electrificación. Adaptación de señales de potencia para sensores, sistemas de protección
 5. Añadir sistemas de seguridad (botón o seta de pánico).
- Realizar un sistema de seguridad para el VA Renault Twizy, el sistema estará formado por una serie de elementos hardware-software.
- Desarrollar sistema de mantenimiento predictivo para el VA basado en gafas de realidad aumentada (tipo Google-Glass). El sistema integrará toda la información CAD desarrollada durante el TFG para llevar un mantenimiento detallado sobre cualquier fallo de los sistemas principales y auxiliares del VA.

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- [1] Pablo G. Bejerano, “Historia de los coches autónomos: esa gran desconocida.” <https://blogthinkbig.com/historia-de-los-coches-autonomos> (accessed Aug. 18, 2021).
- [2] Pablo G. Bejerano, “Futurama o cómo se veía el futuro en 1939.” https://www.eldiario.es/tecnologia/diario-turing/futurama-1939_1_4894686.html (accessed Aug. 18, 2021).
- [3] DANIEL MURIAS, “El primer coche autónomo fue esta furgoneta Mercedes-Benz, creada en 1986 por el ingeniero Ernst Dickmanns.” <https://www.motorpasion.com/tecnologia/primer-coche-autonomo-fue-esta-furgoneta-mercedes-benz-creada-1986-ingeniero-ernst-dickamns> (accessed Aug. 18, 2021).
- [4] C. G. Oliva, “Esta es la historia del coche autónomo ¿Es tan nuevo?” <https://www.autonocion.com/historia-coche-autonomo/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [5] “DARPA Grand Challenge - Wikipedia, la enciclopedia libre.” https://es.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge (accessed Aug. 18, 2021).
- [6] “SAE Internacional.” <https://www.sae.org/standards/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [7] “Política federal de vehículos automatizados - Septiembre de 2016 | Departamento de Transporte de EE. UU.” <https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016> (accessed Aug. 18, 2021).
- [8] DAVID GALÁN, “Honda adelanta a Mercedes y se convierte en la primera marca con un coche de conducción autónoma nivel 3.” <https://www.motorpasion.com/tecnologia/honda-adelanta-a-mercedes-se-convierte-primer-marca-coche-conduccion-autonoma-nivel-3> (accessed Aug. 18, 2021).
- [9] D. MURIAS, “El Mercedes Clase S avanza hacia la conducción autónoma: ya aparca sin conductor y permite soltar el volante en autopista.” <https://www.motorpasion.com/mercedes/mercedes-clase-s-avanza-conduccion-autonoma-aparca-conductor-se-puede-soltar-volante-autopista> (accessed Aug. 18, 2021).
- [10] Mark Matousek, “Ranking: de Tesla a Apple, las empresas más avanzadas en conducción autónoma | Business Insider España.” <https://www.businessinsider.es/ranking-tesla-apple-empresas-avanzadas-conduccion-autonoma-663649> (accessed Aug. 18, 2021).
- [11] “Plataforma de desarrollo de vehículos autónomos NVIDIA DRIVE AGX.” <https://www.nvidia.com/es-es/self-driving-cars/drive-platform/> (accessed Aug. 18, 2021).



- [12] “Mobileye | Autonomous Driving & ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).” <https://www.mobileye.com/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [13] “Wireless Technology & Innovation | Mobile Technology | Qualcomm.” <https://www.qualcomm.com/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [14] “Xilinx - Adaptable. Inteligente.” <https://www.xilinx.com/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [15] Miguel Ángel Moreno, “Waymo, la filial de coches autónomos de Google, levanta 2.500 millones | Business Insider España.” <https://www.businessinsider.es/waymo-filial-coches-autonomos-google-levanta-2500-millones-884273> (accessed Aug. 18, 2021).
- [16] DIEGO GUTIÉRREZ, “Así son los ‘ojos’ del Autopilot de Tesla: un radar, 8 cámaras y 12 sensores ultrasónicos - Tecnología - Híbridos y Eléctricos | Coches eléctricos, híbridos enchufables.” <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/camaras-sensores-tesla-autopilot-radar/20191113191801031482.html> (accessed Aug. 18, 2021).
- [17] GONZALO GARCÍA, “¿Elon Musk cambia de opinión? Un Tesla Model Y con un sensor LiDAR levanta la polémica - Tecnología - Híbridos y Eléctricos | Coches eléctricos, híbridos enchufables.” <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/tesla-modely-sensor-lidar-polemica-musk-cambia-opinion/20210526182214045464.html> (accessed Aug. 18, 2021).
- [18] “NXP® Semiconductors Official Site | Home.” <https://www.nxp.com/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [19] “Renesas Electronics Corporation.” <https://www.renesas.com/eu/en> (accessed Aug. 18, 2021).
- [20] ALEJANDRO GONZÁLEZ, “Apple presentará su coche eléctrico durante 2021 y llegará antes de lo esperado - Actualidad - Híbridos y Eléctricos | Coches eléctricos, híbridos enchufables.” <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/coche-electrico-apple-ahora-finales-2021/20201221133955041044.html> (accessed Aug. 18, 2021).
- [21] A. GONZÁLEZ, “Sale a la luz una patente de Apple sobre sensores LiDAR de conducción autónoma para su coche eléctrico - Actualidad - Híbridos y Eléctricos | Coches eléctricos, híbridos enchufables.” <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/sale-luz-patente-apple-sensores-lidar-coche-electrico-autonomo/20210326143922043720.html> (accessed Aug. 18, 2021).
- [22] “AImotive.” <https://aimotive.com/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [23] B. DÍAZ, “Valeo ya tiene listo el Nivel 4 de conducción autónoma.”



- <https://www.caranddriver.com/es/movilidad/a37152011/valeo-conduccion-autonoma/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [24] R. Borraz, P. J. Navarro, C. Fernández, and P. M. Alcover, “Cloud Incubator Car: A reliable platform for autonomous driving,” *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 2, 2018, doi: 10.3390/app8020303.
- [25] P. J. Navarro, C. Fernández, R. Borraz, and D. Alonso, “A machine learning approach to pedestrian detection for autonomous vehicles using high-definition 3D range data,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 1, 2017, doi: 10.3390/s17010018.
- [26] “Sentis3D - M420 | BECOM.” <https://www.becom-group.com/en/becom-systems/3d-time-of-flight-cameras/sentis3d-cameras/sentis3d-m420/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [27] “Portafolio de productos | ENFERMO.” <https://www.sick.com/es/en/c/products> (accessed Aug. 18, 2021).
- [28] “Tecnología Intel® RealSense™.” <https://www.intel.es/content/www/es/es/architecture-and-technology/realsense-overview.html> (accessed Aug. 18, 2021).
- [29] “Smart Powerful Lidar Solutions | Velodyne Lidar.” <https://velodynelidar.com/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [30] “Antenas GPS y GNSS | Excelencia en productos de antenas y microondas.” <https://antcom.com/products/gps-and-gnss-antennas> (accessed Aug. 18, 2021).
- [31] “Engineer Ambitiously - NI.” <https://www.ni.com/es-es.html> (accessed Aug. 18, 2021).
- [32] “Fanless In-Vehicle Computer - Neousys Technology.” <https://www.neousys-tech.com/en/discover/fanless-in-vehicle-pc> (accessed Aug. 18, 2021).
- [33] J. S. M. Hernández, “Renault Twizy - Pequeño, urbano y rápido,” *Cesvimap*, pp. 20–24, 2014, [Online]. Available: <http://www.appcesvimap.com/revista/revista88/pdfs/sobreruedas.pdf>.



ANEXO: PLANOS

INDICE DE PLANOS:

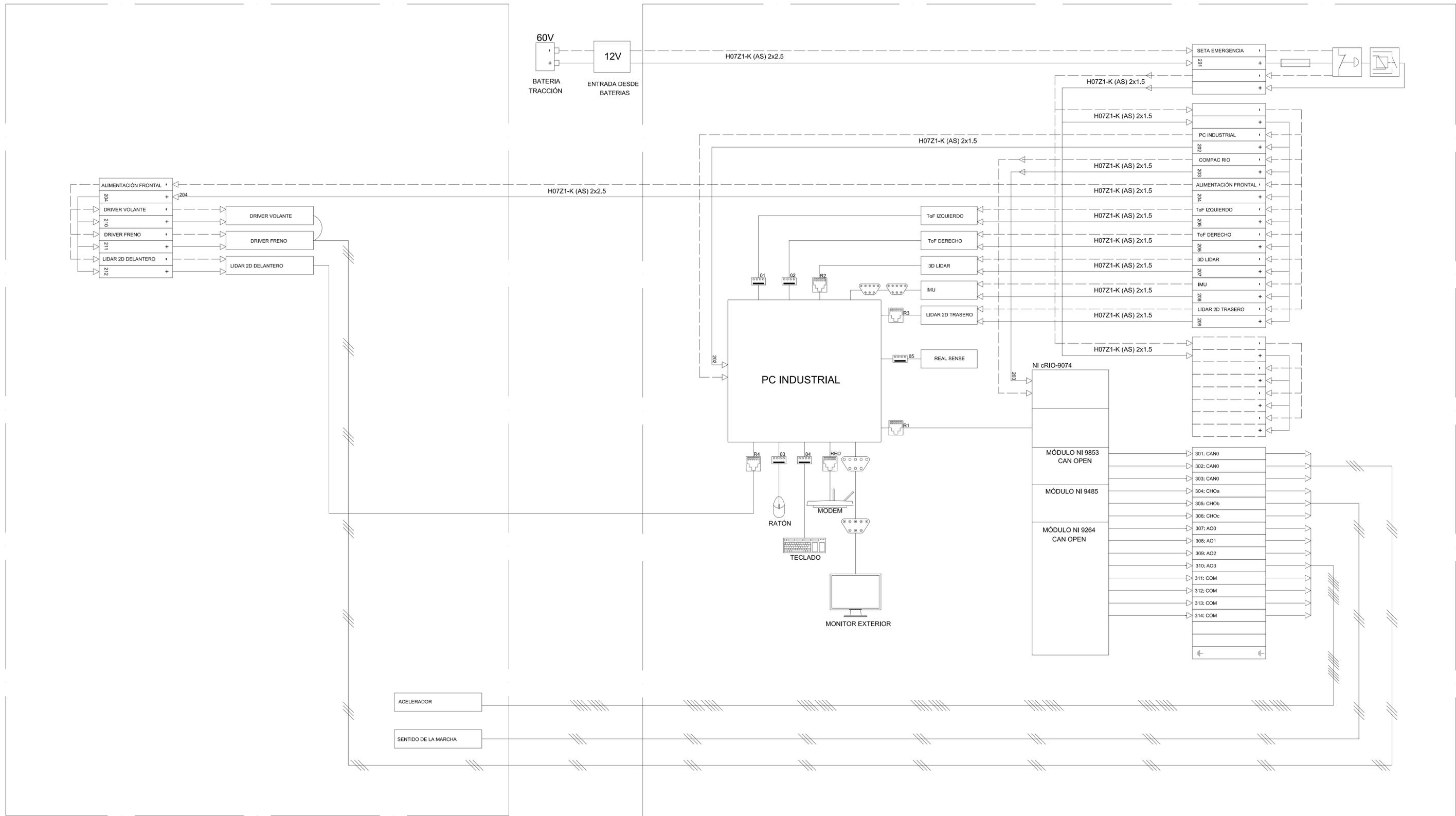
01 ESQUEMA GENERAL INSTALACIONES VA

02 ESQUEMA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA VA

03 ESQUEMA SEÑALES VA

PARTE FRONTAL

ARMARIO ENVOLVENTE



NOMENCLATURA			
	SETA DE EMERGENCIA		PUERTO ETHERNET MODEM
	RELÉ		PUERTO USB ToF IZQUIERDO
	BORNAS		PUERTO USB ToF DERECHO
	BORNA DE RESERVA		PUERTO USB RATÓN
	FUSIBLE		PUERTO USB TECLADO
	PUERTO ETHERNET COMPACTRIO		PUERTO USB REALSENSE
	PUERTO ETHERNET 3DLIDAR		VGA MACHO-MACHO IMU
	PUERTO ETHERNET 2DLIDAR TRASERO		VGA HEMBRA-MACHO MONITOR EXTERIOR
	PUERTO ETHERNET 2DLIDAR DELANTERO		BATERIA ORIGINAL DE VEHICULO

ESTUDIO, CÁLCULO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN VEHICULO AUTÓNOMO

PLANO:
ESQUEMA GENERAL INTALACIONES
VEHICULO AUTONOMO

ESCALA
S/E
PLANO N°
01

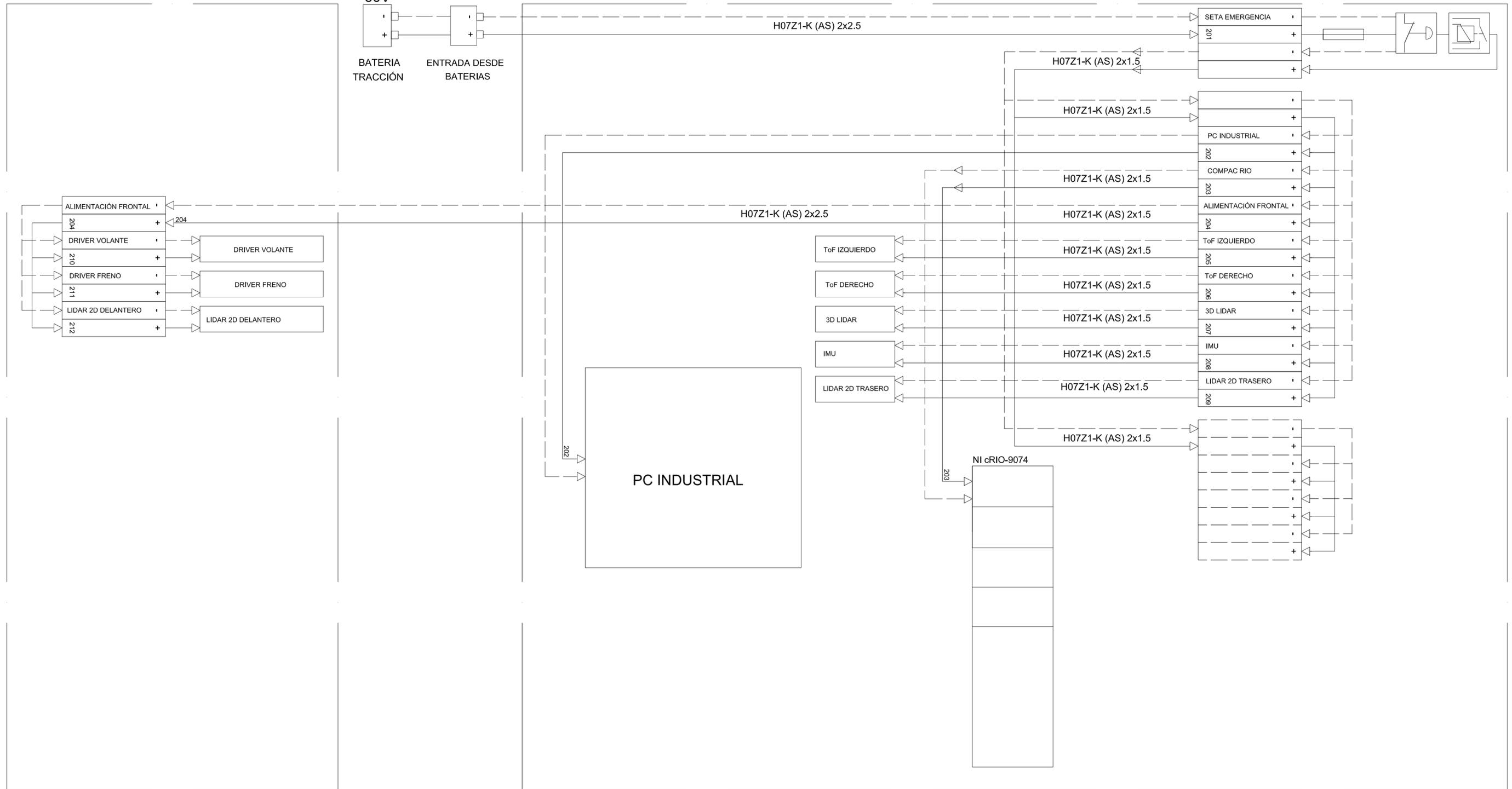
DAVID BORRAZ MORON

GRADUADO INGENIERO INDUSTRIAL

PARTE FRONTAL

60V

ARMARIO ENVOLVENTE



NOMENCLATURA

	SETA DE EMERGENCIA		PUERTO ETHERNET MODEM
	RELÉ		PUERTO USB ToF IZQUIERDO
	BORNAS		PUERTO USB ToF DERECHO
	BORNA DE RESERVA		PUERTO USB RATÓN
	FUSIBLE		PUERTO USB TECLADO
	PUERTO ETHERNET COMPACTRIO		PUERTO USB REALSENSE
	PUERTO ETHERNET 3DLIDAR		PUERTO VGA HEMBRA IMU
	PUERTO ETHERNET 2DLIDAR TRASERO		PUERTO VGA MACHO MONITOR EXTERIOR
	PUERTO THERNET 2DLIDAR DELANTERO		BATERIA ORIGINAL DE VEHICULO

ESTUDIO, CÁLCULO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN VEHICULO AUTÓNOMO

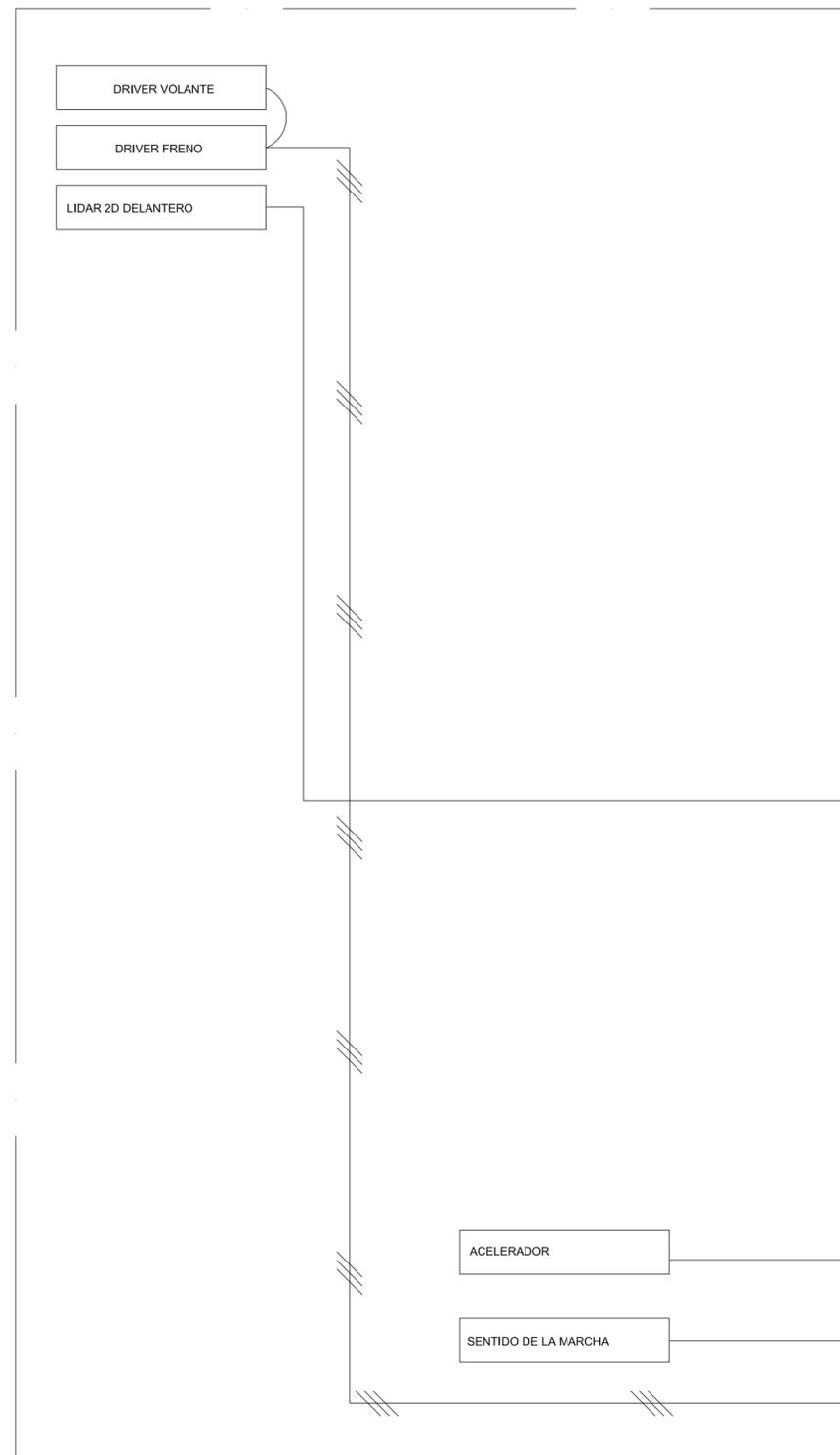
PLANO:
ESQUEMA ALIMENTACIÓN
ELÉCTRICA VEHICULO AUTONOMO

ESCALA
S/E
PLANO N°
02

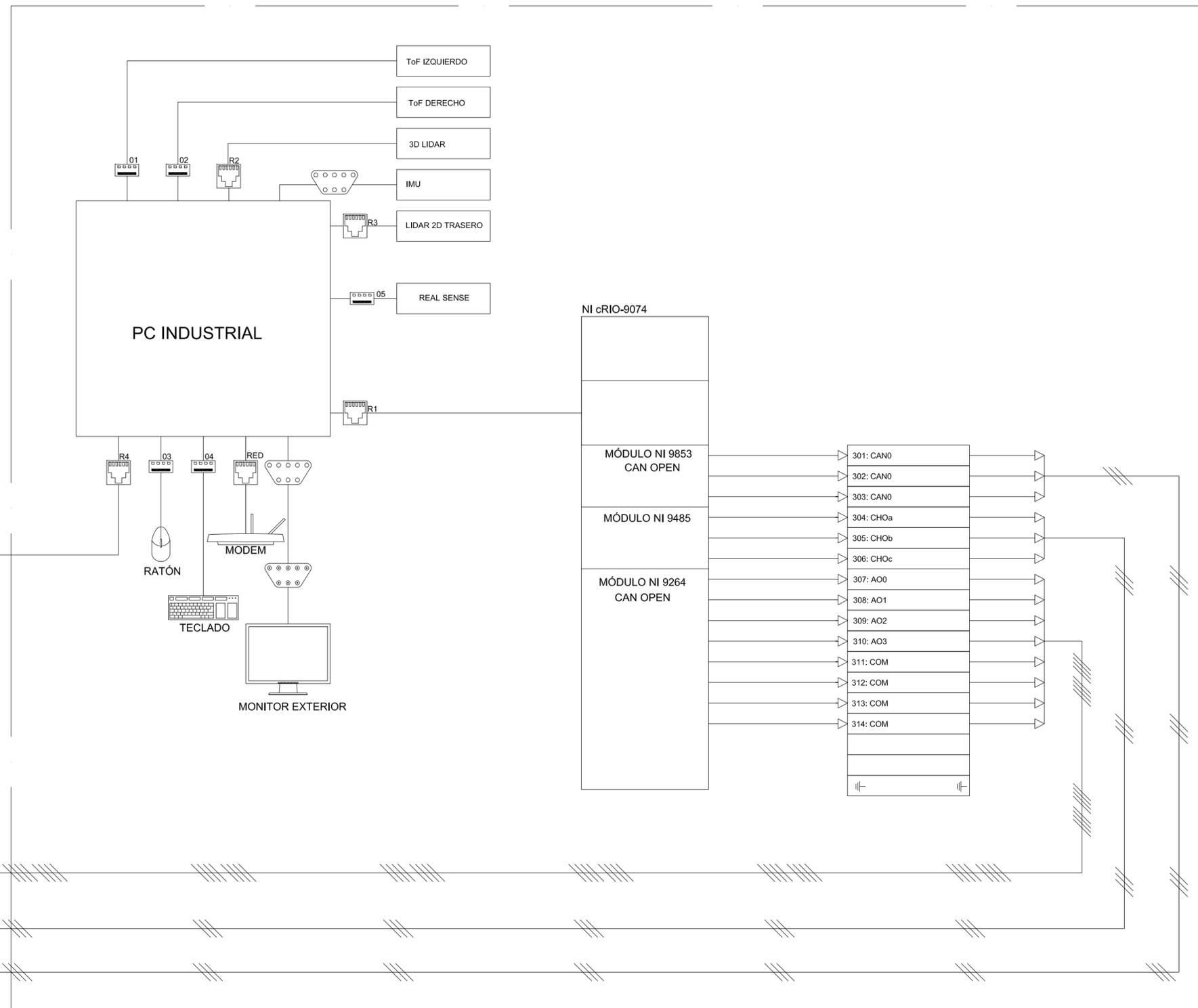
DAVID BORRAZ MORON

GRADUADO INGENIERO INDUSTRIAL

PARTE FRONTAL



ARMARIO ENVOLVENTE



NOMENCLATURA	
	SETA DE EMERGENCIA
	RELÉ
	BORNAS
	BORNA DE RESERVA
	FUSIBLE
	PUERTO ETHERNET COMPACTRIO
	PUERTO ETHERNET 3DLIDAR
	PUERTO ETHERNET 2DLIDAR TRASERO
	PUERTO THERNET 2DLIDAR DELANTERO
	PUERTO ETHERNET MODEM
	PUERTO USB ToF IZQUIERDO
	PUERTO USB ToF DERECHO
	PUERTO USB RATÓN
	PUERTO USB TECLADO
	PUERTO USB REALSENSE
	PUERTO VGA HEMBRA IMU
	PUERTO VGA MACHO MONITOR EXTERIOR
	BATERIA ORIGINAL DE VEHÍCULO

ESTUDIO, CÁLCULO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN VEHÍCULO AUTÓNOMO

PLANO:
ESQUEMA SEÑALES
VEHICULO AUTONOMO

ESCALA
S/E
PLANO N°
03

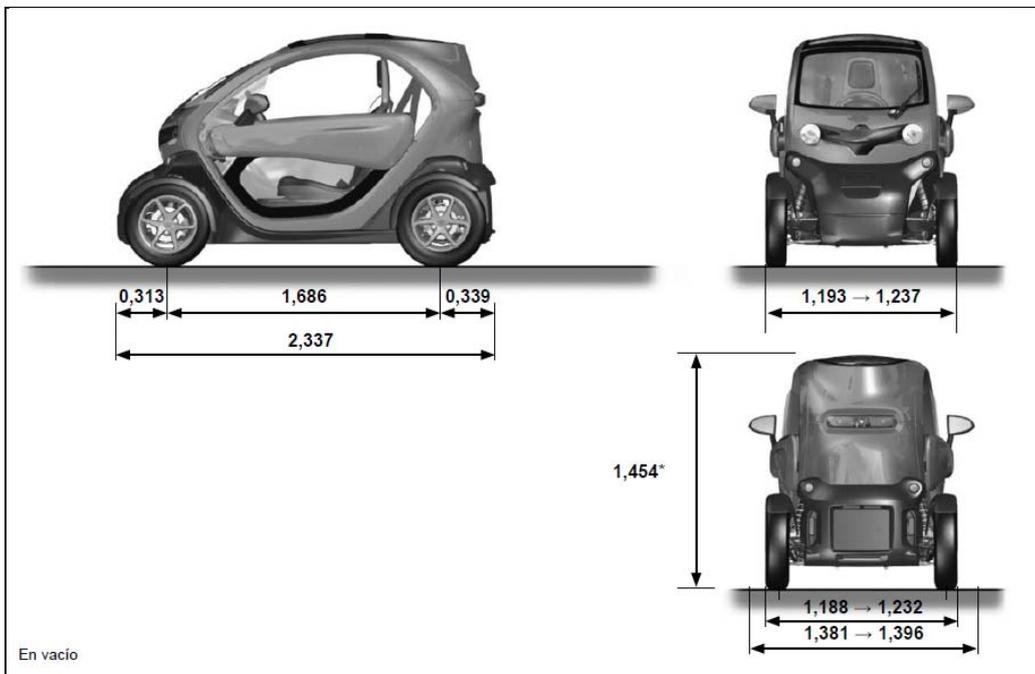
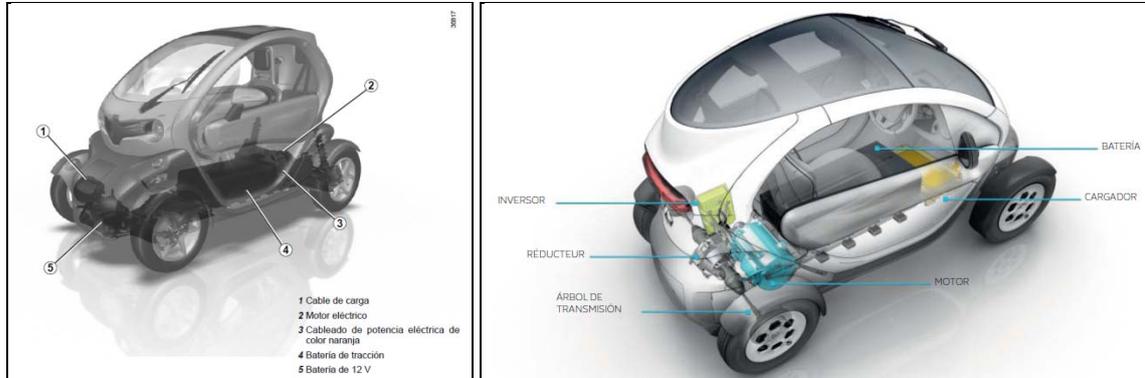
DAVID BORRAZ MORON

GRADUADO INGENIERO INDUSTRIAL



I APENDICES

I.1 CARACTERISTICAS RENAULT TWIZY

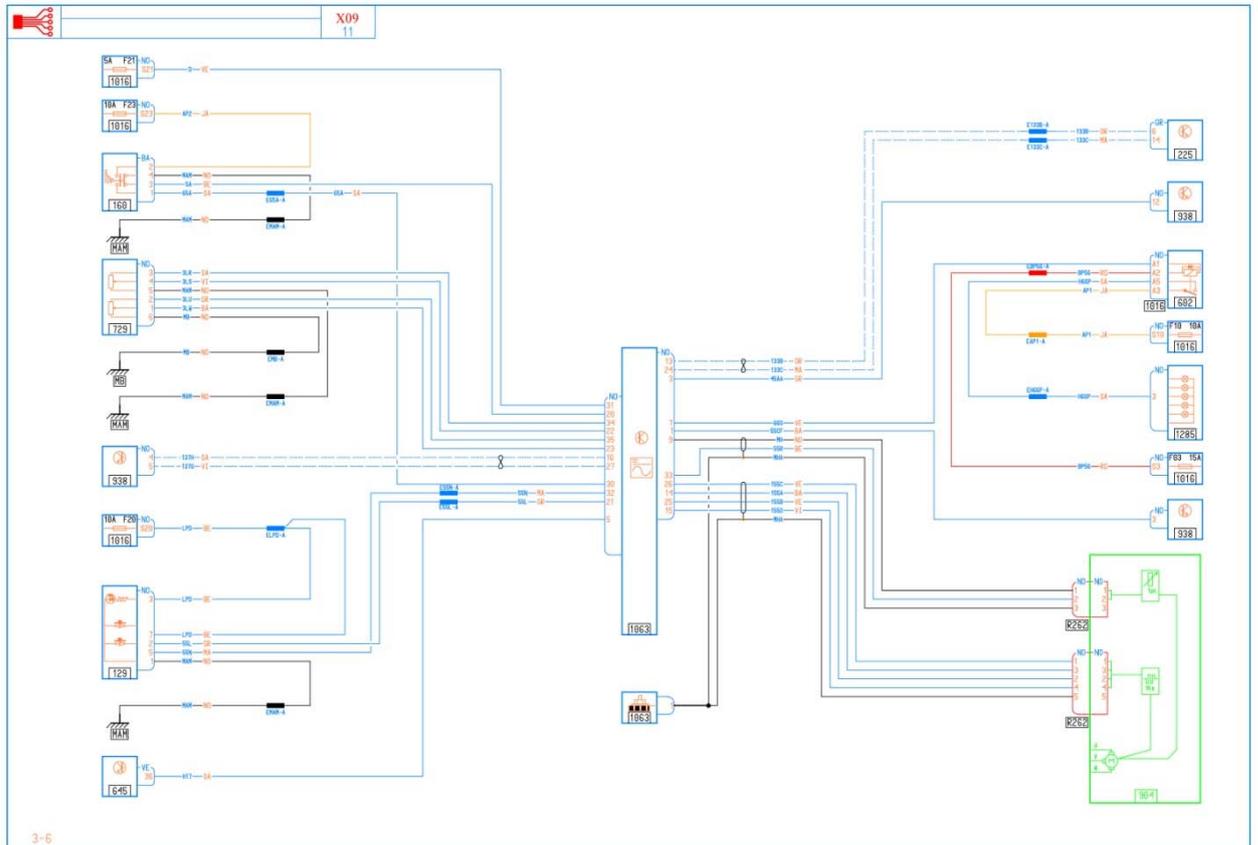


PESOS (en kg)

Tipo de vehículo	Twizy 45	Twizy
Peso técnico máximo admisible (PTMA)	680	
Peso de remolque	prohibido	
Carga admitida sobre el techo	prohibido	



I.II ESQUEMA UNIFILAR RENAULT TWIZY

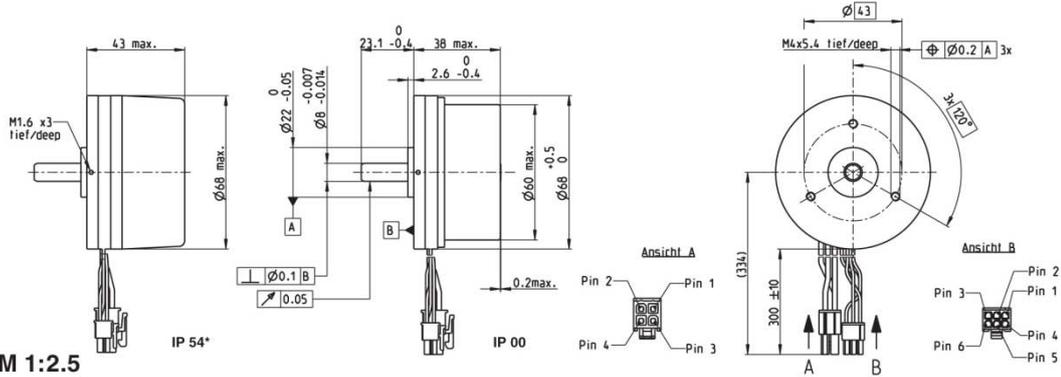


I.III HOJAS DE CARACTERISTICAS DEL HARDWARE INSTALADO

I.III.I MOTOR

EC 60 flat Ø68 mm, brushless, 100 Watt

maxon flat motor



M 1:2.5

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Part Numbers

	IP 54* (with cover)	412819	412823	408057	411678	412821	412825
Motor Data							
Values at nominal voltage							
1 Nominal voltage	V	12	12	24	24	48	48
2 No load speed	rpm	3710	3710	4250	4250	3970	3970
3 No load current	mA	671	671	419	419	187	187
4 Nominal speed	rpm	3260	3170	3840	3740	3580	3490
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	231	279	227	289	257	319
6 Nominal current (max. continuous current)	A	7.81	9.25	4.43	5.47	2.3	2.78
7 Stall torque	mNm	2850	2850	4180	4180	5010	5010
8 Starting current	A	93.5	93.5	78.2	78.2	43.8	43.8
9 Max. efficiency	%	84	84	86	86	88	88
Characteristics							
10 Terminal resistance phase to phase	Ω	0.128	0.128	0.307	0.307	1.1	1.1
11 Terminal inductance phase to phase	mH	0.0615	0.0615	0.188	0.188	0.864	0.864
12 Torque constant	mNm/A	30.5	30.5	53.4	53.4	114	114
13 Speed constant	rpm/V	313	313	179	179	83.4	83.4
14 Speed/torque gradient	rpm/mNm	1.32	1.32	1.03	1.03	0.798	0.798
15 Mechanical time constant	ms	16.7	16.7	13	13	10.1	10.1
16 Rotor inertia	gcm ²	1210	1210	1210	1210	1210	1210

Specifications

- Thermal data**
- 17 Thermal resistance housing-ambient 4.34 (2.5) K/W
 - 18 Thermal resistance winding-housing 3.5 K/W
 - 19 Thermal time constant winding 40 s
 - 20 Thermal time constant motor 155 (86.9) s
 - 21 Ambient temperature -40...+100°C
 - 22 Max. permissible winding temperature +125°C
- Mechanical data (preloaded ball bearings)**
- 23 Max. permissible speed 6000 rpm
 - 24 Axial play at axial load < 12.0 N 0 mm
 - > 12.0 N 0.14 mm
 - 25 Radial play preloaded
 - 26 Max. axial load (dynamic) 12 N
 - 27 Max. force for press fits (static) (static, shaft supported) 170 N
 - 28 Max. radial load, 7.5 mm from flange 8000 N

Other specifications

- 29 Number of pole pairs 7
- 30 Number of phases 3
- 31 Weight of motor 470 g

Values listed in the table are nominal.

- Connection motor** (Cable AWG 18)
- red Motor winding 1 Pin 1
 - black Motor winding 2 Pin 2
 - white Motor winding 3 Pin 3
 - N.C. Pin 4

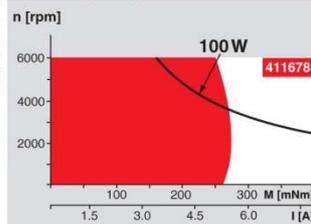
- Connector Part number**
- Molex 39-01-2040
- Connection sensors** (Cable AWG 28)
- grey Hall sensor 1 Pin 1
 - grey Hall sensor 2 Pin 2
 - grey Hall sensor 3 Pin 3
 - grey GND Pin 4
 - blue V_{ref} 4.5...18 VDC Pin 5
 - N.C. Pin 6

- Connector Part number**
- Molex 430-25-0600

- * Wiring diagram for Hall sensors see p.35
- * Protection class only when installed with flange-side seal.

236 maxon EC motor

Operating Range



Comments

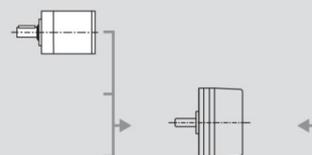
Continuous operation
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
= Thermal limit.

Short term operation
The motor may be briefly overloaded (recurring).

— Assigned power rating

maxon Modular System

Planetary Gearhead
Ø52 mm
4 - 30 Nm
Page 288



Overview on page 20-25

Encoder MILE
512 - 4096 CPT,
2 channels
Page 309

- Recommended Electronics:**
- ESCON Mod. 50/5 Page 343
 - ESCON 50/5 344
 - ESCON 70/10 344
 - DEC Module 50/5 346
 - EPOS2 24/5 351
 - EPOS2 50/5 351
 - EPOS2 70/10 351
 - EPOS2 P 24/5 354
 - EPOS3 70/10 EtherCAT 357
 - MAXPOS 50/5 360

Notes 24

April 2014 edition / subject to change

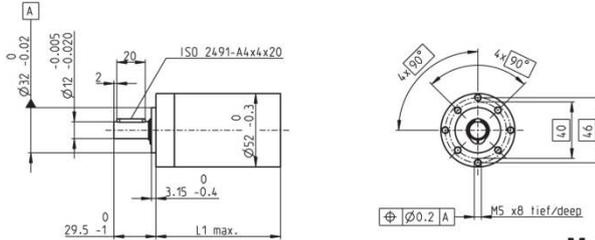


I.III.II REDUCTOR

Planetary Gearhead GP 52 C Ø52 mm, 4–30 Nm

Ceramic Version

maxon gear



Technical Data

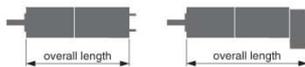
Planetary Gearhead	straight teeth
Output shaft	stainless steel
Bearing at output	preloaded ball bearings
Radial play, 12 mm from flange	max. 0.06 mm
Axial play at axial load	< 5 N 0 mm > 5 N max. 0.3 mm
Max. permissible axial load	200 N
Max. permissible force for press fits	500 N
Sense of rotation, drive to output	=
Recommended input speed	< 6000 rpm
Recommended temperature range	-15...+80°C
Extended range as option	-40...+100°C
Number of stages	1 2 3 4
Max. radial load, 12 mm from flange	420 N 630 N 900 N 900 N

M 1:4

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Part Numbers

	223080	223083	223089	223094	223097	223104	223109
Gearhead Data							
1 Reduction	3.5:1	12:1	43:1	91:1	150:1	319:1	546:1
2 Reduction absolute	1/2	49/4	343/4	91	2401/16	637/2	546
10 Mass inertia	gcm ² 20.7	17.6	17.3	16.7	17.3	16.8	16.4
3 Max. motor shaft diameter	mm 10	10	10	10	10	10	10
Part Numbers	223081	223084	223090	223095	223099	223105	223110
1 Reduction	4.3:1	15:1	53:1	113:1	186:1	353:1	676:1
2 Reduction absolute	13/3	91/4	637/12	339/3	4459/24	28561/61	676
10 Mass inertia	gcm ² 12	16.8	17.2	9.3	17.3	9.4	9.1
3 Max. motor shaft diameter	mm 8	10	10	8	10	8	8
Part Numbers	223085	223091	223096	223101	223106	223111	
1 Reduction	19:1	66:1	126:1	230:1	394:1	756:1	
2 Reduction absolute	189/9	1183/18	126	8281/36	1183/3	756	
10 Mass inertia	gcm ² 9.5	16.7	16.4	16.8	16.7	16.4	
3 Max. motor shaft diameter	mm 8	10	10	10	10	10	
Part Numbers	223086	223092	223098	223102	223107	223112	
1 Reduction	21:1	74:1	156:1	257:1	441:1	936:1	
2 Reduction absolute	21	147/2	156	1029/4	441	936	
10 Mass inertia	gcm ² 16.5	17.2	9.1	17.3	16.5	9.1	
3 Max. motor shaft diameter	mm 10	10	8	10	10	8	
Part Numbers	223087	223093		223103	223108		
1 Reduction	26:1	81:1		285:1	488:1		
2 Reduction absolute	26	2197/27		15379/54	4394/9		
10 Mass inertia	gcm ² 9.1	8		16.7	9.4		
3 Max. motor shaft diameter	mm 8	8		10	8		
4 Number of stages	1	2	3	4	4	4	
5 Max. continuous torque	Nm 4	15	30	30	30	30	
6 Intermittently permissible torque at gear output	Nm 6	22.5	45	45	45	45	
7 Max. efficiency	% 91	83	75	75	68	68	
8 Weight	g 460	620	770	770	920	920	
9 Average backlash no load	° 0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	
11 Gearhead length L1	mm 49.0	65.0	78.5	78.5	92.0	92.0	

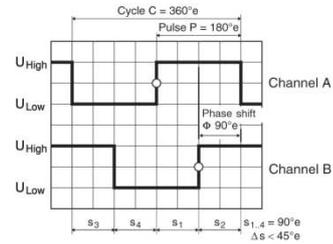


maxon Modular System

+ Motor	Page	+ Sensor	Page	Brake	Page	Overall length [mm]	= Motor length + gearhead length + (sensor/brake) + assembly parts				
EC 45, 150 W	194					160.3	176.3	189.8	189.8	203.3	203.3
EC 45, 150 W	194	HEDL 9140	331			175.9	191.9	205.4	205.4	218.9	218.9
EC 45, 150 W	194	Res 26	337			160.3	176.3	189.8	189.8	203.3	203.3
EC 45, 150 W	194			AB 28	373	167.7	183.7	197.2	197.2	210.7	210.7
EC 45, 150 W	194	HEDL 9140	331	AB 28	373	184.7	200.7	214.2	214.2	227.7	227.7
EC 45, 250 W	195					193.1	209.1	222.6	222.6	236.1	236.1
EC 45, 250 W	195	HEDL 9140	331			208.7	224.7	238.2	238.2	251.7	251.7
EC 45, 250 W	195	Res 26	337			193.1	209.1	222.6	222.6	236.1	236.1
EC 45, 250 W	195			AB 28	373	200.5	216.5	230.0	230.0	243.5	243.5
EC 45, 250 W	195	HEDL 9140	331	AB 28	373	217.5	233.5	247.0	247.0	260.5	260.5
EC-max 40, 120 W	207					137.1	153.1	166.6	166.6	180.1	180.1
EC-max 40, 120 W	207	MR	320			153.0	169.0	182.5	182.5	196.0	196.0
EC-max 40, 120 W	207	HEDL 5540	331			160.5	176.5	190.0	190.0	203.5	203.5
EC-max 40, 120 W	207			AB 28	371	171.5	187.5	201.0	201.0	214.5	214.5
EC-max 40, 120 W	207	HEDL 5540	331	AB 28	371	189.8	205.8	219.3	219.3	232.8	232.8
EC 60 flat, IP 00	236					89.8	105.8	119.3	119.3	132.8	132.8
EC 60 flat, IP 54	236					94.8	110.8	124.3	124.3	137.8	137.8
EC 60 flat, IP 00	236	MILE				90.8	106.8	120.3	120.3	133.8	133.8
EC 60 flat, IP 54	236	MILE				94.8	110.8	124.3	124.3	137.8	137.8
EC 90 flat, 90 W	237					81.0	97.0	110.5	110.5	124.0	124.0

I.III.III ENCODER

Encoder MILE 512–4096 CPT, 2 Channels, with Line Driver
 Integrated into motor



Direction of rotation cw (definition cw p. 78)

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

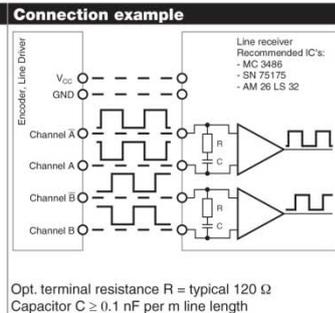
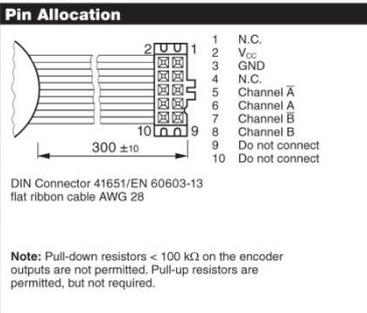
Part Numbers				
	421985	421986	421987	421988
Type				
Counts per turn	512	1024	2048	4096
Number of channels	2	2	2	2
Max. operating frequency (kHz)	500	500	500	500
Max. speed (rpm)	6000	6000	6000	6000

maxon sensor



maxon Modular System						
+ Motor	Page	+ Gearhead	Page	+ Brake	Page	Overall length [mm] / ● see Gearhead
EC 60 flat, IP00	236					39.0 / ● 39.0
EC 60 flat, IP00	236	GP 52, 4 - 30 Nm	287			● ● ● ●
EC 60 flat, IP54	236					43.0 / ● 43.0
EC 60 flat, IP54	236	GP 52, 4 - 30 Nm	287			● ● ● ●

Technical Data	
Supply voltage V _{CC}	5 V ± 10%
Output signal	CMOS and TTL compatible
State length s _n (1000 rpm)	90°e ± <45°
Signal rise time (typically, at C _i = 25 pF, R _i = 1 kΩ, 25 °C)	100 ns
Signal fall time (typically, at C _i = 25 pF, R _i = 1 kΩ, 25 °C)	100 ns
Operating temperature range	-40...+100 °C
Moment of inertia of code wheel	≤ 13 gcm ²
Output current per channel	max. 4 mA
Open collector output of the Hall sensors with integrated pull-up resistor	10 kΩ ± 20%
Wiring diagram for Hall sensors see p. 35	
Additional information can be found under 'Downloads' in the maxon online shop.	





I.III.IV DRIVER

CANopen USB RS232 GUI



EPOS2 24/5
Matched with DC brush motors with encoder or brushless EC motors with Hall sensors and encoder to 120/240 watts.



EPOS2 50/5
Matched with DC brush motors with encoder or brushless EC motors with Hall sensors and encoder to 250/500 watts.



EPOS2 70/10
Matched with DC brush motors with encoder or brushless EC motors with Hall sensors or encoder to 700/1750 watts.

maxon motor control

Controller versions		
CANopen Slave	CANopen Slave	CANopen Slave
Electrical data		
11 - 24 VDC	11 - 50 VDC	11 - 70 VDC
11 - 24 VDC	11 - 50 VDC	11 - 70 VDC
0.9 x V _{CC}	0.9 x V _{CC}	0.9 x V _{CC}
10 A	10 A	25 A
5 A	5 A	10 A
50 kHz	50 kHz	50 kHz
10 kHz	10 kHz	10 kHz
1 kHz	1 kHz	1 kHz
1 kHz	1 kHz	1 kHz
25000 rpm (sinusoidal); 100000 rpm (block)	25000 rpm (sinusoidal); 100000 rpm (block)	25000 rpm (sinusoidal); 100000 rpm (block)
15 μH / 5 A	22 μH / 5 A	25 μH / 10 A
Input		
H1, H2, H3	H1, H2, H3	H1, H2, H3
A, A _v , B, B _v , I, I _v (max. 5 MHz)	A, A _v , B, B _v , I, I _v (max. 5 MHz)	A, A _v , B, B _v , I, I _v (max. 5 MHz)
6 (TTL and PLC level)	11 (7 optically isolated, 4 differential)	10 (7 optically isolated, 3 differential)
2 (12-bit resolution, 0...+5 V)	2 (differential, 12-bit resolution, ±10 V)	2 (differential, 12-bit resolution, 0...+5 V)
configurable with DIP switch 1...7	configurable with DIP switch 1...7	configurable with DIP switch 1...7
Output		
4	5 (4 optically isolated, 1 differential)	5 (4 optically isolated, 1 differential)
	1 (12-bit, 0...10 V)	
+5 VDC, max. 100 mA	+5 VDC, max. 100 mA	+5 VDC, max. 100 mA
+5 VDC, max. 30 mA	+5 VDC, max. 30 mA	+5 VDC, max. 30 mA
V _{CC} , max. 1300 mA	+5 VDC, max. 150 mA	+5 VDC, max. 150 mA; +5 VDC (R _i = 1 kΩ)
Interface		
RxD; TxD (max. 115 200 bit/s)	RxD; TxD (max. 115 200 bit/s)	RxD; TxD (max. 115 200 bit/s)
high; low (max. 1 Mbit/s)	high; low (max. 1 Mbit/s)	high; low (max. 1 Mbit/s)
Data+; Data- (max. 12 Mbit/s)	Data+; Data- (max. 12 Mbit/s)	Data+; Data- (max. 12 Mbit/s)
Indicator		
green LED, red LED	green LED, red LED	green LED, red LED
Environmental conditions		
-10...+55°C	-10...+45°C	-10...+45°C
+55...+83°C; Derating: -0.179 A/°C	+45...+80°C; Derating: -0.143 A/°C	+45...+85°C; Derating: -0.250 A/°C
-40...+85°C	-40...+85°C	-40...+85°C
5...90%	5...90%	5...90%
Mechanical data		
Approx. 170 g	Approx. 240 g	Approx. 330 g
105 x 83 x 24 mm	120 x 93.5 x 27 mm	150 x 93 x 27 mm
Flange for M3-screws	Flange for M3-screws	Flange for M3-screws
Part numbers		
367676 EPOS2 24/5	347717 EPOS2 50/5	375711 EPOS2 70/10
Accessories		
309687 DSR 50/5 Shunt regulator	309687 DSR 50/5 Shunt regulator	235811 DSR 70/30 Shunt regulator
Order accessories separately, see page 449	Order accessories separately, see page 449	Order accessories separately, see page 449

I.III.V LASER 3D VELODYNE LIDAR



HDL-64E



Real-Time 3D LiDAR

The HDL-64E S3 is Velodyne's high resolution and performance LiDAR sensor product that supports single or dual returns. Similar to its predecessor, the S2, it captures high definition, real-time 3D information about the surrounding environment. It is ideal for applications such as autonomous vehicle navigation, 3D mapping and surveying plus industrial automation.

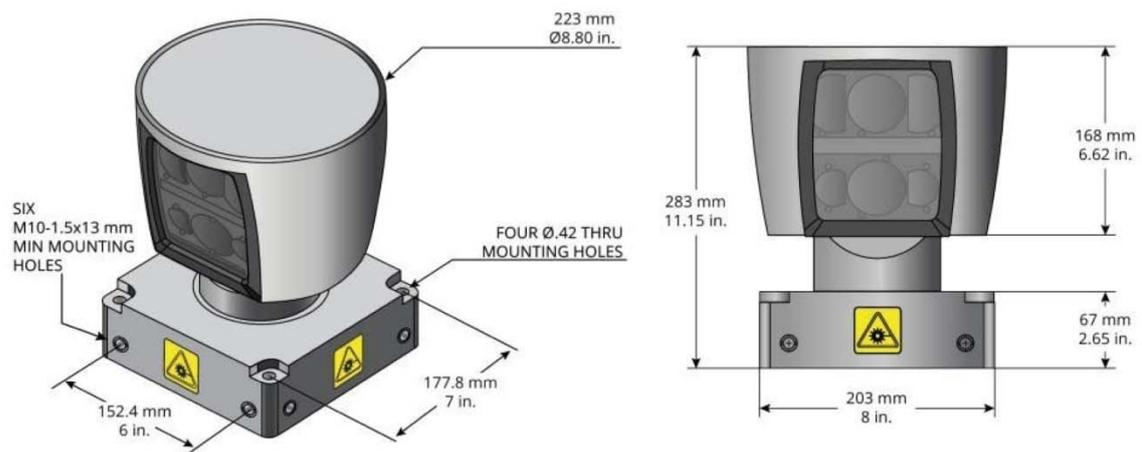
Wide Field of View and High Frame Rate

The HDL-64E S3 provides both unprecedented and unmatched resolution and field of views to generate a wealth of data about the surrounding environment. It utilizes 64 LiDAR channels aligned from +2.0° to -24.9° for a vertical field of view of 26.9° and similar to the S2 model it delivers a real-time 360° horizontal field of view with its patented rotating head design. The rotation rate is user-selectable from 5 Hz to 20 Hz to enable the user to determine the density of data points generated by the LiDAR sensor. The HDL-64E S3 generates a point cloud of up to 2,200,000 points per second with a range of up to 120 m and a typical accuracy of ±2 cm. The HDL-64E S3 is designed to operate over a wide temperature range (-10°C to +60°C) and challenging environments to support diverse operating conditions and applications.



HDL-64E S3

DIMENSIONS



www.velodynelidar.com



HDL-64E

High Definition LiDAR Sensor

The HDL-64E S3 provides high definition 3 dimensional information about the surrounding environment.



Specifications:

Sensor:	<ul style="list-style-type: none"> • Time of Flight Distance Measurement with Intensity • 64 channels • Measurement Range: Up to 120 m • Accuracy: ±2.0 cm (Typical) • Single or Dual Returns • Field of View (Vertical): +2.0° to -24.9° (26.9°) • Angular Resolution (Vertical): 0.4° • Field of View (Horizontal): 360° • Angular Resolution (Horizontal/Azimuth): 0.08° – 0.35° • Rotation Rate: 5 Hz – 20 Hz
Laser:	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Product Classification: Class 1 Eye-safe • Wavelength: 903 nm • Beam Size: <ul style="list-style-type: none"> - Upper Block: 20.0 mm × 10.0 mm - Lower Block: 15.0 mm × 10.0 mm • Dynamic Laser Power Selection for Larger Dynamic Range
Mechanical/ Electrical/ Operational	<ul style="list-style-type: none"> • Power Consumption: 60 W (Typical) • Operating Voltage: 12 V – 32 V • Weight: 28 lbs. (12.7 Kg) (without cabling) • Dimensions: 215 mm Diameter x 283 mm Height (Base: 203 mm x 203 mm) • Operating Temperature: -10°C to +60°C • Storage Temperature: -40°C to +85°C
Output:	<ul style="list-style-type: none"> • 3D LIDAR Data Points Generated: <ul style="list-style-type: none"> - Single Return Mode: ~1,300,000 points per second - Dual Return Mode: ~2,200,000 points per second • 100 Mbps Ethernet Connection • UDP Packets Contain: <ul style="list-style-type: none"> - Time of Flight Distance Measurement - Intensity Measurement - Rotation Angles - Synchronized Time Stamps (µs resolution) • GPS: \$GPRMC NMEA Sentence from GPS Receiver (GPS not included)

63-9194 Rev-F

Product Ordering Information:

Product Name	SKU Ordering Number	Connector Type
HDL-64E S3 Dual Return Mode	80-HDL64E S3D	RJ45 + RS232
HDL-64E S3 Single Return Mode	80-HDL64E S3S	RJ45 + RS232



CLASS 1 LASER PRODUCT

Specifications are subject to change without notice. Banner image courtesy of Volvo Cars USA, LLC. Other trademarks or registered trademarks are property of their respective owners. Copyright ©2017 Velodyne LIDAR, Inc.

Velodyne LIDAR, Inc. 345 Digital Drive, Morgan Hill, CA 95037 / lidar@velodyne.com / 408.465.2800 | www.velodynelidar.com



I.III.VI UNIDADES DE MEDIDAS INERCIALES IMU

NAV440

GPS-Aided MEMS Inertial System



DESCRIPTION

The Moog Crossbow NAV440 is a fully-integrated combined GPS navigation and GPS-aided Attitude & Heading Reference System (AHRS) solution. The NAV440 provides full inertial data (angles, rates, accels) and GPS position, along with inertially computed velocity that provides significant improvement in stability and higher data rates compared with stand-alone GPS velocity measurements.

The NAV440 integrates highly reliable MEMS sensors (gyros and accelerometers), 3-axis magnetometer, and a WAAS/EGNOS-enabled GPS receiver all in a compact and rugged environmentally sealed enclosure. The NAV440 provides consistent performance in challenging operating environments, and is user-configurable for a wide variety of applications such as unmanned vehicle control, land vehicle guidance, avionics systems, and platform stabilization.



KEY FEATURES

- Pitch and roll accuracy of <math><0.4^\circ</math>
- Output data rate up to 100 Hz
- WAAS and EGNOS enable GPS
- Low power <math>< 4W</math> at 28 VDC
- High reliability, MTBF >25,000 hours
- Rugged sealed enclosure
- Certified for DO-160D environments

PERFORMANCE

Position/Velocity

Position Accuracy <math><3.0\text{ m CEP}</math>
 1PPS Accuracy $\pm 50\text{ ns}$

Heading

Accuracy <math><1.0^\circ\text{ rms (magnetic)}</math>
 <math><0.75^\circ\text{ rms (with GPS aiding)}</math>

Attitude

Range: Roll, Pitch $\pm 180^\circ, \pm 90^\circ$
 Accuracy <math><0.4^\circ</math>

Angular Rate

Range: Roll, Pitch, Yaw $\pm 200^\circ$
 Bias Stability in run <math><10^\circ/\text{hr}</math>
 Bias Stability over temp <math><0.02^\circ/\text{sec}</math>

Acceleration

Input Range $\pm 4\text{ g or } \pm 10\text{ g}$
 Bias Stability in run <math><1\text{ mg}</math>
 Bias Stability over temp <math><4\text{ mg}</math>

SPECIFICATIONS

Environment

Operating Temperature $-40^\circ\text{ to } +71^\circ\text{C}$
 Enclosure IP66 compliant

Electrical

Input Voltage 9 to 42 VDC
 Power Consumption <math>< 4\text{ W}</math>
 Digital Interface RS-232

Physical

Size $3.0''\text{w} \times 3.75''\text{l} \times 3.0''\text{h}$
 Weight 1.3 lbs (0.58 kg)
 Interface Connector DB15, D-sub 15 pin Male
 GPS Antenna Connector SMA Male

ORDERING INFORMATION

Model	Description
NAV440CA-202	GPS-Aided MEMS Inertial System Includes NAV-VIEW software, User's manual, Quick start guide, GPS Antenna, and cable.

For more information

Phone: 1-408-965-3300 Moog Crossbow
 Email: sales@moog-crossbow.com 1421 McCarthy Blvd.
 www.moog-crossbow.com Milpitas, CA 95035

Specifications subject to change without prior notice

6020-0159-01 Rev C



I.III.VII SENSORES DE PROFUNDIDAD TOF

Sentis^{3D} – M420



Scope of supply bare sensor
PON: 150-2224-1
Sentis^{3D} – M420

Scope of supply package
PON: 150-2218-1
Sentis^{3D} – M420
USB Cable
JTAG Adapter
Power Supply
Tripod
Documentation

The Sentis^{3D} – M420 is a new depth sensor, operating on the Time-of-Flight (ToF) principle. The M420 is equipped with a PMD Photonics® 19k-S3 Time-of-Flight 3D IC sensor.

The Depth Sensor Module with a powerful Illumination System achieves ranges up to 7 m with a 90° Field-of-View. The Point Cloud streams the data over USB. The Sensor can be accessed through our Windows and Linux API.

Using active IR illumination, the sensor is able to capture 3D information. With a range of 7 m indoors, a field of view of 90° and a size of only 205 x 125 x 85 mm, this USB connected sensor can be used for next generation sensor systems in various application fields like robotics, automation and people counting supply.

Dimensions	205 x 125 x 85 mm
Temperature	-20 to 60 °C
Application Range	up to 7 m
Resolution	160 x 120 px
FoV	90°
FPS	up to 160 fps
Illumination	850 nm LED

Operating Systems
Linux, ROS, Windows XP/7/8/10 32-64 bit

Frameworks
LabVIEW, MATLAB®, MetriCam, Halcon

Interfaces
1 x Trigger In,
1 x Trigger Out,
1 x GPIO,
1 x RS232,
1 x RS485

I.III.VIII Antena GPS 2G15A-XS-1

ELECTRICAL

Frequency Range:	
L1 GPS	1575.42 ± 12 MHz
VSWR	<2.0:1
Impedance	50 ohms
Polarization	RHCP

MECHANICAL & ENVIRONMENTAL

Designed to:

Weight	3.55 oz
Temperature	-55°C TO +85°C
Altitude	70,000 ft
Vibration	> 30 Grms

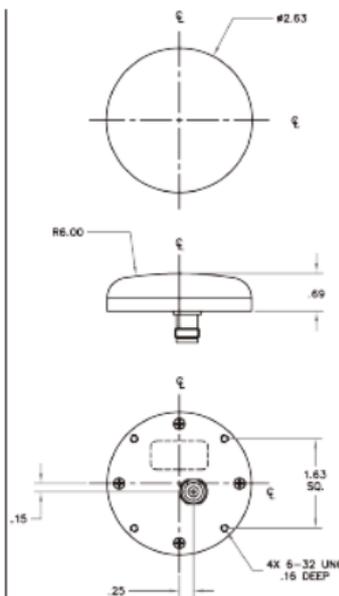
TYPICAL LNA PERFORMANCE

LNA Gain	See Options Table
LNA Noise Figure	3.5 dB
LNA P1dB Out	+13 dBm
LNA DC Power	(3.8 - 15) V <35 mA

LIMITING & FILTERING

Power Handling	1 Watt CW
----------------	-----------

PRODUCT SHEET



PART NUMBER DECODER

2G15X-XX-X

LNA Gain
A = With 3.5 dB
F = Without Parasite

Color (PER AMS-S10-393)
1 = Clear White #17025
2 = Lusterless Gray #13320
3 = Camo Green #34034
4 = Lusterless Black #37030
5 = Clear Tan #33446

Connector
S = SMA
M = MCX; MM; MMCX
N = N; N50; N-Galvneel
T = TNC; TR; TNC; Bulkhead



I.III.IX ESCÁNER LÁSER 2D

2D LIDAR SENSORS **TiM5xx**

Detailed technical data

Features

	TiM51x	TiM55x	TiM56x	TiM57x
Light source	Infrared (850 nm)			
Laser class	1, eye-safe (IEC 60825-1:2014)			
Aperture angle	270°			
Scanning frequency	15 Hz			
Operating range	0.05 m ... 4 m	0.05 m ... 10 m		0.05 m ... 25 m
Max. range with 10 % reflectivity	2 m	8 m		

Performance

	TiM51x	TiM55x	TiM56x	TiM57x
Response time	Typ. 67 ms			
Detectable object shape	Almost any			
Systematic error ¹⁾	± 40 mm	± 60 mm		
Statistical error ¹⁾	30 mm	20 mm		

¹⁾ Technical data such as measurement errors and sensing range can only be guaranteed up to a sensing range of 10 m.

Interfaces

	TiM51x	TiM55x	TiM56x	TiM57x
Serial (RS-232)	✓	-		
	Function: Host	-		
Data transmission rate	115.2 Baud	-		
Ethernet	-	✓		
USB	✓, micro USB			
Function	AUX, parameterization			
Switching inputs	0			
Optical indicators	2 LEDs (ON, switching status)	2 LEDs (ON, "device ready")		

Mechanics/electronics

	TiM51x	TiM55x	TiM56x	TiM57x
Operating voltage	9 V DC ... 28 V DC			
Power consumption	Typ. 4 W			
Enclosure rating	IP 65 (IEC 60529:1989+AMD1:1999+AMD2:2013)	IP 67 (IEC 60529:1989+AMD1:1999+AMD2:2013)		
Protection class	III (IEC 61140:2016-1)			
Weight	150 g, without connecting cables	250 g, without connecting cables		
Dimensions (L x W x H)	60 mm x 60 mm x 79 mm	60 mm x 60 mm x 86 mm		

Ambient data

	TiM51x	TiM55x	TiM56x	TiM57x
Electromagnetic compatibility (EMC)	IEC 61000-6-3:2006+AMD1:2010 / IEC 61000-6-1:2016	IEC 61000-6-3:2006+AMD1:2010 / IEC 61000-6-2:2005		
Vibration resistance	IEC 60068-2-6:2007			

